



НОВІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ
ВСЕУКРАЇНСЬКА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ АСОЦІАЦІЯ
ТЕХНОЛОГІВ-МАШИНОБУДІВНИКІВ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ІМ. В.М. БАКУЛЯ НАН УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ
ТОВ ХК «MICRON»
ПАТ «ОДЕСЬКИЙ КАБЕЛЬНИЙ ЗАВОД «ОДЕСКАБЕЛЬ»
ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР «ВАРІУС»
ТОВ «ІМПЕРІЯ МЕТАЛІВ»

НОВІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕНІ

Матеріали міжнародної науково-технічної конференції

6-7 грудня 2023 року

Одеса – 2023

Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні:
Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 6-7 грудня
2023 р., м. Одеса. – Одеса: 2023. – 387 с.

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ

- 1 Перспективні технології та виробничі процеси майбутнього
- 2 Сучасні ресурсозберігаючі технології
- 3 Мікро- та нанотехнології в промисловості
- 4 Високопродуктивні інструменти та процеси у матеріалобробці
- 5 Автоматизація технологічних процесів у машинобудуванні та енергетиці
- 6 Метрологічне забезпечення нових та нетрадиційних технологій
- 7 Екологоенергетичні нетрадиційні технології та перспективні напрями їх розвитку.
- 8 Технологічна динаміка
- 9 Методологічні питання вищої освіти у галузі нових технологій
- 10 Динаміка і міцність машин
- 11 Наукові питання галузевого машинобудування;

Матеріали представлені в авторській редакції.

© Національний університет «Одеська політехніка»
© Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця
© Всеукраїнська громадська організація Асоціація техноло-
гів-машинобудівників України

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОКАТАНИХ ЛИСТІВ

Листова сталь широко використовується для виготовлення машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Сучасні листопркатні стани є складними комплексами машин і механізмів. Основними робочим інструментами стану, що формує розміри листа, чистоту поверхні та властивості, є робочі валки [1]. В даний час збільшується ступінь обтискання при прокатці листа, а також зростає частка матеріалів, що важко деформуються. Все це призводить до посилення умов експлуатації формуючих інструментів, збільшення контактних і згинальних напруг, а отже, до підвищення вимог щодо їх твердості та міцності.

На підприємствах галузевого машинобудування велика увага приділяється якості сировини, що застосовується у виробництві. До важливих заходів, що сприяють поліпшенню якості металопродукції та зниженню витрат по переділу, відноситься підвищення стійкості формуючих інструментів. Проблема стійкості валків у світі є однією з найважливіших, оскільки вони забезпечують як безперебійну роботу станів, а й сприяють отриманню якісної продукції, одночасно формують собівартість готової продукції. У зв'язку з цим витрата валків значною мірою визначає собівартість прокату. Рівень розвитку технології виробництва формуючих інструментів суттєво відстає від сучасних вимог. В теперішній час багато підприємств пішли шляхом організації власного виробництва валків. Це обумовило як розробку нових технологій виготовлення, так і використання накопиченого досвіду спеціалізованих підприємств із випуску таких інструментів, і навіть залучення зарубіжного досвіду.

Робота в умовах одночасної дії залишкових, контактних, згинальних напруг, теплових навантажень і крутного моменту викликає підвищений знос формуючих інструментів. Після зносу робочого шару валки замінюють на нові. Переплав валків у металургійних агрегатах – це нові витрати з їхньої виробництва. Щоб знизити їх, необхідно розробити технологію утилізації відпрацьованих валків з найменшими витратами на виплавку, розлив і кування. У зв'язку з вищевикладеним, актуальною є розробка ресурсозберігаючої технології утилізації відпрацьованих формуючих інструментів шляхом електрошлакового переплава, яка дозволить без втрати якості зменшити собівартість продукції.

Важливою особливістю електрошлакового переплава валкової сталі є можливість максимально ефективно отримати матеріал з вищою якістю. Ця технологія дозволяє точно контролювати температуру плавлення і хімічний склад, що важливо для забезпечення високої якості виплавленого металу.

Валкова сталь, що була піддана електрошлаковому переплаву, отримує покращену мікроструктуру та вищу чистоту, що сприяє збільшенню її міцності та

тривалості служби. Крім того, ця технологія дозволяє значно зменшити втрати металу, оскільки валкова сталь може бути переплавлена і використана знову без втрати якості. Це робить її економічно вигідною та екологічно чистою альтернативою виробництва нових формуючих інструментів

Загалом, електрошлаковий процес дозволяє забезпечити високу якість металу та підвищити ефективність використання валкової сталі, зменшуючи витрати та негативний вплив на навколишнє середовище.

Сутність електрошлакового лиття полягає в переplаві відпрацьованого валка в шарі розплавленого шлаку, що рафінує, в розбірному кристалізаторі. Головна перевага цього процесу – можливість отримання щільної однорідної структури заготівлі валка по всьому перерізу, без наступного кування, що істотно знизить витрати, а значить актуально.

Прокатні валки повинні володіти високими експлуатаційними якостями, які в основному визначаються їх твердістю, міцністю і термостійкістю

Виготовлення прокатних валків є складним металургійним процесом, який включає в себе кілька ключових операцій, таких як вибір марки сталі, виплавка, кристалізація, кування, попередня та остаточна термічна обробка. Властивості робочого шару валків, які визначають їхню якість і тривалість служби, формуються у процесі виконання цих операцій. Тому на сьогоднішній день виникає актуальне завдання розробки комплексної ресурсозберігаючої технології для виготовлення формуючих інструментів холодної прокатки.

Ця комплексна технологія повинна бути спрямована на оптимізацію кожного етапу виробництва валків з метою збереження ресурсів, зменшення втрат матеріалу та енергії, а також підвищення якості кінцевого продукту. Вона повинна передбачати вдосконалення процесів вибору сталі, виплавки і кристалізації та термічної обробки, а також впровадження сучасних методів контролю та якості.

Розробка такої технології є важливою не лише з погляду зменшення впливу виробництва на навколишнє середовище, але й для підвищення конкурентоспроможності підприємств, що виробляють формуючі інструменти. Ефективне використання ресурсів та зниження витрат виробництва сприятиме створенню високоякісних виробів з тривалою службою, що важливо для споживачів

ЛІТЕРАТУРА

1 Производство и применение прокатных валков : справочник / Т. С. Скобло и др.; под ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.

2 Ремонт машин та обладнання: Підручник / Сідашенко О.І. та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.О. Науменка. – К.: Агроосвіта, 2015. – 665 с.

ПОШУК НОВИХ ХІМІЧНИХ СОСТАВІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ – ШЛЯХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Проведений аналіз наукової літератури, що охоплює технології виробництва прокатних валків, склад валкового чавуну, а також сучасні проблеми, пов'язані з дефектами та відмовами валків, внаслідок низької якості цих виробів, доводить важливість подальших досліджень та розробок, спрямованих на покращення робочих характеристик формуючих інструментів. Ця проблема має ключове значення, оскільки виготовлення високоякісних прокатних інструментів відіграє важливу роль у чисельних промислових галузях, таких як металургія, будівництво, галузеве машинобудування та інші.

Попередні дослідження вказують на те, що якість формуючих інструментів може суттєво впливати на продуктивність та надійність прокатного виробництва. Причиною нестачі якості у виробництві валків можуть бути різноманітні фактори, такі як недоліки в технологічних процесах виробництва, неякісна сировина, а також недосконалість методів підвищення показників їх довговічності.

Вище наведене свідчить про те, що важливо проводити подальше дослідження та розробки з метою визначення оптимального хімічного складу валкового чавуну, а також виявлення та усунення дефектів, що виникають під час експлуатації. Це сприятиме підвищенню продуктивності та зниженню витрат у виробництві, а також покращенню якості та надійності виготовленого прокату, що є важливим для конкурентоспроможності підприємств у сучасному господарському середовищі. Слід зазначити, що пошук та впровадження нових легуючих елементів у процес виробництва прокатних валків має величезне значення не лише з точки зору підвищення техніко-економічних показників заводів, а й з позиції стійкості та надійності прокатної продукції. Використання нових легуючих елементів може значно покращити властивості матеріалу, з якого виготовляються валки, збільшити термін їх служби, а також підвищити загальну якість прокатної продукції.

Пошук нових легуючих елементів також надає чудову можливість знизити екологічну дію виробництва. Багато сучасних легуючих елементів розробляються з урахуванням екологічних стандартів, що сприяє більш чистому та сталому виробництву. Крім того, розробка та інтеграція нових легуючих елементів потребує наукових та технічних досліджень, що сприяє розвитку та інноваціям в промисловості. Таким чином, пошук нових легуючих елементів для виробництва прокатних валків не тільки покращить виробничі показники, а й принесе значні вигоди щодо якості продукції, екологічної стійкості та інновацій. Це шлях до більш ефективної та конкурентоспроможної індустрії виробництва валків.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ БАГАТОГРАННИХ ПОВЕРХОНЬ У ГНУЧКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Тенденції сучасного машинобудівного виробництва полягають у поєднанні принципів автоматизації і гнучкості. Це зумовлює створення принципово нових систем автоматизації, які є високопродуктивними і здатними вільно переходити з випуску одного виду продукції на інший. Такого результату можна досягти при поєднанні якості і продуктивності спеціальних верстатів-автоматів і автоматичних ліній із гнучкістю універсальних верстатів із ручним керуванням. Тому використання сучасних технологій, які є ефективними в умовах гнучкого виробництва, є питанням актуальним [1].

Багатогранні поверхні в деталях циліндричної форми набули поширення при передаванні крутного моменту під час здійснення складально-розкладальних операцій вузлів (рис. 1) або між деталями багатопрофільних з'єднань у трансмісіях механізмів. У зв'язку з цим виникає питання підвищення ефективності технологічного процесу таких деталей за рахунок застосування сучасних технологій формоутворення багатогранних поверхонь з урахуванням можливості автоматизації процесів в умовах гнучкого виробництва.

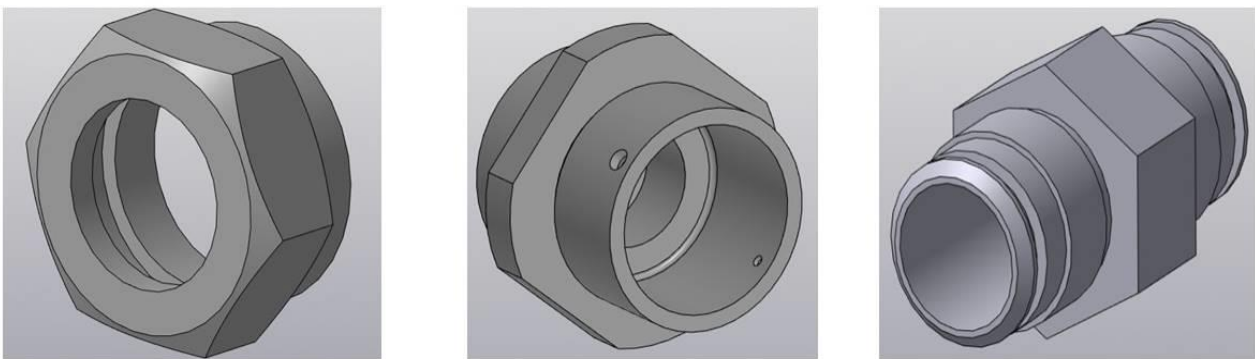


Рисунок 1 – Приклади деталей із багатогранними поверхнями

Окрім традиційної технології формоутворення багатогранних поверхонь фрезеруванням із супутніми операціями переустановлення та ділення, на сьогодні існують альтернативні більш продуктивні методи.

Відомий спосіб фрезерування багатогранників на обробних центрах із ЧПК, який реалізується за допомогою С-осі, при цьому заготовка здійснює кутовий рух подачі, а головний рух здійснює кінцева фреза, яка, обертаючись навколо своєї осі, переміщується в осьовому та радіальному напрямках [2].

Існує також спосіб формоутворення багатогранної поверхні на токарно-фрезерних обробних центрах із використанням осі Y. При цьому кінцева фреза здійснює головний обертальний рух навколо осі Y та рух подачі уздовж грані багатогранної поверхні заготовки. Деталь, в свою чергу, поступово обертається на кут багатогранника навколо осі X. Різання відбувається торцевою частиною фрези.

Одним із сучасних способів утворення багатогранних поверхонь є полігональне точіння. Дана технологія заснована на синхронізації кутових швидкостей обертання деталі та багаторізевої головки із певним співвідношенням. Кількість граней багатогранника визначає кількість різців і співвідношення швидкостей обертання [3]. Полігональне точіння можна здійснювати як на спеціальному обробному центрі, так і на токарному верстаті після його дообладнання.

Переваги вище означених способів формоутворення багатогранних поверхонь полягають у підвищенні продуктивності шляхом забезпечення максимальної концентрації операцій за рахунок реалізації за один установ методів круглого та некруглого точіння одночасно із забезпеченням необхідної точності обробки, дотримуючись принципу постійності баз.

Використання обробних центрів надає можливість автоматизувати процес обробки деталі різанням в умовах гнучкого виробництва шляхом створення роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів при мінімізації номенклатури застосованого технологічного обладнання в умовах одного та малосерійного виробництва.

В умовах багатосерійного та масового виробництва більш ефективним є застосування полігонального точіння. При проектуванні автоматичної лінії із використанням верстата з можливостями полігонального точіння досягається необхідний ступень диференціювання технологічного процесу, за рахунок чого скорочується тривалість обробки, зменшується час холостих ходів, підвищується продуктивність.

ЛІТЕРАТУРА

1 Навчальний посібник до вивчення дисципліни «Проектування автоматизованих верстатних роботизованих комплексів» для студентів денної та заочної форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / уклад. Л. П. Калафатова, С. О. Вірич, М. О. Бабенко. – Луцьк-Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2023. – 252 с.

2 Петраков Ю. В. Фрезерування багатогранників на токарних обробних центрах з ЧПК / Ю. В. Петраков, А. М. Клавак // Вісник СумДУ. Серія «Технічні науки», 2010. – №4. – С. 167-172.

3 Кузнецов Ю. М. Обробка полігональних поверхонь: теорія і практика / Ю. М. Кузнецов, О. В. Самойленко. – К. : ТОВ «ГНОЗІС», 2008. – 193 с.

Бабенко І.А., Фроленкова О.В., Яровий Ю.В.
Національного університету «Одеська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПРИ ШЛІФУВАННІ ТЕРМОБАР'ЄРНИХ ПОКРИТТІВ

Термобар'єрні покриття відносяться до захисних покриттів. Вони наносяться на металеві поверхні, які працюють в умовах високих температур, газової корозії, тощо. Прикладом таких виробів, можуть бути: газові турбіни, деталі авіаційних двигунів.

До сучасних ТБП висуваються дуже високі вимоги і основною перевагою теплозахисних покриттів є їхня низька теплопровідність. Але є і недоліки. У керамічних покриттів завжди був низький опір сколюванню, який ускладнює їх використання, наприклад – лопатки газових турбін. Ця проблема вирішується як удосконаленням технології, так і створенням адаптивних металевих жаростійких покриттів, що неминуче входять до системи сплав – теплозахисне покриття.

Виникнення теплової енергії при шліфуванні, не є виключенням для плазмових покриттів, навпаки, виникає комплекс завдань, які необхідно вирішувати. Автори [1] при проведенні аналізу профілю температурного поля отримали відомості щодо розподілу теплової енергії в зоні шліфування. Моделювання процесу теплопередачі при шліфуванні деталей з плазмовим покриттям дало змогу отримати співпадіння результатів моделювання з експериментальними дослідженнями. Також автори зазначили, що використання змащувально-охолоджуючої рідини дало змогу значно зменшити максимальні та середні значення температур у різних напрямках зони шліфування при незмінному профілі температурного поля, що підтверджують результати проведених досліджень.

У роботі [2] було проведено дослідження стану теплозахисного покриття $ZrO_2Y_2O_3$, на металевій підкладці Ni-Cr-Al-Y-Ca. За підсумками наведених досліджень автори зазначили, що теплове поле контактної температури, спрямоване вглиб деталі значно слабшає і на нижній межі напиленого шару, і на верхній межі підкладки. Також автори зауважили, що показники температури дещо вище температури навколишнього середовища. Визначення залишкових напружень у підкладці показало, що вони досягають незначної величини внаслідок низької температури, до якої нагрівається підкладка. Це відбувається за рахунок того, що теплове поле, проходячи через шар $ZrO_2Y_2O_3$ переважно поглинає тепло, в результаті чого температура підкладки не може викликати значних напружень. У висновках показано, що при збільшенні глибини шліфування зростає товщина стружки, яка знімається окремим зерном, крім того кількість теплових імпульсів також збільшується. Все ці фактори призводять до значного зростання температури. Автори рекомендують використовувати швидкість обертання шліфувального диска 30-35 м/с. При такій швидкості обертання шліфувального диска, спостерігаються помірні температури, помірні залишкові напруження і досить низька шорсткість поверхні [3].

Отже, основні фактори, що впливають на фізико-механічні властивості захисних покриттів: хімічний склад підкладки, сумісність матеріалів підкладки та покриття, температура на поверхні підкладки та температура самого процесу; середовище в якому відбувається осадження покриття; швидкість осадження; технологія нанесення – є досить широким колом для наукових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1 Тонконогий В. М. Моделювання та експериментальне дослідження процесів теплопередачі при шліфуванні деталей з плазмовим покриттям / В. М. Тонконогий, О. В. Рибак // Резание и инструменты в технологических системах = Cutting & tools in technological systems : междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2019. – Вып. 90. – С. 100-108. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2019.90.11>.

2 Лебедев В. Г., Фроленкова О. В. Обеспечение качественных характеристик напыленного термобарьерного слоя $ZrO_2+Y_2O_3$ на металлической подложке при шлифовании эльборовыми кругами. Инженерия поверхности и реновация изделий : материалы 20-й междунар. науч.-техн. конф., 01 — 05 июня 2020 г., г. Киев : АТМ України, 2020. С. 65–67. <https://atmu.net.ua/downloads/archive/sb2-20ss.pdf>.

3 Lebedev, V., Tonkonogyi, V., Vaysman, V., Frolenkova, O., Chumachenko, T. (2020). Experimental Study of the Process of Borazon Grinding of Thermal Barrier Coating of ZrO. In: Tonkonogyi, V., et al. Advanced Manufacturing Processes. InterPartner 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40724-7_18

Бадовський О.Б.

Національний університет «Одеська політехніка»

ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА КОЛИВАНЬ ПРИ ЧИСТОВОМУ ПІДРІЗАННІ ТОРЦІВ ВРІЗАННЯМ

Технологія машинобудування передбачає два принципово різних методи виконання операції підрізування торців на оздоблювально-розточувальних верстатах (ОРВ): метод радіальної подачі та метод осьової подачі. Основною вимогою виконання цієї операції є висока якість оброблених поверхонь, а також оптимальна продуктивність. Тонка підрізка торців часто виконується методом радіальної подачі різця. При цьому забезпечується одержання точного торця з високою чистотою поверхні, проте продуктивність такого методу обробки порівняно невисока. Значну складність представляють розробка та складання різцевої головки для радіальної подачі різця. Наявність механізму радіальної подачі ускладнює виготовлення компактної та добре збалансованої головки. Простішим (за кінематикою) та більш продуктивним є метод осьової подачі (метод врізання), тобто підрізування широколезовим різцем-ножем. Таке чистове підрізування торців є ще порівняно новою технологічною операцією. У зв'язку з тим, що можливості цього методу недостатньо вивчені, у цій роботі виявлені джерела коливань під час підрізання суцільних торців на основі вивчення динаміки тонкого точіння.

Зазначимо, що є досить велика кількість опублікованих робіт з прогнозування сил різання при поперечному та поздовжньому (врізному) точінні (рис. 1).

При цьому напрям подачі збігається з перпендикуляром у напрямку обробленої поверхні. Для перевірки запропонованих аналітичних моделей процесу стружкоутворення, виявлення відмови інструменту та інше, використовується процедура визначення сил та коефіцієнтів різання на основі створення спеціальних вимірювальних пристроїв. Коефіцієнти різання та стружкоутворення визначаються експериментально для кожної комбінації матеріалів інструменту та заготовлі.

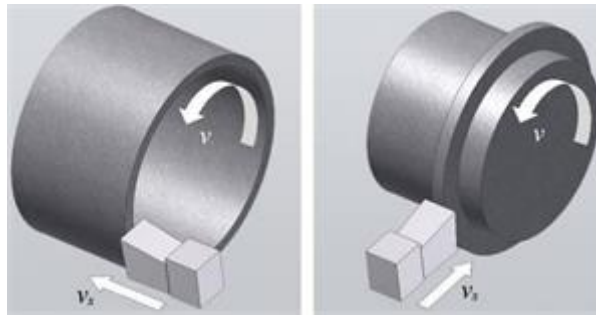


Рисунок 1 – Схеми ортогонального різання при поздовжньому та поперечному точінні

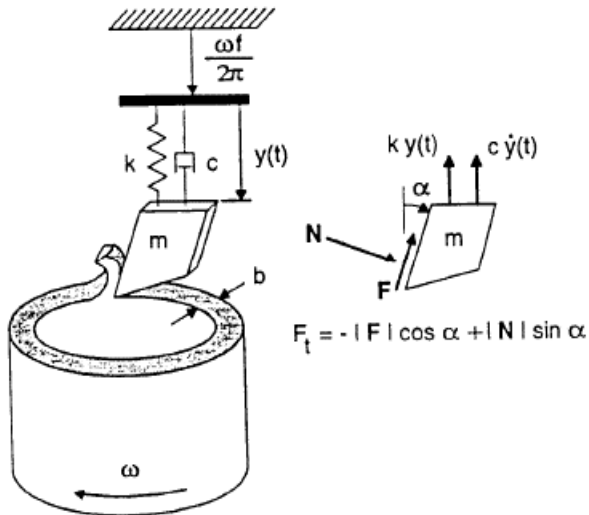


Рисунок 2 – Динамічна модель з одним ступенем вільності за наявності регенеративного ефекту

Основними вимогами розвитку технології машинобудування є два фактори – підвищення ефективності (продуктивності) та якості. Істотне поліпшення цих двох факторів здається неможливим, однак, наукові дослідження та динамічні моделі, що розвиваються, стають корисним інструментом для вирішення технологічних проблем. Збудження коливань при підрізанні торців виникає через регенеративний ефект (різання по сліду) та наявність дисипації процесу різання. Розглянуто динамічні моделі з однією (рис.2) і двома ступенями вільності, які описують ефекти різання сліду при підрізанні суцільних торців.

Регенеративний ефект є одним із важливих факторів збуджуючих коливань при підрізуванні торців.

Бачинський О.В., Баланюк Г.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ

Процес тонкого розточування має ряд особливостей, що відрізняють його від інших методів обробки точних отворів. Тонке розточування виправляє відхилення від прямолінійності осі отвору заготовки і забезпечує точне взаємне розташування осей оброблених отворів, а також точне розташування відносно базових поверхонь деталі, що не завжди досягається при інших методах обробки.

Однією з основних особливостей тонкого розточування є ведення процесу обробки з високими швидкостями різання, які зазвичай значно перевищують зону утворення наросту на передній поверхні різця.

Інший основною особливістю процесу тонкого розточування є застосування малих подач і глибин різання, в результаті чого переріз зрізу при тонкому розточуванні виходить надзвичайно малим (0,002-0,04 мм²), значно меншим, ніж при звичайному точінні та розточуванні. Зняття стружок такого перерізу дозволяє отримувати високу точність розмірів та геометричної форми отворів, так як в процесі різання виникають відносно малі зусилля та відповідні пружні переміщення елементів технологічної системи.

Внаслідок невеликих значень глибини різання та подачі стружкоутворення концентрується у вершини різця. Залежно від співвідношення глибини різання, подачі, радіусу закруглення вершини різця та його кутів у плані активними лезами (фактично беруть участь у різанні) можуть бути прямолінійні та криволінійні ділянки головного та допоміжного різальних лез різця. Тому при тонкому розточуванні на процес різання впливають кути не тільки головної, а й допоміжної ріжучої кромки інструменту.

На криволінійній ділянці леза внаслідок зміни положення площини різання кути різця змінюються вздовж ріжучої кромки. Це сприяє нерівномірному зносу різних ділянок ріжучого леза, що у свою чергу збільшує шорсткість обробленої поверхні.

Процес різання ще більше ускладнюється коливаннями розточувальних борштанг. При цьому змінюються кути різання, підвищується темп зносу інструменту, збільшується радіус округлення ріжучих кромок. Все це призводить до додаткових пластичних деформацій металу поверхневого шару. Вібрації інструменту змінюють характер самого процесу стружкоутворення, збільшують наклеп і шорсткість поверхні.

До особливостей тонкого розточування отворів слід також віднести підвищену в порівнянні з зовнішнім тонким точінням напруженість процесу стружкоутворення, що викликається увігнутістю поверхні, що обробляється. Тому при тонкому розточуванні зусилля різання вище, а стійкість інструмента нижче, ніж при зовнішньому тонкому точінні.

Великою перевагою процесу тонкого розточування порівняно з методами обробно-абразивної обробки є відсутність шаржування поверхневого шару відходами абразиву, що часто має місце при шліфуванні, хонінгуванні або доведенні отворів. Це у часто значно збільшує зносостійкість деталей машин, оброблених методами тонкого розточування.

Продуктивність процесу тонкого розточування отворів може бути збільшена за рахунок одного з наступних факторів або за рахунок різного їх поєднання:

- збільшення числа одночасно працюючих шпинделів;
- поєднання обробки чорновим та чистовим різцями;
- збільшення швидкості різання;
- застосування великих подач.

Шляхи підвищення точності обробки під час здійснення операцій тонкого розточування пов'язані насамперед із усуненням викладених вище причин виникнення похибок. Основна частина причин усувається повністю або частково за

рахунок підвищення жорсткості конструкції вузлів верстата, пристосування та інструменту, а також за рахунок підвищення точності виготовлення деталей та збирання всіх елементів технологічної системи. Значно складніша ситуація з усуненням причин, що виникають безпосередньо в процесі різання.

Бень А.М., Арцибашева М.С.
Національний університет «Запорізька політехніка»
Терентієв О.В.
Акціонерне товариство «Мотор Січ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕЙ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ

Пластична деформація металів при різних температурах, постійно вдосконалюється, і вже досягла високого рівня розвитку, що сприяє отриманню дуже складних і точних деталей з різних матеріалів. При оцінюванні якості матеріал перевіряють: за хімічний складом; механічними властивостями; макро- і мікроструктурою. Для подальшого виготовлення якісних деталей всі ці властивості мають відповідати вимогам стандарту.

Метою роботи є встановлення впливу температури деформації та подальшої термічної обробки на схильність сталі ШХ15-Ш до крихкого міжзеренного руйнування.

В ході дослідження було виготовлено внутрішні кільця підшипника методом штампування при різних температурах: 940°C, 990°C, 1040°C та 1140°C (рис. 1), які в подальшому підлягали поетапному оцінюванню якості матеріалу:

- після штампування;
- після нормалізації та прискореного відпалу (рис. 2);
- після загартування та відпустки.

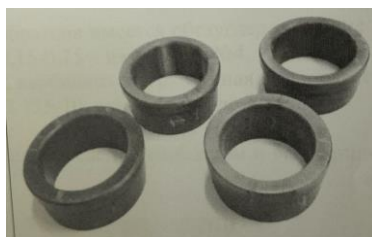
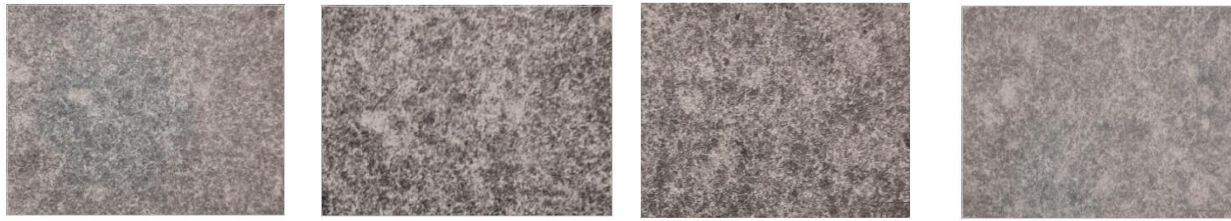


Рисунок 1 – Заготовки зі сталі ШХ15-Ш після механічної обробки, загартування та відпустки

На кожному етапі дослідження проводили оцінку мікроструктури та твердості.

Після нормалізації та прискореного відпалу на всіх зразках спостерігається подрібнення зерна, при збереженні різнозернистості. Структура всіх зразків після нормалізації та прискореного відпалу є зернистим перлітом.



а

б

в

г

Рисунок 2 – Фото мікроструктури зразків після нормалізації та прискореного відпалу, збільшення 500: а – температура деформації 940°C; б – температура деформації 990°C; в – температура деформації 1040°C; г – температура деформації 1140°C.

Якість матеріалу дослідних зразків внутрішніх кілець підшипників виготовлених зі сталі ШХ15-Ш за чотирма дослідними режимами штампування за мікроструктурою і твердістю на всіх етапах виготовлення відповідають нормативним вимогам. Величина зерна на зразку № 1 після штампування відповідає нормам, на зразках № 2, 3, 4 перевищує допустимий розмір, на всіх зразках після штампування спостерігається різнозернистість, яка зберігається і на наступних операціях обробки. Причому ступінь різнозернистості та величина максимально великого зерна зростає з підвищенням температури штампування.

Згідно проведеного дослідження найбільш оптимальна температура деформації при штампуванні кілець підшипника зі сталі ШХ15-Ш має бути 940...1040°C.

Бетін В.Д.

Криворізький національний університет

ВИКЛАДАННЯ КУРСУ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА»

Постановка проблеми. У цей час існують кілька підходів до викладання курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка». Викладання інженерної графіки передбачає або виконання студентами креслень «класичним» способом на аркушах А4, А3 чи на частково готових кресленнях у робочих зошитах, або вирішення завдань нарисної геометрії та інженерної графіки з використанням графічних редакторів AutoCAD, Macromedia Flash, Компас тощо. Комп'ютерна графіка, в свою чергу, передбачає викладення теорій обробки зображень, сигналів, фільтрів і т. п., з докладними математичними викладеннями, матричними перетвореннями [1], або теорія викладається коротко, а далі розглядаються приклади роботи в конкретних графічних редакторах [2]. Перший підхід використовується при викладанні курсу програмістам і подібним до них спеціальностей, другий – при навчанні користувачів. Кожен підхід має свої достоїнства й недоліки. Тому вибір методики навчання прийомам і методам інженерної та комп'ютерної графіки, що враховує напрямки підготовки студентів, залишається актуальним завданням [3].

Мета статті. Опис методики викладання й змісту курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» для студентів технічних спеціальностей, спрямованих на підготовку майбутніх фахівців для роботи на виробництві й у проектних організаціях.

Основна частина. Найважливішою складовою підготовки технічних фахівців є навчання прийомам читання й виконання креслень та іншої графічної документації машинобудівного, гірничого і інших напрямків промисловості.

Раніше, на першому-другому році навчання студенти освоювали курс інженерної графіки, у ході якого здобували навички вирішення графічних завдань і виконання технічних креслень.

Надалі, при переході до комп'ютерної графіки, отримані знання розглядались як основа, і навчання йшло по двох напрямках: вивчення теоретичних основ комп'ютерної графіки та практична робота в одному або кількох графічних редакторах.

Докладний курс, розрахований на 2 семестри, передбачав засвоєння студентами курсу нарисної геометрії та інженерної графіки (1 семестр) і закріплення отриманих навичок та їх подальший розвиток під час виконання інженерних креслень та тривимірного моделювання у графічних редакторах AutoCAD, КОМПАС-3D тощо (2 семестр).

Однак, сучасні тенденції до скорочення загальноінженерних курсів, примушують стискати матеріал та шукати нові методики викладення інженерної та комп'ютерної графіки.

В першу чергу це стосується суміщення інженерної та комп'ютерної графіки, зменшення до мінімуму теоретичної частини комп'ютерної графіки та переходу до вирішення задач нарисної геометрії, виконання креслень інженерної графіки з використанням якого-небудь графічного редактора (наприклад, AutoCAD).

Сучасний рівень студентів, звиклих до медіа та комп'ютерних технологій, відповідає саме комплексній подачі матеріалу, що підтверджується підвищенням якості засвоєння матеріалу при виконанні задач інженерної графіки за допомогою комп'ютера.

Курси лекцій і практичних занять складаються таким чином, щоб теоретичний матеріал закріплювався при проведенні практичних занять та, у свою чергу, деякі питання практики знаходили відповіді в теоретичній частині курсу.

Роботи у графічних редакторах (наприклад, в AutoCAD) починаються з виконання простих базових дій (використання графічних примітивів, системи координат, прив'язок; роботи з таблицями, текстом і менеджером бібліотек), а закінчуються виконанням креслень деталей або технологічних схем середньої складності. На жаль скорочення курсу дозволяє викладати студентам тільки основи моделювання, або обмежуватись лише двовимірною графікою.

Висновки. Наведений в даній статті зміст курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» для студентів технічних спеціальностей є одним з варіантів викладу даної тематики. Залежно від спеціальності (напрямку) і обсягу матеріалу, що

викладається, курс може змінюватися як у теоретичній, так й у практичній частині.

ЛІТЕРАТУРА:

1 Дьомін А.Ю., Кудинов А.В. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник. Томськ: 2005. 160 с.

2 Залігвица Л.А. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник. М.: 2005. 232 с.

3 Бетін В.Д. Викладання курсу «Комп'ютерна графіка». Zbiór artykułów naukowych. Pedagogika. Współczesne tendencje w nauce i edukacji. Kraków. 30.01.2016- 31.01.2016.

Бідаш М.А., Михайлова Є.О.

Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У СТВОРЕННІ ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Інновації у створенні поліграфічних матеріалів охоплюють широкий спектр технологій та матеріалів, спрямованих на покращення якості друку, підвищення ефективності виробничих процесів та впровадження нових можливостей у проектування та виробництво поліграфічної продукції. Однією з ключових інновацій є використання нанотехнологій у друці. Нанотехнології відіграють значну роль у підвищенні якості та функціональності поліграфічної продукції. Використання наноматеріалів, що мають розміри в масштабі нанометрів, відкриває нові перспективи створення поліграфічної продукції.

Нанотехнологія – це сукупність методів та прийомів структурування речовини на атомному та молекулярному рівнях з метою отримання кінцевих продуктів із заздалегідь визначеною атомною структурою. Нанотехнології дають можливість створювати об'єкти принципово нової якості, наприклад, створювати матеріали, що містять структурні наночастинки та мають якісно нові можливості та експлуатаційні характеристики. Все це дозволяє покращувати властивості матеріалів та створювати нові пристрої з можливостями, раніше недосяжними на основі традиційних технологій [1].

Застосування наноматеріалів в основному засноване на нанопорошках, а їх асортимент включає покриття наночорнил, нанопаперу, рулони з наносплавів і наночастинки. Використання наночастинок дозволяє досягти високої точності друку, а також привносить унікальні властивості, такі як стійкість до подряпин та підвищена міцність. У сфері друку нанесення нанопорошкових матеріалів на папір продемонструвало хороші результати. Такий папір є найпоширенішим матеріалом для друку на пакування [2].

Однією з ключових переваг нанотехнологій є підвищення точності та деталізації друку. Завдяки наночастинкам, які можна точно контролювати, можна досягти вищого рівня деталізації зображень та тексту. Це особливо важливо для

виготовлення друкарської продукції з високою роздільною здатністю, такої як фотокниги чи рекламні матеріали.

Ще однією вагомою перевагою є можливість створення друкарських виробів з унікальними фізичними властивостями. Наприклад, використання наночастинок може призвести до створення матеріалів із певними оптичними або механічними характеристиками, що розширює можливості дизайну та функціоналу друкарської продукції. Найбільш обіцяючою сферою застосування нанотехнологій у поліграфії є створення «розумної» друкарської продукції. З інтеграцією наносенсорів та електроніки, можна створювати продукцію, яка реагує на зовнішні впливи, змінює свої властивості або навіть надає інтерактивні можливості для користувача. Окрім того, нанотехнології сприяють створенню більш стійких матеріалів. Наприклад, застосування нанокompозитів може забезпечити друкарські вироби антискраповими властивостями чи підвищеною стійкістю до впливу зовнішнього середовища [3].

Важливо відзначити, що розвиток нанотехнологій в поліграфії також відбувається в контексті сталого розвитку, враховуючи їхній вплив на навколишнє середовище. Використання екологічно чистих наноматеріалів та зменшення використання шкідливих речовин є однією з пріоритетних задач у розробці та впровадженні нових технологій. Таким чином, нанотехнології в поліграфії відкривають нові можливості для творчості, покращують якість та функціонал друкарської продукції, а також сприяють розвитку сталого виробництва в цій галузі.

Але, на жаль, незважаючи на те, що наноматеріали та нанокompозити мають гарні характеристики та широке застосування у паперовій промисловості, дослідження та розробки наноматеріалів ще не досягли досконалості. Досі існують деякі проблеми, що вимагають подальших досліджень і рішень, таких як дроблення, агломерація та диспергування. Ця технологія недосконала і потребує подальшого вдосконалення. Однак у міру зниження собівартості виробництва наночастинок та збільшення різноманітності функціональних наночастинок можна прогнозувати, що нанотехнології відіграватимуть більш важливу роль у поліграфічній та паперовій промисловості, приносячи необмежені можливості поліграфічній та суміжним галузям [4].

Інновації у друкарських матеріалах перетворюють сучасну видавничо-поліграфічну галузь, розширюючи можливості дизайну, підвищуючи якість та сприяючи сталому розвитку. Спільні зусилля вчених, дизайнерів та виробників спрямовані на створення друкарської продукції, яка поєднує в собі інновації та сталість.

ЛІТЕРАТУРА

1 Шерстюк В. П. Нанотехнології та друкарство / В. П. Шерстюк, О. В. Гуменюк // Технологія і техніка друкарства. – 2008. – № 3-4(21-22). – С. 63-73. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3-4\(21-22\).2008.58824](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3-4(21-22).2008.58824).

2 Нанотехнології в паперовому обладнанні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.joyful-printing.net/info/nanotechnology-in-paper-applications-30309023.html> (дата звернення 29.10.2018).

3 Park S., Kim H., Kim J.-H., Yeo W.-H. (2020). Advanced Nanomaterials, Printing Processes, and Applications for Flexible Hybrid Electronics. Materials, 13(16), 3587. <https://doi.org/10.3390/ma13163587>.

4 Stuart Milne. Nanotechnology in the Printing Industry. URL: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3260#:~:text=Nano%2DBased%20Printing%20Application&text=Inks%20with%20nano%2Dparticles%20and,thus%20benefit%20greatly%20from%20nanotechnology> (25.09.2014).

Білий Р.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВОДА РЕДУКЦІЙНОГО СТАНУ

Об'єктом дослідження в даній роботі є редукаційний стан, що представляє собою 24-х клітьовий стан, до складу якого входять 22 чорнові та 2 чистові кліті. Привод 22-ох чорнових клітей – диференційно-груповий. Валки клітей з диференційно-груповим приводом приводяться в обертання через диференціальний редуктор від двох двигунів постійного струму П-18-60, 1500 кВт, 355/710 об/хв. Валки 2-х чистових клітей приводяться в обертання від двигуна постійного струму ДП-72, 85 кВт, 570/1100 об/хв. Живлення двигунів редукаційного стану передбачено від тиристорних перетворювачів, які були встановлені у 1985 р. Метою роботи заміна застарілих тиристорних перетворювачів типу ПТП на сучасні перетворювачі з підвищеною енергоефективністю. Для досягнення поставленої мети передбачається виконати аналіз вимог до привода, перевірочний розрахунок потужності, розрахунки параметрів силової частини привода та системи керування з енергоефективними алгоритмами керування.

Перспективним напрямком модернізації з метою підвищення енергоефективності процесу керування подібними приводами постійного струму є встановлення системи змінного струму. В даному випадку, з точки зору економічності впровадження та економії електроенергії є встановлення високовольтної системи змінного струму на базі сучасних розробок фірми АВВ, які втілені в приводи серій ACS з прямим керуванням моментом двигуна [1]. В роботі розглянуто питання доцільності встановлення привода ACS 5000 діапазоном потужностей 1,5-32 МВт, напругою живлення 6 кВ на існуючу систему приводу редукаційного стану. Звісно такий привод з живленням 6 кВ може буде інтегрований в існуючу цехову систему електропостачання без значних переробок.

Основною задачею системи прямого керування моментом (DTC – direct torque control) асинхронного двигуна є ідентифікація потокозчеплення статора, яка вирішується інтегруванням з накопиченням помилок. Джерелом накопичення помилок тут є неточність визначення активного опору статора та його

зміни в процесі роботи асинхронного двигуна. До недоліків системи DTC є наявність пульсацій моменту та коливань швидкості ротора при малих навантаженнях. Основні переваги системи DTC – висока статична та динамічна точність швидкості. Вказані недоліки системи DTC обмежують її застосування в електроприводах зі стабілізацією швидкості, та визначають перспективність її застосування в електроприводах з формуванням моменту. Також відомо, що система DTC, яку вперше реалізувала корпорація АВВ у 2003 році, може виступати простою універсальною альтернативою векторному керуванню.

Вперше метод прямого керування моментом асинхронного двигуна був запатентований фірмою АВВ. Реалізація у промисловість стала можливою в середині 90-х із появою високоточної швидкодіючої енергоефективної мікропроцесорної техніки, запропонованою фірмою АВВ. У 1995 році фірма АВВ запропонувала перший перетворювач частоти ACS600 з новою системою прямого керування моментом DTC [1].

Система DTC актуальна для електроприводів з формуванням електромагнітного моменту. На теперішній час пряме керування моментом є сучасним енергоефективним способом керування частотно-регульованим асинхронним приводом з вагомими перевагами – відсутність необхідності у зворотному зв'язку за швидкістю та положенням двигуна [2]; висока швидкодія системи завдяки оптимальним регуляторам моменту та потокозчеплення; висока статична та динамічна точність швидкості; стабільність функціонування при наявності похибок даних спостережуваних параметрів об'єкта керування [3]; оптимальне перемикання ключів для кожного циклу керування та відповідність привода вимогам керованого навантаження; стабільність функціонування при різних збуреннях в процесі регулювання координат об'єкта керування [4].

Система DTC, у порівнянні з класичними розповсюдженими векторними системами керування, не вимагає у своїй структурі ланок компенсації перехресних зв'язків, перетворення координат, окремих регуляторів для кожної складової струму статора. Для електропривода редуційного стану висока швидкодія з високодинамічним регулюванням потокозчеплення статора й моменту асинхронного двигуна є важливим фактором для побудови системи керування.

Таким чином, в роботі визначений основний напрямок модернізації привода редуційного стану з перспективою по розробці енергоефективного алгоритму керування. Перевагою є простота реалізації та універсальність для усіх типів асинхронних двигунів, а недолік, пов'язаний з коливальністю моментом, компенсується відповідними алгоритмами з послідовним підвищенням точності регулювання. Даний напрямок модернізації є перспективним та представляє собою практичну цінність при налагодженні комплектних приводів змінного струму виробництва АВВ з системою DTC.

ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ ТА ОБСЛУГОВУВАННІ ЛІТАКІВ

При традиційних (субтрактивних) методах виробництва, деталь створюють видаляючи пошарово зайвий матеріал із заготовки. При адитивному виробництві ж, навпаки, деталь створюють пошарово, осаджуючи матеріал на підкладку або попередній шар. Перевага АВ прослідковується в одиничному та мало-серійному виробництві. При цьому значно спрощується технологічний процес виготовлення.

Активно АВ впроваджують, зокрема, і у сфері авіації. Наприклад, турбовентиляторний авіаційний двигун GE9X має 294 деталі виготовлених за допомогою адитивного виробництва, а саме: 1 корпус датчика температури та тиску, 28 паливних форсунок та камер змішування, 1 теплообмінник, 1 індуктор, 228 лопаті турбіни.

Паливна форсунка є однією з адитивно виготовлених деталей двигуна. Перший прототип паливної форсунки для двигуна GE9X було розроблено в 2012 році. На даний момент, друк паливних форсунок впроваджений в масове виробництво і станом на 2018 рік, було вироблено 30 тисяч друкованих паливних форсунок. Ефективність паливної форсунки залежить від внутрішньої геометрії каналів для палива. Для ефективного змішування повітря з паливом було спроектовано форсунку з 14 внутрішніми каналами. Попередня паливна форсунка, виготовлена традиційними методами, складалась з 20 деталей, зараз ж це одна суцільна деталь. Адитивно виготовлена паливна форсунка має на 25 % меншу вагу, в 5 разів міцніша, та на 30 % економніша.

GE розробляє і частково впровадила у промисловість ремонт зношених частин за допомогою методів адитивного виробництва. Для ремонту коробок передач авіаційних двигунів використовують холодне осадження порошку. Порошок наносять зі швидкістю 4 Махи на ділянку ремонту, після чого проводять механічну обробку для відновлення необхідної геометрії. На даний момент це єдиний спосіб для ремонту коробок передач авіаційних двигунів. Зокрема, зварювання, не використовують для ремонту із-за негативного впливу термічної історії деталі на довговічність. В той час як нанесення металевого порошку під високим тиском не створює негативних термічних ефектів. Також в 2019 році GE розпочала використовувати адитивний метод DMLM для ремонту компонентів двигунів. Лазерне осадження використовують для відновлення зношених або зламаних частин деталей, зокрема для тонкостінних, які важко, а то й не можливо, відновити методами зварювання. GE наразі ремонтує лопаті турбін двигуна CF6 за допомогою лазерного осадження DMLM.

Компанія Boeing використовує адитивно виготовлені деталі у виробництві літака 787 (Dreamliner). Це двомоторний пасажирський літак призначений для

польотів на великі відстані. Особливістю даного літака є його економність та екологічність. Економність виробництва та вартості польотів досягнуто зокрема за рахунок використання адитивних технологій при виготовленні деталей.

Адитивні технології використано переважно для виготовлення різноманітних титанових кронштейнів та фітингів (secondary structure). Традиційно такі деталі виготовляли шляхом фрезерування з суцільної плити титанового сплаву. Для деяких кронштейнів частка відходу матеріалу (стружки), після обробки становила 95 %. Тобто, більша частина матеріалу видалялась шляхом механічної обробки. Зважаючи на вартість титану та його важко оброблюваність, фрезерувати з суцільної плити є не найкращим рішенням.

Адитивне виробництво це не лише про зменшення ваги та обсягів механічної обробки. Справжні переваги адитивного виробництва у можливостях змінювати геометрію деталей. Геометрію деталей можна змінити відносно традиційної, так як тепер менше обмежень на виготовлення. Як відомо, адитивне виробництво дозволяє виготовляти деталі більш складної форми. Вузли та зборки можна буде об'єднувати в одну суцільну деталь виготовлену методами АВ.

В літаку 787 використовуються деталі такої ж геометрії як і типові деталі, виготовлені традиційними методами. Геометрія не була оптимізована із-за складності сертифікації деталей в яких одночасно велика кількість змін. На даний момент. Використання адитивних технологій зменшило вартість виробництва із-за зменшення вартості вихідної сировини та зменшення витрат на інструменти для механічної обробки.

Наступним кроком є оптимізація геометрії деталей та вузлів в цілому. За допомогою АВ можна задати необхідний напрям волокон, використати сплав з необхідними механічними властивостями тощо. Методи топології та DFAM дозволять зменшити вагу деталей.

*Білоник Д.І., Капустян О.Є., Білоник І.М.,
Кирилах С.В., Рубан В.Т.*

Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ТИТАН-МОЛІБДЕНОВИХ ЗЛИВКІВ

Титан-молібденові сплави мають унікальні корозійні властивості в разі застосування їх до конкретних умов експлуатації. Наприклад, легування титану 3 % або 5 % молібдену підвищує його корозійну стійкість відповідно в 23,5 та 117 разів при експлуатації в 5 % розчині сірчаної кислоти при температурі 100 °С. При більш високому вмісті молібдену (28-32 %) сплав майже не руйнується корозією у 85-95 % розчинах сірчаної кислоти при температурі кипіння.

Як відомо, основним промисловим способом отримання титан-молібденових сплавів є вакуумно-дуговий перепплав. Для виготовлення витратних електродів титанову губку і молібден дроблять, потім їх змішують в необхідному співвідношенні і пресують. При вакуумно-дуговому перепплаві таких електродів тільки двох і трьох – кратний перепплав забезпечує рівномірний розподіл молібдену у зливку. Це пояснюється особливостями вибіркового плавлення торця пресованого електроду, а також великою різницею у фізичних властивостях титану та молібдену (температури плавлення та щільність).

Суттєво знизити собівартість виготовлення титан-молібденових сплавів, на нашу думку, можливо наступними шляхами:

1 Застосувати відходи титану ВТ1-0 замість титанової губки.

2 Вакуумно-дуговий перепплав замінити на більш економічний ресурсозберігаючий електрошлаковий процес у відкритому кристалізаторі.

В роботах [1, 2] доведена можливість отримання злиwkів титану електрошлаковою плавкою у відкритому кристалізаторі, з використанням витратних електродів, виготовлених з кондиційних відходів листової обрізи титану ВТ1-0. Для цього застосовували рубку на гільйотині листових відходів на смуги потрібного розміру та їх зварювання у витратний електрод. Механічні властивості електрошлакових злиwkів діаметрами 55 мм і 85 мм та перерізом 95мм x 95мм $\sigma_B = 590$ МПа, $\sigma_{0,2} = 560$ МПа, $\delta = 7,5$ %, $\psi = 13,5$ % були на рівні властивостей титану ВТ1-Л, ВТЛ-3. Отриманий титан добре оброблявся різанням, тиском та зварювався.

Подальший розвиток цих робіт мав мету дослідити можливість отримання титан-молібденових сплавів електрошлаковою плавкою у відкритому кристалізаторі з використанням витратних електродів із стрічок титану та молібдену, зварених між собою. Титанову складову електродів виготовляли з відходів листової обрізи титану ВТ1-0, а для молібденової складової застосовували кондиційну стрічку марки МЧ.

Для проведення досліджень виготовили витратні електроди складу 94 % титан (ВТ1-0), 6 % молібден (МЧ) перерізом 20x20 мм, які за технологією [1] перепплавили в зливку діаметром 55 мм. Зливку мав гладку поверхню, гофри та пережими відсутні, що свідчить про стабільність режиму плавки. Хімічний склад зливка, мас. %: С – 0,028; Fe – 0,09; Si – 0,05; Mo – 4,81; Ti – 95,03. Макроструктура зливка (поперечні темплети) однорідна та щільна. Вкраплень молібдену, які не розплавилися не виявлено.

Якісну оцінку однорідності розподілу молібдену в зливку визначали за значеннями твердості на невідпалених поперечних темплетах в трьох точках: край зливка (36,1-35,5 HRC), половина радіусу (35,0-34,3 HRC), центр (34,5-34,0 HRC).

Як відомо, при електрошлаковому перепплаві витратних електродів, складених із декілька різноманітних за температурою плавлення металів або сплавів, фізико-хімічна однорідних отримуваних злиwkів суттєво залежить від характеру плавлення торця електроду. В наших дослідженнях було зроблено продольний

шліф частини витратного електроду (торця), яка була занурена в шлак з температурою 1750 – 1800°C. Встановлено, що на торці електроду відбувається реакція взаємодії титан-молібден з формуванням зони предплавлення, розмір якої складав: висота 15 – 17 мм, ширина 20 мм. Твердість цієї ділянки електроду була однаковою по всій площині.

Тому, при подальшому крапельному плавленні електродного торця, краплі сплаву Ti-5%Mo мають однаковий хімічний склад. Потрапляючи в металеву ванну, завдяки направленому характеру кристалізації, поступовому наплавленню, електрошлаковий зливочок має високу фізико-хімічну однорідність.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення структури, механічних та корозійних властивостей електрошлакового титан-молібденового зливка.

Таким чином, доведена принципова можливість застосування ресурсозберігаючої електрошлакової технології для отримання титан-молібденових сплавів, одним переплавом.

ЛІТЕРАТУРА

1 Білонік Д.І. Структура і властивості зливків, отриманих з відходів листової обрізи титану ВТ1-0 електрошлаковим переплавом у відкритому кристалізаторі / Д.І. Білонік, О.Є. Капустян, І.А. Овчинникова, І.М. Білонік, Г.М. Лаптева // Сучасна електromеталургія. – 2023. – №1. – С.25-32.

2 Білонік Д.І. Електрошлакова виплавка у відкритому кристалізаторі зливків з відходів листових обрізків титану ВТ1-0 / Д.І. Білонік, О.В. Овчинников, І.М. Білонік, О.Є. Капустян, Є.О. Шумікін, Д.В. Распорня, Ю.М. Савонов // Сучасна електromеталургія. – 2022. – №1. – С.34-40.

Бобров М.М., Вовчек О.О.
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

ЗАСТОСУВАННЯ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ

Вступ. З підвищенням світового споживання алюмінію збільшується кількість відходів, що утворюються у процесі виробництва глинозему за способом Байєра - червоних шламів. Через високий вміст лугів та високодисперсність шламу його складування становить небезпеку для людини і навколишнього середовища. Особливо актуальною дана проблема є для Миколаївської області, оскільки на її території розташовано одне з найбільших в Європі підприємств кольорової металургії Миколаївський глиноземний завод (МГЗ). За останні 10 років на шламосховищах МГЗ кількість накопиченого червоного шламу збільшилася на 54% і за станом на 1 січня 2019 року складає 43,5 мільйони тон [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Незважаючи на численні дослідження, до сих пір лише незначна частина червоних шламів піддається переробці, що обумовлено низькою рентабельністю більшості технологій, високими витратами на освоєння нових і складністю реалізації виробленої продукції. Основні роботи направлені на відновлення заліза з червоного шламу за рахунок додаткового відпалу при високих температурах [2]. Також пропонується додавання шламу при виготовленні будівельних матеріалів [3] або виробів з пластику [4].

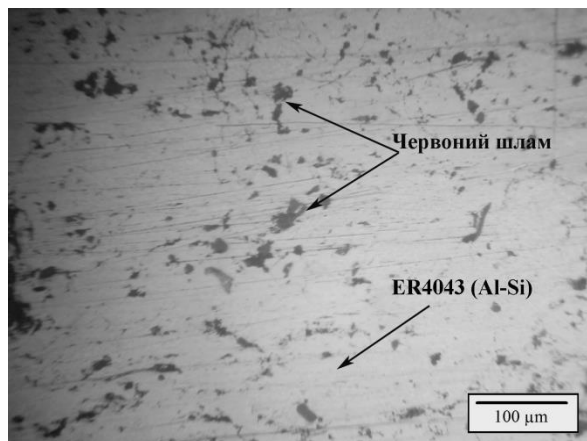


Рисунок 1 – Мікроструктура електродугового покриття композиції дрот ER4043(Al-Si)– червоний шлам

Метою роботи є дослідження можливості застосування порошку червоного шламу МГЗ у якості наповнювача при формуванні електродугових захисних композиційних покриттів.

Результати дослідження та їх обговорення. Перед напиленням покриттів провели дослідження гранулометричного складу порошку червоного шламу з шламосховища МГЗ металографічним методом. Аналіз гранулометричного складу порошку червоного шламу показав, що його частинки мають розмір у широкому діапазоні від 1 мкм до 1000 мкм. Для газотермічного

напилення покриттів використовується порошок розміром 40...80 мкм, тому для їх отримання можна застосовувати лише до 20% червоного шламу після операцій сушки та ситової класифікації. Після проведення відповідних технологічних операцій провели напилення зразків композиційних покриттів з використанням дроту з алюмінієвого сплаву марки ER4043 та порошку червоного шламу за допомогою установки КДМ-2, що укомплектована апаратом ЕМ-14М з модернізованим ковпаком розпилювальної голівки, що оснащений вузлом безперервної подачі порошку у високотемпературну зону дугового розряду [5]. Мікроструктуру отриманих покриттів наведено на рис. 1. Металографічний аналіз наведених мікроструктур показав, що електродугові композиційні покриття системи дрот ER4043(Al-Si) – червоний шлам характеризуються досить низькою пористістю, яка становить близько 6%, в структурі добре диференціюються частинки темної (імовірно частинки червоного шламу) і світлої (сплав Al-Si) фаз. Ідентифікацію фаз в композиційному покритті проводили шляхом вимірювання їх мікротвердості.

Середня мікротвердість світлої фази (сплав Al-Si) склала 526 МПа; темної 658 МПа, що відповідає мікротвердості червоного шламу. Об'ємний вміст червоного шламу у отриманих покриттях склав 12,2%.

При дослідженні експлуатаційних властивостей проводили визначення міцності зчеплення вказаних покриттів зі сталеву основою методом «витягування штифта». Згідно з отриманими даними, композиційні покриття з червоним шла-

мом характеризуються меншою міцністю зчеплення з основою (-18%) у порівнянні з покриттями без наповнювача. При електродуговому напиленні більшість частинок червоного шламу не проплавляється та потрапляє до основи в твердому стані, оскільки вони мають високу температуру плавлення а часу їх знаходження в зоні дугового розряду не достатньо для її досягнення. Тому зниження зазначеної характеристики пояснюється зменшенням фактичної площі контакту покриття з основою.

Висновки. Досліджено гранулометричний склад порошку червоного шламу МГЗ за допомогою металографічного аналізу. Отримано композиційні електродугові покриття з композиції дріт ER4043(Al-Si) – червоний шлам. Проаналізовано мікроструктуру нанесених покриттів та ідентифіковано фази шляхом визначення їх мікротвердості. Визначено міцність зчеплення зі сталлюю основою ненаповнених з дроту ER4043 та композиційних ER4043(Al-Si)– червоний шлам покриттів. Подальші перспективи досліджень полягають у оптимізації процесу нанесення зазначених електродугових покриттів, а також у визначенні їх зносостійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1 Сколько опасных отходов накопил НГЗ за последние 10 лет: С 28 млн тонн красного шлама — до 43. НикВести . [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nikvesti.com/news/photoreportage/179475>. Дата звернення: Лютий. 7, 2020.

2 G. Podgorodetskii, V. Gorbunov, V. Korovushkin, et al. Structure of the red mud from Ural Aluminum Plant after heat treatment in reducing gas. *Steel in Translation*, vol. 42, pp. 379 186, 2012.

3 M. Gu, Research progress on key technologies of comprehensive utilization of Al₂O₃ red mud, *Light Metals*, vol.4, pp.10 16, 2014.

4 H.Zhang, W. Huang, Q. Zeng, “Application of red mud plastic in biogas plant”, *China Biogas*, vol. 28, pp. 24 26, 2010.

5 Дубовий О.М., Карпеченко А.А., Бобров М.М., Мазуренко А.О. Пристрій для електродугового напилення композиційних покриттів. Патент України, МПК С23С 26/02, В05В 7/22, № 111760, 10.06.2016.

Богачов М.С., Кузнєцов Ю.М.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРІЇ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ З КОМП'ЮТЕРНИМ КЕРУВАННЯМ НА МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПІ

В умовах обмеженого фінансування ЗВО створення навчально-дослідної лабораторії буде мати вагомий внесок в розвиток і підготовку висококваліфікованих спеціалістів, які зроблять свій вклад в становлення України, як країни, яка зможе бути конкурентно спроможною на ринку новітніх технологій на рівні з Німеччиною, США, Японією та іншими високорозвиненими країнами цивілізованого світу.

Кожний студент повинен оволодіти практичними навичками використання комп'ютерів і сучасних систем ЧПК, мехатроніки програмних продуктів при закріпленні лекційного матеріалу по дисциплінах «Інноваційні технології в машинобудуванні», «Мехатроніка в машинобудуванні» «Верстати з ЧПК і верстатні комплекси», «Промислові роботи і робототехнічні комплекси», «Технологічне обладнання з паралельною кінематикою», «Інтелектуальні системи управління машинами і роботами», «Технічна діагностика і контрольно-вимірювальні системи». Все це можна здійснити в одній багатофункціональній лабораторії, переналагоджуючи її згідно розкладу для різних спеціальностей і спеціалізацій.

Робочі навчальні місця в приміщенні такої лабораторії доцільно розташовувати вздовж трьох стін, а в центрі столи для студентів. Перед дошкою (екраном) передбачається робоче місце для викладача (бажано з комп'ютером). Розроблений типовий варіант робочого навчального місця з верстатом каркасного компонування на робочому столі, який містить в собі системний блок комп'ютера, контролер, монітор і органи вводу інформації (клавіатура і мишка). Оператор має вільний доступ до верстату та органів його керування.

В КПІ імені Ігоря Сікорського така лабораторія була створена 15 років тому і призначена для вивчення нової дисципліни «Технологічне обладнання з паралельною кінематикою». Для цього була розроблена конструкторська документація основного універсального модуля лінійного переміщення, який одночасно є несучою системою. Основа модуля виконана у вигляді двох циліндричних напрямних, між якими на одній вісі розміщені кроковий двигун, муфта, ходовий гвинт і каретка з можливістю повздовжнього руху по цим напрямним, а система кріплення модуля виконана у вигляді двох обертових вузлів, які розміщені по обидва кінці напрямних з можливістю обертання на 180° і кріплення у будь-якій площині під будь-яким кутом. Особливість універсального модуля лінійного переміщення в тому, що він одночасно є несучим елементом каркасу верстата і керованою координатою.

Виготовлені та дослідженні діючі зразки, які неодноразово експонувалися на міжнародних виставках. Запропоновані варіанти планів розташування одиниць обладнання для лабораторій з різною кількістю робочих місць.

Починаючи з 2002 р. для нової дисципліни «Технологічне обладнання з паралельною кінематикою» була підготовлена навчальна програма з переліком лабораторних робіт на верстатах, які не виготовлялися в Україні і вартість одного складала сотні тисяч євро. Потім в 2004 р. був написаний перший в Україні навчальний посібник з аналогічною назвою і заплановано виготовити діючі макети принципово нового обладнання з залученням магістрів, аспірантів і докторантів для лабораторних досліджень. Після проведених патентно-інформаційних досліджень стало зрозумілим відсутність подібного малогабаритного обладнання, на що було отримано патенти України на винаходи, корисні моделі і промислові зразки.

Перші настільні верстати нового покоління, а згодом і інше обладнання захопили студентів і за їх пропозиціям виникла ідея створити вітчизняну лабора-

торію на 10-15 робочих місць, що сьогодні є актуальним. Подібні лабораторії доцільно мати в багатьох технічних ЗВО і, зокрема, в політехніках Житомирській, Львівській, Одеській, Чернігівській та інших.

Конкурентами є зарубіжні фірми типу DELCAM, SIEMENS, FESTO, PROXXON і їх представництва в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1 Агрегатно-модульне технологічне обладнання: В 3-х частинах. За ред. Ю.М. Кузнецова /автор Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Кіриченко А.М. та інші. Кіровоград, 2003. – ч.1 – 422с. – ч.2 – 286с. – ч.3 – 507с.

2 Контрольно-вимірювальні системи технологічного обладнання. За ред. Ю.М. Кузнецова /автори Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Бабич В.М. Кириченко А.М. – Кіровоград, КНТУ, 2005. – 500 с.

3 Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Склярів Р.А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: За ред. Ю.М. Кузнецова. – Кіровоград, 2004. – 449с.

4 Кузнецов Ю.М., Саленко О.Ф., Харченко О.О., Щетинін В.Т. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення. – Вид-во «Точка». 2014 – 500 с.

5 Кузнецов Ю.М. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Лабораторний практикум. Гриф Методичної ради КПІ: протокол №1 від 02.09.2022. Електр. вар.. 2022.- 70с.

6 Кузнецов Ю.М., Дмитрієв Д.А., Діневич Г.Ю. Компоновка верстатів з механізмами паралельної структури /за ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456с.

7 Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І. Теорія технічних систем в аспектах досліджень і технічної творчості : Підручник-Луцьк: Вежа-Друк, 2023 – 292 с.

Бондаренко О.П., Цанко Ю.В., Ананасенко В.Ю.

Жеребчук Д.С.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Цанко О.Ю.

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСТУ ТЕКСТИЛЬНИХ ВИРОБІВ ГІДРОФОБНИМ ПОКРИТТЯМ

Аналіз напрямків використання легкозведених конструкцій з текстильних займистих виробів свідчить про стійку тенденцію до збільшення їх застосування під час тимчасового виконання тих чи інших завдань підрозділів державної служби з надзвичайних ситуацій. Під час опалювання таких споруд можливе займання та швидке поширення пожежі [1, 2]. Статистика експлуатації легкозведених конструкцій виявила низький рівень безпеки у зв'язку з використанням природних волокон (наприклад льону, бавовни та сумішей), які високочутливі до впливу високої температури і вогню [3].

У зв'язку з цим постає необхідність розвитку робіт в даному напрямку та використання ефективних вогнезахисних матеріалів, оскільки застосування існуючих антипіренів для текстильних виробів малоефективне, так як

конструкція не жорстка. Також спливає закономірність створення вогнезахисних матеріалів для конструкцій з текстильних виробів за рахунок направленої формування інтумесцентного покриття, стійкого до дії перемінних температурно-вологісних факторів, так і за рахунок дії функціональних добавок і наповнювачів, здатних впливати на процеси термостійкості, фізико-хімічні та спеціальні властивості. Тому дослідження, що направлені на визначення закономірностей гальмування процесу вимивання антипіренів з вогнезахисного текстильного матеріалу через оболонку водостійкого поліуретанового покриття, є актуальними.

Для встановлення вогнезахисної ефективності елемента намету використовували зразки парусинової тканини розміром 100×100 мм (рис. 1).



Рисунок 1 – Модельні зразки тканини для випробувань

Для вогнезахисту елемента намету зразки обробляли модифікованим покрівельним просочувальним розчином на основі суміші органічних і неорганічних речовин «Firewall-Attic» (суміш карбаміду 28...30 % і фосфорних кислот 23...24 %, модифікована крохмалем у кількості 20 %).

Отриману масу перемішували і наносили на зразок елемента намету у кількості 137,0...140,0 г/м² з однієї сторони. При цьому вогнезахисне покриття проникало у структуру тканини та утворювало еластичну плівку на поверхні товщиною близько 20 мкм. На протилежну сторону наносили гідрофобне покриття ГКЖ 94, вироблене в Україні.

Результати досліджень із визначення водопроникнення необробленого та обробленого зразка тканини, які було проведено в лабораторних умовах, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати визначення часу водопроникнення тканини

Вогнезахисний зразок	Час водопроникнення при дії води τ , с	Кількість поглинутої води, кг
Тканина без гідрофобізатора	60	0,010
Тканина, оброблена гідрофобізатором ГКЖ 94	1850	0,0012

Таким чином, в результаті проведених досліджень отримано час водопроникнення вогнезахисного зразка тканини, обробленого гідрофобізатором, який перевищує необроблений в понад 30 разів. Неможливо не відмітити, що результати визначення часу водопроникнення при дії води на тканину (табл. 1) вказують на неоднозначний вплив гідрофобного покриття на зміну водопроникнення. Особливості гальмування процесу масопереносу при дії води полягають в ізолюванні поверхні вогнезахисної тканини гідрофобним покриттям. Так, зразок вогнезахисної тканини, покритий гідрофобізатором,

після експозиції води показав кількість поглинутої води, яка не перевищила 0,00012 кг, а для тканини без гідрофобізатора цей показник становив 0,01 кг.

ЛІТЕРАТУРА

1 Xu J., Zhang J.Y., Xu J., Zhang Z., Zhang H. Design of functional cotton fabric via modified carbon nanotubes. *Pigment and Resin Technology*. 2020. Vol. 49 (1). P. 71-78.

2 Xu J., Zhang J., Xu J., Zhang Z., Zhang H. Synthesis and properties of cotton fabric functionalized by dimethyl phosphite and perfluorohexyl group grafted graphene oxide. *Pigment and Resin Technology*. 2020. Vol. 48 (6). P. 515-522.

3 Tsapko Yu., Tsapko A., Bondarenko O. Determination of the laws of thermal resistance of wood in application of fire-retardant fabric coatings *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 2/10 (104). P. 13-18.

Бондаренко О.П., Цанко Ю.В., Ананасенко В.Ю.

Жеребчук Д.С.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Цанко О.Ю.

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

ОСОБЛИВОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ ТКАНИН

Одними з найбільш розповсюджених матеріалів для оздоблення громадських приміщень залишаються тканини (гардини, штори, занавіски), але в зв'язку з їх підвищеною горючістю такі матеріали відносяться до пожежонебезпечних. Зниження горючості і розроблення важкогорючих та важкозаймистих матеріалів є одним із основних напрямків попередження виникнення пожежі та вирішення проблеми розширення області застосування цих матеріалів [1]. Оброблення засобами вогнезахисту суттєво впливає на поширення полум'я, дозволяє набагато зменшити димоутворювальну здатність та тепловиділення. Тому постає необхідність дослідження умов утворення бар'єру для розповсюдження полум'я та встановлення ефективної дії покриття з утворенням шару коксу, що дасть можливість вжити заходів для ліквідації пожежі.

Типові області застосування жароміцних і вогнестійких тканин – це ті, де правила пожежної безпеки вимагають їх використання, а саме захисний одяг, тканини які, контракують з полум'ям, текстильні матеріали для протипожежних бар'єрів (наприклад, протипожежні штори для театрів, ізоляційні тканини) і військового застосування і, зокрема, багато тканини використовується в системах громадського транспорту, таких як комерційні авіалінії, розкішні круїзні лайнери і сучасні швидкісні поїзди [1].

Для вогнезахисту очерету використовуються просочувальні засоби, які покривають будівельну конструкцію, що характеризується розкладом антипіренів під дією температури з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів. Але такі речовини малоефективні та потребують значної кількості для ліквідування загорання, окрім того займання може виникнути у важкодоступних для гасіння

місцях [2]. Окрім того, текстильний матеріал утворює не жорстку конструкцію і просочення неорганічними солями, яке характеризується утворенням на поверхні висолів, одразу не затримується в матеріалі і осипається з поверхні.

В роботі [3] наведено розроблені нові вогнезахисні текстильні композити з використанням вогнезахисного льону нетканого матеріалу. Нетканий матеріал, що використовується в композитах, виконує роль протипожежного бар'єру, який зменшує вразливість наповнюваного матеріалу до розвитку та поширення вогню, однак не сказані сфери застосування приведених виробів. Тому постає необхідність дослідження умов утворення бар'єру для теплопровідності та встановлення ефективної дії покриття з утворенням шару коксу, що дасть можливість вжити заходів для ліквідації пожежі.

У зв'язку з цим відповідно до [4] проведено попередні випробування брезентової тканини для виготовлення наметів, які були оброблені композицією на основі фосфорно-амонійних солей з додаванням природних полімерів для підвищення еластичності (рис. 1). Суть методу випробування на займистість полягає в оцінюванні характеристик горіння матеріалів під дією полум'я в лабораторних умовах, які контролюються. Для проведення випробувань застосовують випробувальну установку, в якій закріплюють випробувальний зразок текстильного матеріалу (розміром 220 x 170 мм) і підводять газовий палик з висотою полум'я 40 мм протягом 15 с. Після проведення випробування видно, що зразок необробленої тканини через проміжок у 5 с зайнявся, вогнезахиснена тканина витримала дію полум'я, не підтримує самостійне горіння, пошкодження зразка становило не більше 50 мм.

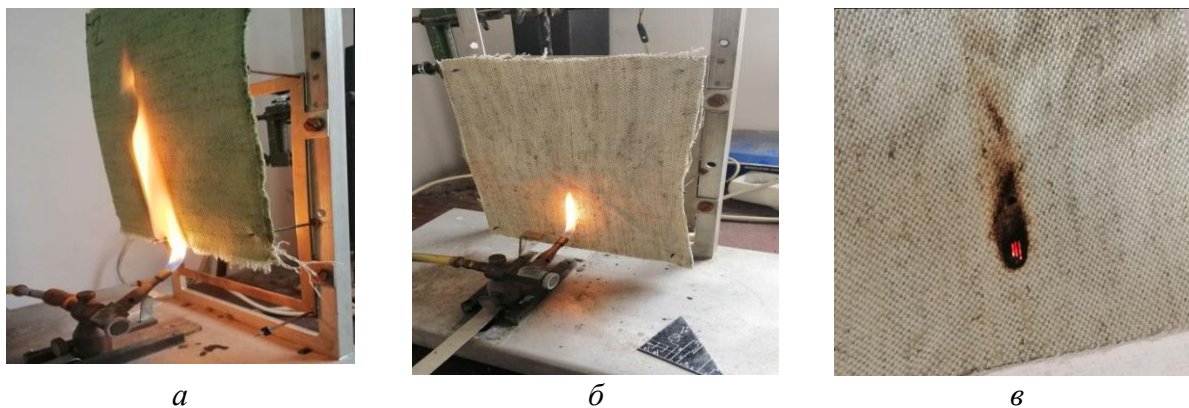


Рисунок 1 – Процес випробування тканини: а – необроблена; б – вогнезахиснена; в – результат випробування вогнезахисненої тканини

Таким чином, запропонована розробка спрямована на створення вогнезахисних матеріалів для конструкцій з текстильних виробів за рахунок направлено формування еластичного покриття, стійкого до дії перемінних температурно-вологісних факторів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Кривенко П.В., Цапко Ю.В., Гузій С.Г. Вогнезахист будівельних конструкцій з деревини. Теорія та практика: монографія. Харків: Видавництво та друкарня ПП «Технологічний центр». 2018. 348 с.

2 Tsapko Yu., Tsapko A. Modeling a thermal conductivity process under the action of flame on the wall of fire retardant reed. East European Journal Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2. №10 (92). P. 50-56.

3 Kozłowski R., Muzyczek M., Mieleniak B. Upholstery fire barriers based on natural fibers. Journal of Natural Fibers. 2004. Vol. 1 (1). P. 85-95.

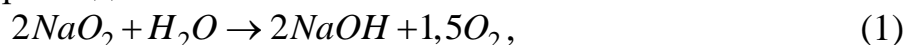
4 ДСТУ 4155 Матеріали текстильні. Метод випробування на займистість. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003.

Бородич П.Ю., Грицай В.В.

Національний університет цивільного захисту України

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДОВИ СУЧАСНИХ АПАРАТІВ НА ХІМІЧНО-ЗВ'ЯЗАНОМУ КИСНІ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В УКРАЇНІ

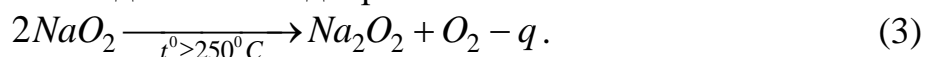
В доповіді наведено, що надперекиси лужних металів активно взаємодіють із вологою та вуглекислим газом повітря. При цьому створюються луки та відповідні карбонати. Вони легко окислюють органічні речовини, можуть викликати їх запалювання та бурхливе горіння. Усі надперекисні (перекисні) сполучення характеризуються наявністю так званого “активного” кисню, який може виділятися в молекулярному виді під час реакції взаємодії надперекису з водою або вуглекислим газом. Наприклад:



$$O_{2(\text{акт})} = \frac{1,5 \cdot 32 \cdot 100}{2 \cdot 55} = 43,6\%, \quad (2)$$

де 1,5 – кількість молів кисню, який виділяється при реакції; 32 – молекулярна вага кисню; 2 – кількість молів надперекису, що бере участь у реакції; 55 – молекулярна вага надперекису.

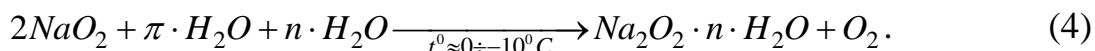
Технічний надперекис натрію (новооксид) являє собою порошок жовтуватого кольору, який містить до 90 % чистого надперекису натрію. При зберіганні в герметично закритій тарі він стійкий до 65 °С. Помітний термічний розпад надперекису починається при 100–120°С і повністю відбувається при 250 °С з утворенням перекису натрію та виділенням надперекисного кисню:



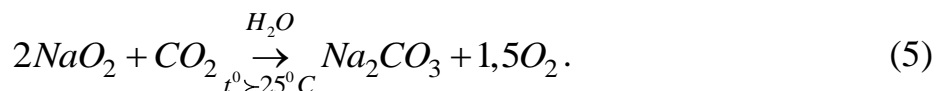
У свою чергу, розпад перекису натрію протікає за температури вище 400 °С і за температури 540 °С повністю закінчується з утворенням окису натрію. При взаємодії з водою при 15–20°С надперекис натрію повністю виділяє свій “активний” кисень. Теплота реакції становить 15,9±0,7 ккал/моль.

Взаємодія з водяною парою за кімнатної температури також супроводжується виділенням усього “активного” кисню та утворенням моногідрату гідроо-

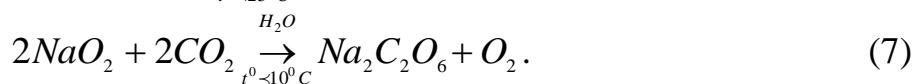
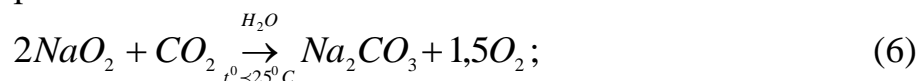
кису натрію. За низьких температур (0 – -10 С) взаємодія з парою води відбувається з виділенням надперекисного кисню та утворенням кристалогідратів перекису натрію:



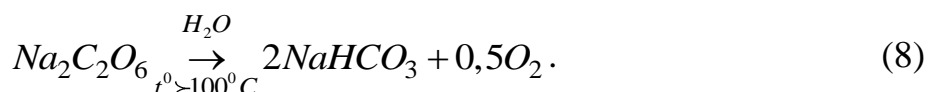
Взаємодія надперекису натрію із сухим вуглекислим газом не спостерігається до 100 С. Наявність водяної пари вже при 25 С приводить до утворення вуглекислого натрію та виділенню всього “активного” кисню:



За температури нижче 10 С надперекис натрію реагує з вуглекислим газом тільки за наявності пари води з виділенням надперекисного кисню та утворенням пероксидікарбонату натрію

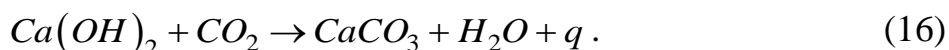
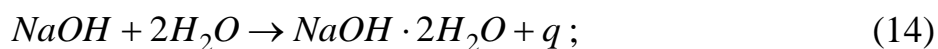
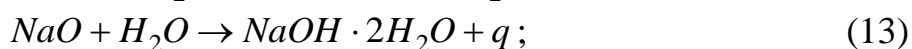
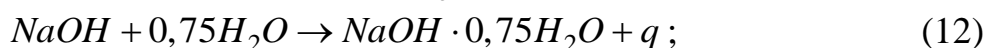
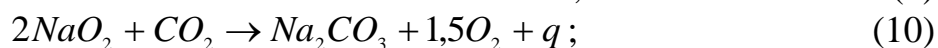
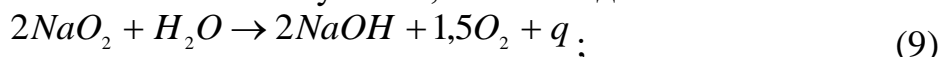


Але при подальшому нагріванні регенеративного продукту вище 100 С пероксидікарбонат натрію за наявності вологи розкладається з виділенням перекисного кисню



Надперекис натрію погано пресується у великі, міцні блоки або гранули. Для усунення цього недоліку до складу регенеративного препарату додають гідрат окису кальцію. Реальний препарат, яким комплектують регенеративні патрони апаратів на хімічно зв'язаному кисні, виготовляють шляхом змішування 85% технічного надперекису натрію та 15 % гідроокису кальцію. Ця суміш пресується, а отримані куски роздрібнюються та розсіваються на фракції. Гідроокис кальцію, який введено до препарату, покращує також і хемосорбційні властивості препарату до вуглекислого газу, особливо за понижених температур. Крім того, введення гідроокису кальцію зменшує процес розпливання гранул під впливом вологи та їх спікання і утворення конгломератів за високої температури.

Основні реакції, що відбуваються у процесі роботи реального препарату в ізолюючому апараті на хімічно зв'язаному кисні, мають вид:



Ці реакції протікають з досить високою швидкістю, коли температура середовища вище 20 °С. За температури нижче 20 °С вони відбуваються повільно. Особливо це помітно, враховуючи екзотермічний характер реакцій в початковий (пусковий) період.

Бородич П.Ю., Кононович В.Г., Грицай В.В.
Національний університет цивільного захисту України

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ СУЧАСНИХ САМОРЯТІВНИКІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В УКРАЇНІ

Актуальність даного дослідження викликана тим, що на даний момент випускається багато різноманітних апаратів на хімічно-зв'язаному кисні, які відрізняються між собою як тактико-технічними характеристиками, так і будовою. В зв'язку з цим в доповіді пропонується порівняльний аналіз даних апаратів та рекомендації по їх застосуванню.

В доповіді наводяться основи регенерації повітря в ізолюючих протигазах на хімічно-зв'язаному кисню (АХЗК). Показано, що визначення придатності препарату, що містить хімічно зв'язаний кисень, для використання в ізолюючих протигазах базується на ряді показників, основним з яких є коефіцієнт регенерації

$$K_P = \frac{V_{O_2}}{V_{CO_2}},$$

де V_{O_2} – обсяг виділеного кисню; V_{CO_2} – обсяг поглиненого вуглекислого газу.

Коефіцієнт регенерації показує можливість препарату по виділенню кисню при поглинанні визначеної кількості вуглекислого газу. Оскільки дихальний коефіцієнт при різних навантаженнях людини не постійний, для забезпечення процесу легеневої вентиляції необхідно, щоб коефіцієнт регенерації розраховувався по мінімальній величині дихального коефіцієнта (співвідношення між обсягами виділеного вуглекислого газу і поглиненого кисню), що у середньому дорівнює 80 %. Для забезпечення нормального газообміну можна використовувати тільки такі регенеративні препарати, що здатні при поглинанні 0.8 молів вуглекислого газу виділяти не менш 1 моля кисню. До таких регенеративних препаратів, відносяться надперекиси лужних металів (наприклад надперекиси натрію або надперекиси калію), що мають $K_P=1.5$.

Помітне термічне розкладання надперекису починається при 100-120 °С і цілком відбувається при 250 °С з утворенням перекису натрію і виділенням кисню.

Для розігріву регенеративного препарату використовується пусковий брикет. Запуск пускового брикету здійснюється 38-ним водяним розчином сірчаної кислоти, що не замерзає до температури $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пусковий брикет складається з:

- 61 % – надперекису калію;
- 36 % – гідрату окису алюмінію;
- 3 % – алюмінієвої пудри.

Усі приведені реакції екзотермічні, у результаті чого температура в пусковому брикеті досягає $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, сприяючи прискоренню запуску хімічної реакції основного препарату.

Принцип роботи регенеративного дихального апарату (РДА) з хімічно-зв'язаним киснем: замкнута ізольована система (закрита система дихання); очищення повітря, яке видихнув газодимозахисник, від вуглекислого газу та виділення кисню за рахунок хімічної реакції.

Переваги АХЗК: ощадлива витрата кисню; простота конструкції; мала вага та невеликі габарити.

Недоліки АХЗК: відсутність надійної конструкції індикатора ступеня відпрацьованості продукту, що містить кисень (фактичний час захисної дії встановлюють на 20 відсотків вище гарантованого); неможливість здійснення тривалих перерв під час роботи; великий опір диханню; висока вартість експлуатації.

Основні моделі саморятівників, що використовуються в Україні: DEZEGA ШСС-1П (Україна); DEZEGA ROXY 40 (Україна); DEZEGA Сі-30 КS (Україна); DEZEGA CARBO 60 (Україна); Dräger Оху 3000/6000 МКII (МКIII) (Німеччина); Dräger Оху К 30 Н (Німеччина); MSA Auer Air Elite (Німеччина); MSA Auer SavOx (Німеччина); MSA Auer SavOxCap 60 (Німеччина); MSA Auer SSR 30/100 (Німеччина); MSA Auer SSR 90 (К 60) (Німеччина).

Апарати носять на боці або за спиною в двох положеннях «напоготові» та «оперативному». При роботі в приміщеннях з вузькими проходами, лазами, люками апарат носити на боці, а на відкритих площадках – за спиною.

Переведення апарата в «оперативне» положення роблять, як правило, у придатній для дихання атмосфері.

- 1 Відкрити кришку сумки або кришку і вийняти лицьову частину.
- 2 Зробити глибокий вдих і одягти лицьову частину.
- 3 Зробити видих і запустити пусковий пристрій.
- 4 Переконатися в спрацьовуванні пускового брикету.

В доповіді аналізується склад препарату, який використовується в АХЗК. Удосконалення препаратів, що регенерують, на сучасному етапі проводиться головним чином у напрямку вишукування речовин, що володіють підвищеною термостабільністю, зменшеною вологоємністю, збільшеною пористістю, підвищеною стійкістю до спікання і т.д.

Аналіз тактико-технічних характеристик АХЗК дозволив визначити в яких місця та при яких обставинах доцільно використовувати ті або інші АХЗК (в шахтах, на промислових підприємствах, в якості саморятівників для об'єктів, на

яких повинні вони бути згідно нормативних документів). Також було розглянуто, які АХЗК ефективніше використовувати для жінок, а які для чоловіків, враховуючи наявність довгого волосся, бороди, тощо.

Проведений аналіз дозволив виділити основні АХЗК українського та закордонного виробництва, які доцільно використовувати в Україні.

Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Грицай В.В.
Національний університет цивільного захисту України

РОЗРАХУНОК ЧАСУ ЗАХИСНОЇ ДІЇ СУЧАСНИХ САМОРЯТІВНИКІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ЕВАКУАЦІЇ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

В апаратах на хімічно зв'язаному кисні (АХЗК) останній міститься у гранульованому продукті на базі супероксидів лужних металів і виділяється під час реакції поглинання продуктів вуглекислого газу і водяних парів, які мають місце у видихуваному повітрі. Зазначеним продуктом, що містить кисень, споряджується регенеративний патрон апарата, при проходженні через який видихуване повітря цілком регенерується. Процес регенерації включає дві фази: поглинання вуглекислого газу (і вологи) з одночасним додаванням кисню, що виділився. В регенеративному патроні відбувається екзотермічна реакція, у результаті якої продукт при важкому фізичному навантаженні розігрівається до 400 °С. Внаслідок того, що виділення кисню продуктом є пропорційним поглинанню ним вуглекислого газу, апарат забезпечує ощадливу витрату наявного запасу кисню [1].

Враховуючи, що одним з недоліків АХЗК [2] є відсутність надійної конструкції індикатора ступеня відпрацьованості продукту, що містить кисень, тобто фактичний час захисної дії встановлюють на 20 відсотків вище гарантованого, то розрахунок часу захисної дії при виконанні робіт різного ступеня важкості в сучасних апаратах на хімічно-зв'язаному кисні, які використовуються в Україні буде актуальною задачею.

В доповіді наведено, що за основу для визначення часових характеристик при застосуванні АХЗК, в технічній документації яких не наведені конкретні вимоги щодо визначення часу роботи в різних умовах, пропонується покласти, за аналогією з підходом, що застосовується для апаратів на стисненому повітрі та регенеративних дихальних апаратів [1, 2], визначення кількості газоповітряної суміші Q , яка створюється за допомогою надперекисних сполучень лужних металів і витрачається для дихання тим, хто працює в АХЗК.

У відповідності до тактико-технічних характеристик АХЗК та кількісних показників дихання кількість повітря можна визначити як

$$Q = t_{\text{сп}} \cdot \omega_{\text{сп}}, \quad (1)$$

де $t_{\text{сп}}$ – час захисної дії апарату для випадку перебування газодимозахисника у спокійному стані (не виконується ніяка робота), хвилин; $\omega_{\text{сп}} = 12$ л/хв. – легенева вентиляція, яка відповідає перебуванню в спокої.

В той же час, коли під час проведення розвідки $t_{\text{розв}\Sigma}$ не передбачається рятування потерпілих, що відповідає виконанню роботи середнього ступеня важкості з відповідною легеневою вентиляцією $\omega_{\text{розв}} = \omega_{\text{с}} = 30$ л/ хв., апаратом буде вироблена така ж кількість газоповітряної суміші, що й для перебування в спокої

$$t_{\text{сп}} \cdot \omega_{\text{сп}} = t_{\text{розв}\Sigma} \cdot \omega_{\text{розв}} \quad (2)$$

Звідки

$$t_{\text{розв}\Sigma} = 0,4 \cdot t_{\text{сп}} \quad (3)$$

Загальний час розвідки $t_{\text{розв}\Sigma}$ складається з часу $t_{\text{розв}}$ безпосередньої розвідки та часу $t_{\text{пов}}$, який необхідно зарезервувати на повернення. З урахуванням непередбачених обставин та по аналогії з розрахунком мінімального тиску, за якого необхідно починати повернення в РДА,

$$t_{\text{розв}\Sigma} = t_{\text{розв}} + t_{\text{пов}} = t_{\text{розв}} + 1,5 \cdot t_{\text{розв}} = 2,5 \cdot t_{\text{розв}}, \quad (4)$$

тобто

$$t_{\text{розв}} = 0,4 \cdot t_{\text{розв}\Sigma} \quad (5)$$

Коли ж розглядається ситуація з можливим винесенням потерпілого (це відповідає виконанню дуже важкої роботи, за якої легенева вентиляція дорівнює $\omega_{\text{пот}} = 84$ л/ хв.), додатково враховується те, що довжина шляху під час розвідки дорівнює довжині шляху, який буде подолано газодимозахисниками разом із потерпілими

$$v_{\text{г}} \cdot t_{\text{г}} = v_{\text{пот}} \cdot t_{\text{пот}} = v_{\text{пот}} \cdot \frac{Q}{\omega_{\text{пот}}} = \frac{v_{\text{пот}} \cdot t_{\text{сп}} \cdot \omega_{\text{сп}}}{\omega_{\text{пот}}} \quad (6)$$

де $v_{\text{розв}}$, $v_{\text{пот}}$ – швидкість руху ланки при проведенні розвідки та під час перенесення потерпілого на чисте повітря, м/хв.

Це дозволяє визначити час розвідки як

$$t_{\text{розв}} = \frac{v_{\text{пот}} \cdot \omega_{\text{сп}}}{v_{\text{розв}} \cdot \omega_{\text{пот}}} \cdot t_{\text{сп}} = \frac{12 \cdot 12}{19,5 \cdot 84} \cdot t_{\text{сп}} = 0,09 \cdot t_{\text{сп}} \quad (7)$$

За необхідності наведений вище підхід можна застосувати й для розрахунку часу роботи біля осередку надзвичайної ситуації.

Підхід, що пропонується в доповіді підвищить ефективність використання АХЗК, дозволить максимально витратити час захисної дії апаратів, раціонально ставити оперативні завдання для підлеглих, коректно проводити практичні заняття та тренування по використанню АХЗК, підвищить безпеку праці при користуванні АХЗК.

ЛІТЕРАТУРА

1 Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації / Стрілець В.М. –Х. : АПБУ, 2001. – 118 с..

Liubomyr Borushchak, Ivan Havryliuk
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

INCREASING THE CRITERION OF SCREWING OF THREADED LOCK CONNECTIONS WITH THE HELP OF ITS PRODUCTION TECHNOLOGY

Drill strings are, as a rule, multi-kilometer connections of drill pipes. Their joints must be suitable for: effective insuring of torques, hermetic provision and effective process of screwing and unscrewing. Suitability for screwing is characterized by the criterion of complete screwing of the nipple 2 into the coupling 1 (Fig. 1).

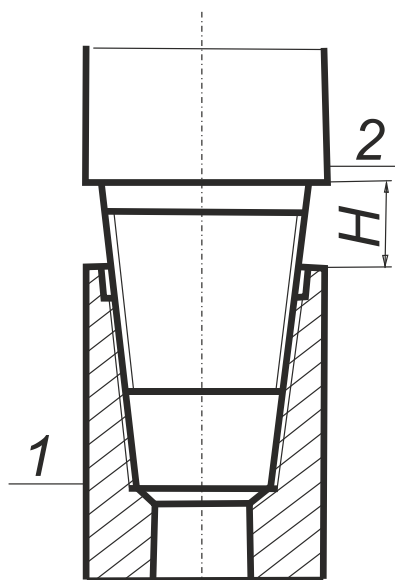


Figure 1 – Scheme for determining the H - criterion, before screwing (b), full screwed (make up connector) (c): 1– box, 2– pin



Figure 2 – Photo of connector tool-joint 6 5/8 REG API Spec. 7 before screwing (left), full screwed (right).

This criterion H is the distance from the end of the box 1 to the ledge of the pin 1, which is measured at the moment of the start of their screwing. It is determined by the formula:

$$H = \frac{2h}{K}, \text{ (mm)} \quad (1)$$

where h – the working height of the thread profile (mm), K – thread taper.

Therefore, the function H has only two parameters. First of them is taper K, which is standard according to API Spec. 7. The second parameter is regulated by this standard varies within the limits depending on the size of the cutting edge of the tool for making the thread. So, if to increase the size of the cutting edge that forms parameter h by 0.3 mm, then in the case of manufacturing a 6 5/8 REG API Spec. 7 criterion H will increase from 39.5 mm to 43.1 mm, which is more than 8% (Fig. 2).

REFERENCE

- 1 Онисько О. Р., Борушчак Л. О., Рязанов С. О. Програмна реалізація розрахунку форми різальної кромки різьбового різця залежно від значення величини його переднього кута та діаметра різьби. *Вісник національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні*. Львів, 2013. Вип. 772. С.129–134
- 2 Borushchak L., Onysko O., Panchuk V. Research of the impermeability of the tool-joint tapered thread size 2 7/8 reg. *Problemy eksploatacji I zarzadzania w górnictwie rząd Górnictwo: monografia*. Kraków, 2017. P. 65–72
- 3 Borushchak L., Borushchak S., Onysko O. Influence of the technological gap value of the tool-joint tapered thread on the drilling mud flow rate in its screw coupling. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*. Lviv, 2017. Vol. 3. № 2. P.24–31 <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/42877>
- 4 Onysko O., Borushchak L., Kopei V., Lukan T., Medvid I., Vryukalo V. (2020) Computer Studies of the Tightness of the Drill String Connector Depending on the Profile of Its Tapered Thread. In: Karabegović I. (eds) *New Technologies, Development and Application III. NT 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 128. Springer, Cham P.720–729. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0_82
- 5 Kopei V., Onysko O., Panchuk V., Pituley L., Schuliar I. (2022) Influence of Working Height of a Thread Profile on Quality Indicators of the Drill-String Tool-Joint. *Grabchenko's international conference on Advanced manufacturing Processes*. Volodymyr Tonkonogyi at al. (eds): «InterPartner» 2021. LNME, Odesa. P.395–404. doi: [10.1007/978-3-030-91327-4_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_39).
- 6 Panchuk V., Onysko O., Kotwica K., Barz C., Borushchak L. Prediction of the accuracy of the tapered thread profile. *JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES*. Volume 8(2) 2021. p. B1-B6. doi: [10.21272/jes.2021.8\(2\).b1](https://doi.org/10.21272/jes.2021.8(2).b1)

Боцман М.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЕЛЕКТРО-ЛІНІЙНИЙ ПРИВОД ЯК ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ

Електро-лінійний привод має найкраще ККД у порівнянні з пневматичними, чи гідравлічними аналогами, через це зменшуються витрати на електроенергію, тим самим збільшуються ефективність та продуктивність підприємства.

Розвиток електро-лінійних приводів відбувається в трьох напрямках:

1 Розробка електро-лінійних двигунів. В цьому напрямку розглядають створення електро лінійних двигунів з високою швидкістю, та великим створюваним зусиллям на виході. В новітніх розробках електро лінійний двигун розглядають не як привод для переміщення, а як платформу для стрільби снарядами з надзвуковою швидкістю.

2 Розробка нових механізмів по перетворенню обертального руху в лінійний. В цьому напрямку розглядають створення нового механізму, який забезпечує перетворення обертального руху в лінійний з найменшими втратами вхідної

потужності. Найсучаснішим рішенням є планетарно роликів передача, найкращі показники по динамічній міцності та ККД, в порівнянні з шарико-винтовою передачею.

3 Цифрове забезпечення. В цьому напрямку розробляють нові алгоритми та можливості використання ШІ, для підвищення точності позиціонування електро лінійного приводу.

Також можливе створення стійких енергетичних систем з використанням електро лінійного приводу, оскільки для роботи він вимагає лише наявність джерела електроенергії, що робить його приводом з мінімальною шкодою для навколишнього середовища, в порівнянні з пневматичними, який вимагає наявність машинного масла в пневматичній системі і під час роботи, певна частина мастила потрапляє в навколишнє середовище.

Вже зараз електропривод використовують в перспективному технологічному процесі по формуванню листових заготовок різної форми, для забезпечення високої точності, використовують теорію керування системами в поєднанні з ШІ, також після виготовлення заготовки, система автоматично вимірює свою точність, та приймає рішення, які в майбутньому мають зменшити відхилення. Це є чудовим прикладом Індустрії 4.0 та трансформації виробництва, через впровадження електро лінійного приводу.

При впровадженні електро-лінійного приводу в систему, потрібно враховувати умови навколишнього середовища в яких буде працювати система, з проблемних будуть:

1 Потужні електромагнітні поля, що можуть вплинути на електродвигун, рішенням буде покращена екранізація електродвигуна, або використання активного способу подавлення електромагнітних хвиль.

2 Високі температури, що можуть вплинути на електродвигун, рішенням буде покращена теплоізоляція електродвигуна, та встановлення окремої охолоджувальної системи.

На даний момент електропривод може повністю замінити пневматику чи гідравліку в мобільних системах, однією з таких систем є мобільний робот для руйнувань. Раніше це було б проблемою, бо електроприводи з великим створюваним зусиллям не були поширеними, але через розробку нових гвинтових механізмів, це стало можливим. Інтеграція в таку систему електроприводу, покращить систему в усіх аспектах: від набагато меншого часу обслуговування та більш гнучкого керування системою, до збільшення часу автономної роботи мобільної системи, та зменшення маси системи.

ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАКОНОПРОЄКТУ «БЕЗПЕКА І ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ ПІД ЧАС РОБОТИ»

Як відомо, 16 жовтня 2023 року Кабінетом Міністрів України зареєстровано у Верховній Раді України проєкт Закону України «Про безпеку та здоров'я працівників на роботі» (реєстр. № 10147). Законопроєкт спрямований на формування нової національної системи запобігання професійним ризикам шляхом впровадження на законодавчому рівні ризик-орієнтованого підходу у сфері організації безпеки та здоров'я працівників та імплементації положень Директиви Ради 89/391/ЄЕС від 12.06.1989 р. про запровадження заходів, покликаних заохочувати до покращення безпеки та охорони здоров'я працівників на роботі.

Проєктом зазначеного законодавчого акта пропонується запровадити нову національну систему запобігання виробничим ризикам, засновану на принципах оцінювання, контролю ризиків та управління ними, які є базовими для побудови подібних систем у розвинених країнах Європи та світу. Послідовна ієрархія цих принципів визначена Директивою Ради № 89/391/ЄЕС та передбачає:

- оцінювання ризиків, яких не можна уникнути;
- усунення джерел ризиків;
- запобігання ризикам;
- заміна устаткування підвищеної небезпеки на безпечне або менш небезпечне;
- адаптація умов праці до працівника, особливо під час облаштування робочих місць, вибору виробничого обладнання, методів роботи;
- адаптація до технічного прогресу;
- надання заходам колективного захисту пріоритету перед заходами індивідуального захисту, що використовуються працівником;
- належне навчання та інструктаж працівників;
- розроблення узгодженої загальної політики запобігання виробничим ризикам, що охоплює техніку, організацію праці, умови праці, соціальні відносини та вплив чинників, пов'язаних з виробничим середовищем.

Проєктом нормативно-правового акту передбачається впровадити нові механізми регулювання ринку надавачів послуг у сфері безпеки та здоров'я працівників на роботі, зокрема це стосується:

- проведення гігієнічних досліджень умов праці;
- проведення технічного огляду робочого обладнання підвищеної небезпеки;
- проведення експертизи щодо спроможності роботодавця забезпечити безпечне виконання робіт підвищеної небезпеки;
- проведення навчання з питань безпеки та здоров'я працівників на роботі.

Дія цього Закону поширюється на всіх працівників і роботодавців незалежно від форми власності та виду діяльності. Іншими законами можуть встановлюватися особливості регулювання відносин у сфері безпеки та здоров'я працівників на роботі з урахуванням норм цього Закону, не допускаючи звуження змісту та обсягу визначених ним прав, гарантій та обов'язків у цій сфері.

Дія цього Закону не поширюється на військовослужбовців, поліцейських, осіб рядового та начальницького складу, осіб, які мають спеціальні звання, державних, правоохоронних органів та військових формувань, утворених відповідно до законодавства України.

Відносини у сфері безпеки та здоров'я осіб, зазначених у частині другій цієї статті, регулюються законами України у відповідній сфері, указами Президента України, нормативно-правовими актами Кабінету Міністрів України та державних, правоохоронних органів, органів влади, де проходять службу такі особи. Під час розроблення та прийняття нових або внесення змін до нормативно-правових актів, зазначених у першому реченні цієї частини, безпека та здоров'я зазначених осіб має забезпечуватися, наскільки це можливо, з урахуванням положень цього Закону.

Проектом Закону пропонується внести зміни до Законодавства України зокрема:

- замінити слова «безпека праці» або «охорона праці» європейським терміном «безпека працівника»;

- замінити назву центрального органу виконавчої влади що реалізує державну політику у сфері охорони праці на центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері безпеки та здоров'я працівників на роботі;

- встановити відповідальність за порушення вимог безпеки і захисту здоров'я працівників на роботі від ризиків, що виникають або можуть виникнути у вибухонебезпечному середовищі.

Реалізація законодавчої ініціативи дасть змогу забезпечити збереження життя й здоров'я громадян, як найвищу соціальну цінність, гарантувавши їм право на належні, безпечні та здорові умови праці; підвищити ефективність діяльності інспекції праці; спростити законодавства щодо безпеки та гігієни праці, зменшити адміністративне і регуляторне навантаження на роботодавця; сприятиме посиленню чесної конкуренції, розширенню доступу українських підприємств до міжнародного ринку та підвищенню їх конкурентоспроможності на такому ринку; покращити інвестиційний клімат в Україні; поступово імплементації норм Європейського Союзу в національне законодавство; сприятиме забезпеченню сприятливого середовища для провадження господарської діяльності; створення умов для розвитку малого і середнього.

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF PATENT FLOWS CONCERNING THE ADVANCEMENT OF GENERATIVE DESIGN TECHNOLOGIES

The rapid development of additive technologies, artificial intelligence, and cloud computing over the past decade has led to the emergence of new design technologies. One such technology is generative design.

Based on the information system World Intellectual Property Organization (WIPO), utilizing the PATENTSCOPE database, a study was conducted on the dynamics of patents in the field of generative design technologies (Fig. 1, 2). As is known, patent dynamics reflect the change in interest in invention regarding the researched object over a defined period of time. The figures show that the dominant role in the implementation and improvement of generative design technologies belongs to countries such as China, the United States, European Union countries, India, Japan, Korea, and Canada. The substantial number of intellectual property documents in the international Patent Cooperation Treaty (PCT) system and the European Patent Office serves as confirmation of the relevance of this topic.

We can categorize the entire patent documentation related to generative design using the codes of the international patent classification into two groups. The first group encompasses the following themes: the development and improvement of the mentioned method using digital data processing methods (G06F), computer systems (G06N), image data generation (G06T), marking information carriers with digital code (G06K), regulating and control systems (G05B), image recognition (G06V), information and communication technologies (G06Q)). The second group pertains to the applied use of generative design technologies (technologies for obtaining 3D objects by additional deposition, additional agglomeration, or additional layering of material (B33Y), molding or joining plastics; shaping materials in a plastic state; manufacturing layered products or articles by connecting previously unconnected layers into a single layered product (B29C)).

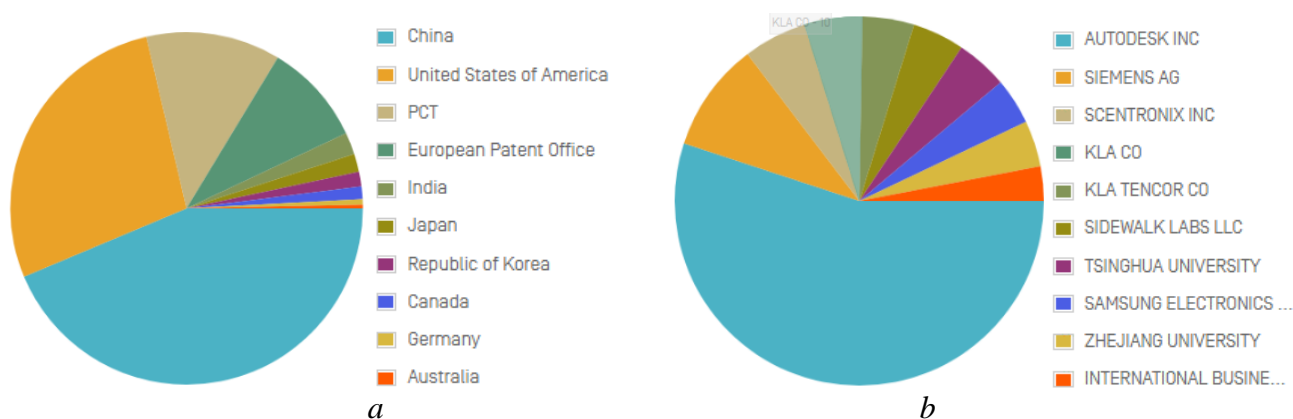


Figure 1 – Diagram of the volume of patenting developments in the field of generative design technologies in various countries worldwide (a) and by various companies (b)

We observe stable trends in the growth of active interest in generative design technologies, especially since 2019, based on the analysis of patent flow dynamics over the years (Fig. 2). This is driven by the expansion of practical implementation possibilities for generative design products through additive technologies and the enhancement of the method's functional capabilities in its software implementation.

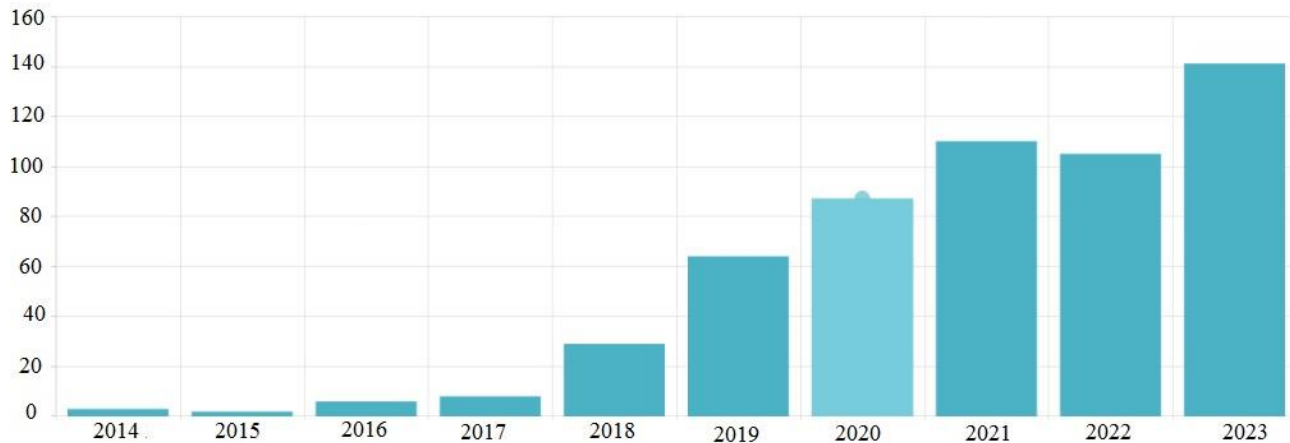


Figure 2 – Dynamics of patent flows over the last 10 years

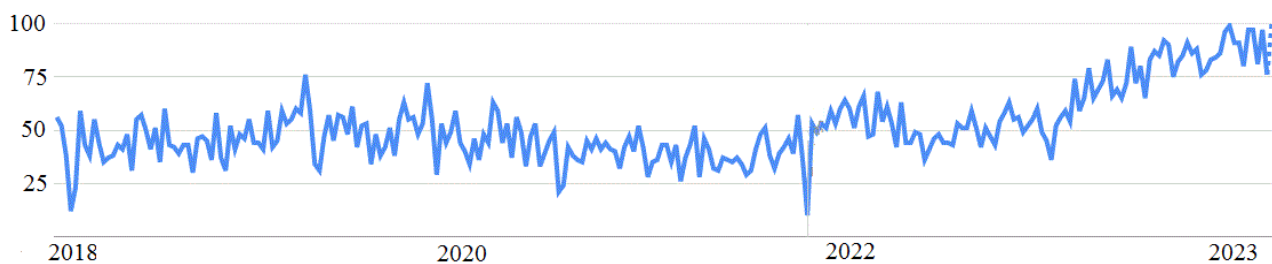


Figure 3 – Dynamics of the popularity of generative design technologies over the years

Specific elements of generative design are implemented in software products by various companies. However, the leading role in the development of such methods is played by the companies indicated in Fig. 1b. We also see an increase in the dynamics of the use of generative design technologies to address practical tasks over the last 5 years, based on internet search query statistics (Fig. 3). In this regard, the list of leading countries looks as follows: 1 China, 2 Singapore, 3 Republic of Korea, 4 Hong Kong, 5 Netherlands.

The reasons for the growing popularity of generative design are as follows. In automated systems, the mentioned method allows for efficient time-saving in product development and the creation of individualized products that meet the specific needs of a customer. Generative design is not limited to classical design methods, enabling engineers to work with innovative alternative technical solutions. The synthesized product is unique and not based on ready-made templates and stereotypes. The result of the design is limited only by the parameters defined by the designer at the initial stage of project work.

*Vasyl Vasyukiv, Nazarii Makovynskyi, Vadym Punchuk,
Serhii Ryskalchyk, Oleksandr Kornev*
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

MONITORING THE USE OF SOFTWARE PRODUCTS FOR GENERATIVE DESIGN

One of the advanced technologies for improving products in mechanical engineering is generative design. This design method is based on the application of specialized software. It is designed using genetic algorithms in combination with computational technologies of finite element analysis and is capable of autonomously generating three-dimensional models that meet specified conditions, without the involvement of a designer. This method of synthesizing mechanical products is one of the methods of topological optimization. It ensures the optimization of the geometry of a part based on the criterion of minimizing mass to reduce material costs under specified conditions of fixation and load. In particular, this allows reducing the weight of products without compromising strength characteristics, optimizing material consumption, thereby reducing the cost of the product.

The result of generative analysis is presented in the form of an optimized part with a new configuration. Subsequently, the stress-strain state of such a three-dimensional model is studied with a detailed analysis of stresses and displacements caused by the action of force factors on the part. For this purpose, express analysis modules of specialized software products are used (ANSYS, T-FLEX Analysis, APM FEM strength analysis system for KOMPAS-3D, Simulation module in Solid Edge, and others).

The Faceted Solid obtained as a result of generative design is exported to a file in STL or 3MF format for subsequent 3D printing. However, it should be noted that the widely used STEP format does not support facet data. Therefore, exporting or converting the obtained facet model to STEP or PARASOLID format is a complex task.

The main methods of manufacturing such parts include additive technologies, as well as metal and alloy casting, molding from polymer materials, ceramics and rubber, welding, and combinations of the mentioned methods.

We conducted a monitoring of the popularity of generative design software based on the use of the PATENTSCOPE database of the "World Intellectual Property Organization" information system and the results of internet search query statistics.

As a result of such research, we identified the following software products for generative design:

1. Fusion 360, mainly prevalent in the USA and countries in Central and Western Europe.
2. Altair Inspire. The OptiStruct module gained popularity in countries such as Korea, Germany, Sweden, Italy, and India. Another module, SimSolid, which is a component of the mentioned program, is increasingly used in Germany, France, the

United Kingdom, Japan, and Italy. However, the SimSolid module of this software product did not gain popularity.

3. nTopology is a promising software product with broad capabilities. The program is popular in the USA, Italy, Germany, Canada, and the United Kingdom.

4. Ansys. The Mechanical module is becoming increasingly popular in Korea, Germany, Australia, India, and Taiwan. The usage of another module, Discovery Ansys, remains consistently high in countries such as Sweden, Germany, Japan, the United Kingdom, and Canada.

5. Creo Generative Design. The Generative Topology Optimization modules and the cloud extension Generative Design Extension are not very popular.

6. nTop Platform did not gain popularity.

7. CATIA. The Generative Design Engineering module, built on the 3D EXPERIENCE® platform, is less widespread globally and is most commonly used in India.

8. Siemens NX. The Design Space Explorer module is predominantly used in the United States, Germany, Austria, Belgium, and the Netherlands.

9. APEX and CogniCAD are not used frequently.

10. Bentley Systems. The software product has limited usage, primarily concentrated in Lithuania, Singapore, Ireland, and Australia.

11. Autodesk Spacemaker. The software product is not popular and is mainly used in Norway, the United States, and India.

12. Solid Edge. It is most commonly used in countries such as the United States, Canada, the United Kingdom, Central and Western European countries, India, the Philippines, and Israel (Fig. 1a). We observe clear trends in the growing popularity of such software since 2019 (Fig. 1b). This is attributed to the introduction of a new version of the Solid Edge 2019 software product, which features an extended tab for technological parameters to edit the synthesized construction of a part.

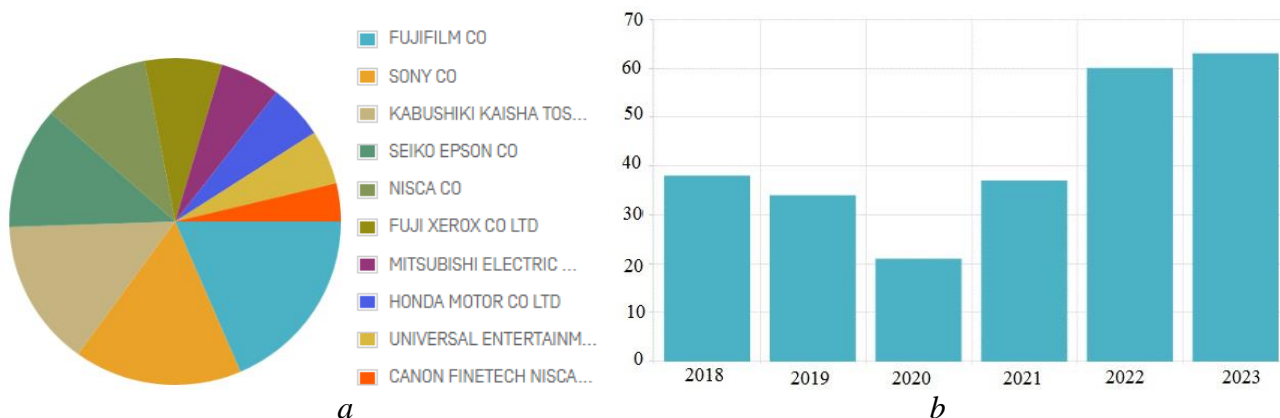


Figure 1 – Usage of the Solid Edge program by the German conglomerate Siemens AG in various companies (a) over the past 6 years (b)

Thus, products for generative design are increasingly being utilized. Their implementation is based on the capabilities of information and communication technologies and the technical possibilities of specific industrial enterprises.

THE USE OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS METHOD FOR SELECTING SOFTWARE PRODUCTS TO IMPLEMENT GENERATIVE DESIGN TECHNOLOGIES FOR PRODUCTS IN MECHANICAL ENGINEERING

One of the progressive modern methods of designing engineering products is generative design. It is based on the use of specialized software. The methodology of generative design is implemented in the following software products: Solid Edge, Altair Inspire (modules AltairOptiStruct, MotionSolve, SimSolid, and OptiStruct), nTopology, Ansys (modules Mechanical, Discovery), Fusion 360, Creo Generative Design (modules Generative Topology Optimization (GTO) and cloud extension Generative Design Extension (GDX)), nTop Platform, CATIA (module Generative Design Engineering (GDE) on the 3D EXPERIENCE® platform), Siemens NX (module Design Space Explorer), APEX (module Apex Generative Design), CogniCAD, Bentley Systems, Autodesk Spacemaker, SOLIDWORKS, and others.

Considering the wide range of such software products, there is a need to select a specific version based on the specific conditions of production. This can be achieved by applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) using the computer program MPRIORITY 1.0. To apply this method, it is advisable to use the hierarchical structure we propose (Figure 1), which combines the goal of selection, criteria, and alternatives that will influence the choice of a specific technical solution.

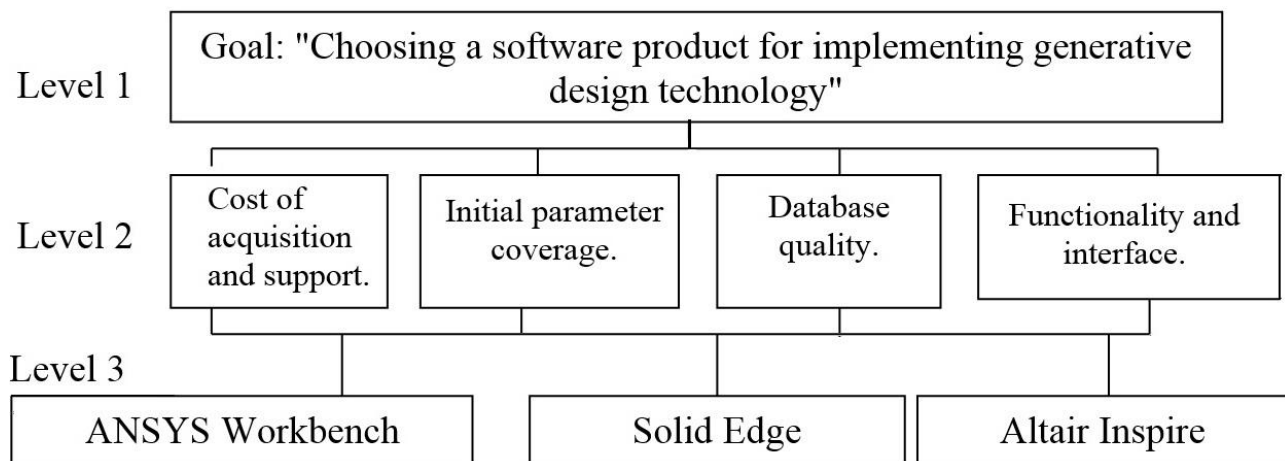


Figure 1 – Fragment of the hierarchy of the problem of choosing the optimal software product for implementing generative design technology.

The research focuses on software products: the Solid Edge 2019, the ANSYS Workbench, and the Altair Inspire. The criteria include: cost of acquisition and support for the software product, coverage of initial parameters, database quality, functionality, and interface.

During the implementation of the Analytic Hierarchy Process, pairwise comparisons of the mentioned criteria and alternatives (software products) were

conducted for each criterion using a scale of preferences (a scale from 1 to 9, where 1 means "equally important" and 9 means "absolutely important"). The final result of the pairwise comparisons in the MPRIORITY 1.0 program is the visualization of a diagram demonstrating the priorities of the mentioned software products (Figure 2). From the diagram, we can observe that the optimal alternative is the software product Solid Edge 2019. This is justified by the following statements.

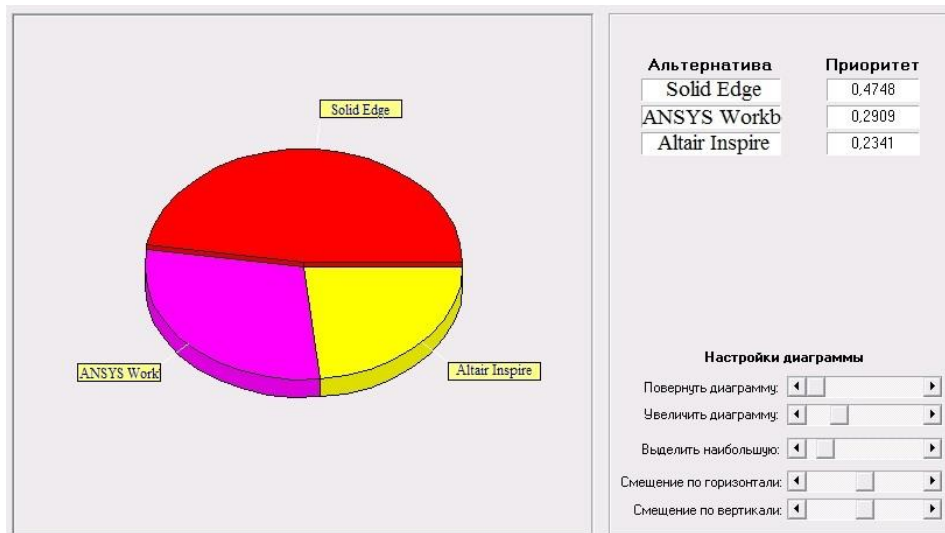


Figure 2 – Diagram of the priority of software product variants

1 The forms of presenting the obtained results significantly differ from those obtained in the Solid Edge software environment. In the software products the ANSYS Workbench and the Altair Inspire, the synthesized geometric forms have a discrete broken curved structure.

2 Generative design typically synthesizes amorphous forms, where flat, straight lines are mostly absent, and second-order splines may be present. This complicates the manufacturing of synthesized products, with production primarily relying on additive technologies. However, in the Solid Edge 2019 software version, an extended tab of technological parameters is available. It allows editing the construction elements of a part obtained through classical generative analysis of a 3D model. This is achieved by simplifying the form of selected complex construction elements using standard flat and three-dimensional geometric figures. In this process, the surfaces of the resulting part may adhere to the outer edges of the initial part. This enables the design of part structures that are close to classical product forms (containing flat surfaces, cylindrical surfaces, etc.). As a result, they can be manufactured using traditional material processing methods.

The Analytic Hierarchy Process can be used to choose the necessary software products for generative design from a broader list of software products and a greater number of criteria. It should be noted that, in order to minimize errors in calculations when compiling a list of alternatives and criteria, it is advisable to use the optimal Muller number, which is no more than 5-9 elements at each hierarchical level of criteria and alternatives.

ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Сучасна обробна промисловість вимагає суттєвого змінювання показників працездатності використовуваного обладнання, що зумовлює тенденцію створення верстатів широкого призначення. На сьогодні значно зросли критерії якості виготовлення деталей, тож значна частка обладнання минулих років випуску не задовольняє як параметри точності обробки, так і вимоги продуктивності, що є важливим з точки зору зростаючої ринкової конкуренції на виготовлену продукцію.

Ця задача не може бути вирішена тільки за рахунок автоматизації чи оснащення обладнання навіть найсучаснішими системами ЧПК, зокрема й регульованими приводами (в першу чергу формоутворюючих рухів), системами зворотного зв'язку із застосуванням сучасних датчиків та систем не лише обробки інформації, а й моделювання та прогнозування поведінки рухомих вузлів.

І одразу виникають два напрямки можливих дій.

Для верстатобудівного підприємства:

– виробництво різних модифікацій верстата з ЧПК на основі однієї його базової моделі і самостійно розроблених цією ж фірмою ряду різних уніфікованих основних вузлів і механізмів;

– використання модульного принципу, коли при розробці та виготовленні конкретних верстатів з ЧПК в максимальному ступені застосовуються сучасні покупні модулі більшості вузлів і механізмів верстатів з ЧПК.

Таким чином, як наслідок, верстатобудівні підприємства орієнтуються швидше на складання верстатів при виготовленні їх невеликими партіями, ніж на масове виробництво однотипних верстатів, як це було традиційно.

До речі, за наявності власної спеціалізованої бази виробництва верстатних модулів (що значно простіше створити, ніж відновити верстатобудівне виробництво повного циклу хоча б через те, що не вимагає великих площ для розташування й значної кількості виробників) можна виробляти універсальне обладнання з ЧПК середнього цінового діапазону традиційного компонування із середніми масо-габаритними параметрами та точністю обробки 0,02 ... 0,001 мм, а також зумовити розвиток малого й середнього підприємництва.

Для користувача:

– потреба самостійно прийняти рішення про те, чи буде виконуватись модернізація під оновлену продукцію (можливо і під унікальну) того обладнання, яке він має, або повна його заміна і придбання нового. Користувач повинен самотужки визначитись із вимогами, які за його бажанням повинен задовольнити верстат – чи то модернізований, чи то придбаний новий.

– розглянути типові технологічні процеси обробки, розрахувати режими різання тощо – типовий шлях, але він непридатний при малосерійному виробництві непрогнозованих заздалегідь деталей. Використання статистичних даних малоймовірно через те, що вони не є сучасними і їх можна брати до уваги лише як орієнтовні, як якісні, а не кількісні показники. Тобто єдиний придатний шлях, принаймні для модернізації – аналіз верстатів-аналогів і обґрунтування технічних характеристик, які беруться до уваги.

Але окрім технічних характеристик для модернізації істотним є вивчення конструктивних особливостей базового верстату і висновки щодо можливості здійснення запланованих змін. Одне з головних питань в ході модернізації – це обґрунтування вибору елементів приводів формоутворюючих рухів. Часто як мету модернізації називають оснащення верстату системою ЧПК. Вирішення цієї задачі якраз і передбачає чітке уявлення про те, з якою метою це робиться, якими двигунами оснащено привод головного руху та приводи подач і яка саме система керування вас задовольнить. І тільки на базі сказаного вище у подальшому можна говорити про створення програм для обробки деталей, що якраз і має на увазі замовник.

Оскільки обробний верстат є органічним поєднанням вузлів, дії яких орієнтовані на взаємопов'язане виконання певних функцій, то всі конструктивні зміни мають взаємовплив. Використання готового модульного вузла потребує не лише його вибору за якимись характерними параметрами (масо-габаритними, потужністю, частотою обертання чи лінійною швидкістю тощо), а й підтвердження придатності до розв'язку саме тих задач, які зумовили потребу у модернізації. Тобто виконання знову ж таки певних розрахунків та аналізу. Методики обґрунтування придатності обраних вузлів наведені зокрема у каталогах фірм-виробників, де наведено багато статистичної інформації, яка базується на виробничому досвіді. Подібну методику з деякими обмеженнями можна використати для обґрунтування свого вибору продукції інших виробників. Це стосується таких часто використовуваних вузлів як з'єднання кочення: гвинтові пари, рейкові напрямні, лінійні підшипники, а також підшипникових опор та, зокрема, шпindelних вузлів і електрошпindelів. А ще ж треба врахувати конструкцію та стан несучої системи, жорсткість якої зумовить точність, яка буде досяжною, навіть якщо кожен вузол окремо задовольняє усі вимоги за його точністю.

Висновком з усього викладеного вище є впевненість у тому, що будь-яка, навіть ніби не дуже значна модернізація вимагає чіткого обґрунтування й якісного підтвердження доцільності розрахунками (з використанням потрібних програм) або моделюванням. Визначення шляхів та методів можливої модернізації є важливим кроком, але лише першим. І не слід вважати, що використання модульного принципу проектування є дуже простим і не вимагає знання принципів механіків.

УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ ПРОЦЕСАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРИКЛАДІ ІОТ

Інтернет речей поступово входить у кожен галузь і сферу нашого повсякденного життя завдяки величезній здатності взаємопов'язаних технологій оптимізувати неосяжну кількість рутинних дій. Стрімко розвивається і сфера сільського господарства – зростання населення все ще є досить високим: приріст населення щороку становить 82 мільйони осіб, і людству потрібно все більше і частіше закривати потреби в їжі. Для задоволення цих потреб сільське господарство поступово впроваджує нові технології: зменшення відходів підвищення ефективності можна досягти за допомогою нових розумних додатків для сільського господарства, засновані на технологіях ІоТ. [1]

ІоТ (internet of things), тобто інтернет речей представляє собою концепцію мережі передачі даних між фізичними об'єктами, оснащеними вбудованими засобами та технологіями для взаємодії один з одним або із зовнішнім середовищем. Головна перевага цієї концепції полягає в тому, що організація таких мереж здатна виключити частину дій та операцій в яких необхідна участь людини, що значно спрощує та покращує економічні та суспільні процеси. [2]

Перш за все, важливо розуміти ключові компоненти інтелектуальних систем сільського господарства та їхні функції.

Розумні датчики. Сьогодні доступно багато типів датчиків. Є інструменти для оцінки стану ґрунту та життєво важливих факторів, виявлення ознак інвазії та хвороб, оцінки вологості та температури, а також моніторингу умов освітлення.

Обладнання підключення. Ці компоненти розроблені для забезпечення надійного з'єднання між пристроями ІоТ за допомогою стільникових технологій або WiFi. Це обладнання допомагає користувачам підтримувати доступ до зібраних даних і показників у реальному часі навіть віддалено.

Програмне забезпечення. Програмні рішення допомагають передавати, обробляти, накопичувати та систематизувати дані, отримані від датчиків.

Модулі геолокації. Використовуючи ІоТ у сільському господарстві, життєво важливо відстежувати місцезнаходження об'єктів у реальному часі. Як правило, розробники використовують для цього GPS-трекінг.

Інструменти аналізу даних. Такі сервіси допомагають користувачам працювати з величезними (і постійно зростаючими) обсягами даних, які надсилаються підключеними пристроями. Як ви розумієте, основне завдання полягає не лише в зборі даних, а й у пошуку правильних способів роботи з ними, щоб отримати корисну інформацію з цих даних.

Робототехніка. Сучасне сільське господарство значною мірою покладається на різноманітне обладнання та механізми, а завдяки передовим технологіям

можна використовувати їх більш ефективно. Наприклад, автономні трактори та автоматизовані переробні установки. [3]

Досягнення в IoT дозволили вирішувати різноманітні сільськогосподарські проблеми та забезпечувати стає та ефективне землеробство. У сільському господарстві є IoT використовується для широкого спектру видів діяльності та може бути застосовуванням загалом розділені на чотири категорії, а саме: системи управління, системи моніторингу, системи контролю, та безпілотне обладнання. Розглянемо приклади нижче.

Розумні теплиці. Розумні тепличні системи можуть безперервно відстежувати та контролювати різні фактори (наприклад, вологість повітря, освітлення чи температуру) без ручної участі. Щоб зробити це можливим, різні датчики можна розмістити безпосередньо в теплицях, щоб надсилати дані в реальному часі на хмарні сервери за допомогою технологій IoT. Потім хмарна платформа обробляє дані віддалено та застосовує необхідні дії безпосередньо в теплицях.

Точне землеробство. Програми для інтелектуального землеробства включають польові спостереження в режимі реального часу, відстеження транспортних засобів, моніторинг худоби та посівів, а також управління запасами. Мета додатків і методів точного землеробства – допомогти фермерам підвищити якість аналізу даних, що веде до швидших і кращих рішень.

Моніторинг тваринництва. Інтелектуальні системи на основі IoT можна використовувати для відстеження місцезнаходження стада великої рогатої худоби, моніторингу умов у стійлах та ідентифікації хворих тварин, щоб стримати поширення хвороби. Завдяки розумним пристроям фермери можуть серйозно скоротити витрати на робочу силу.

Сільськогосподарські дрони. Використання дронів в аграрному секторі є одним із найперспективніших технологічних трендів сьогодення. Ці пристрої IoT добре обладнані для збору сільськогосподарських даних, які використовуються для моніторингу врожаю, підрахунку рослин і планування зрошення. Крім того, дрони мають величезний потенціал для розвитку точного землеробства і можуть виконувати більш складні завдання, такі як обприскування для боротьби зі шкідниками та інфекціями. [4]

З урахуванням наведених вище низки прикладів, можна зробити висновок, щодо переваг використання інноваційної технології; підвищення ефективності використання ресурсів (грунту, води, добрив, пестицидів тощо), зниження собівартості продукції, збільшення рентабельності, стійкість, безпека харчових продуктів, захист навколишнього середовища. Подальше втручання в сільське господарство в усі куточки світу допоможе полегшити та оптимізувати процес виготовлення всіх сільськогосподарських продуктів. [5]

ЛИТЕРАТУРА

1 IoT Applications in Agriculture, *IoTforall*: веб-сайт, URL: <https://www.iotforall.com/iot-applications-in-agriculture> (дата звернення: 30.11.2023)

2 Kevin Ashton. In the real world, things matter more than ideas. *RFID Journal*, 2009. 12-13

3 IoT and agriculture data analysis for smart farm/ Jirapond Muangprathuba та ін. *Elsevier*.2018. 478-490 с.

4 Wan-Soo Kim, Won-Suk Lee, Yong-Joo Kim. A Review of the Applications of the Internet of Things (IoT) for Agricultural Automation. *Journal of Biosystems Engineering*. 2020. 146-154 с.

5 V.C. Patil, K.A. Al-Gaadi, D.P. Biradar and M. Rangaswamy. Internet of things (iot) and cloud computing for agriculture: an overview. *Proceedings of AIPA*. 2012. 33-39 с.

Волков О.О., Краєвська Ж.В.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ЕНЕРГОСИЛОВИЙ ВПЛИВ ПРИ ФРИКЦІЙНОМІСТКИХ МЕТОДАХ ОБРОБЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

Фрикційна обробка входить до лінійки фрикційномістких технологічних методів оброблення та зміцнення поверхонь потенційних виробів різного призначення, під час яких задіяні висококонцентровані джерела енергії. Потік висококонцентрованої теплової енергії у зоні контакту між інструментом та виробом генерується в процесі високошвидкісного тертя інструмента, який, в багатьох випадках, має форму диска, о поверхню виробу, що оброблюється. Поверхневий шар матеріалу виробу, при цьому, може нагріватися до температур, що є вищими за температури фазових перетворень в ньому. У зоні контактування може також відбуватися зсувне деформування матеріалу поверхневих шарів виробу, що оброблюють. Охолодження матеріалу поверхневого шару виробу, який розігріто в процесі оброблення, є високошвидкісним, що реалізується за рахунок природного відведення теплоти вглиб матеріалу виробу за умови переміщення інструменту і, відповідно, джерела тепла вздовж поверхні, яку оброблюють.

Процес формування поверхневого зміцненого шару залежить від декількох факторів: вихідного термічного стану матеріалу, що оброблюють, його хімічного складу (особливо від вмісту вуглецю в сплавах на основі заліза), технологічного середовища, яке застосовують при обробленні, температурних та силових параметрів, які виникають при обробленні у зоні контактування між інструментом та заготовкою чи деталлю, від напряму і величини зсувного деформування у зоні оброблення та інших факторів [1, 2].

Для визначення параметрів, що впливають на зміцнення матеріалу [3] та для достовірного проведення динамічних та термопружних розрахунків, необхідно оцінити складові сил, які виникають у зоні контакту між інструментом та заготовкою чи деталлю при проведенні фрикційномістких видів оброблення поверхонь. А розуміння того, які сили виникають у процесі оброблення та їх характеристики може бути корисним також і для адаптування чи модернізації наявного металообробного обладнання або для розроблення нових вузлів чи устаткування для реалізації фрикційномістких методів зміцнення поверхонь різного профілю, включаючи тіла обертання.

Під енергосиловими параметрами розуміють параметри, які визначають енергетичні та силові характеристики процесу [2]. Вони можуть бути представлені, як сила, швидкість, робота, потужність, момент та інші. Такі параметри є базою та рушійною силою технологічних процесів і їх аналіз дозволяє зрозуміти, яким саме чином вони впливають на результат оброблення та зміцнення поверхонь і мікрооб'єктів в об'єктах, що оброблюють та в який спосіб можна цим керувати.

Термофрикційне оброблення (ТФО) та зміцнення (ТФЗ) – це процеси оброблення матеріалів, де задіяні термічні та фрикційні та деформаційні ефекти. Енергосилові параметри при термофрикційних методах оброблення можуть бути використані для аналізу як процесів формоутворення, так і структуроутворення в матеріалах об'єктів оброблення. Це особливо корисно, наприклад, для розуміння одночасного або послідовного впливу термічних, фрикційних та деформаційних ефектів, під дією зовнішніх факторів, при обробленні матеріалів, що може впливати на ефективність процесу і на фактор ресурсозбереження при обробленні та зміцненні матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Volkov O.A. Study of heat deformation influence in surface strain hardening of steel by thermofriction processing. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2 5(80) (2016) 38-44.

2 Гурей В. І., Дослідження складових сил під час фрикційного зміцнення циліндричних поверхонь деталей машин Науковий вісник ІФНТУНГ 2020. № 2(49)

3 Волков О. О. Підвищення експлуатаційної стійкості деталей та інструменту методом термофрикційного зміцнення: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.02.01 – Матеріалознавство ; наук. кер. М. А. Погрібний ; Харків. нац. техн. ун-т с.-г. ім. П. Василенка. – Харків, 2020. 20 с.

Володченко Р.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ВЕКТОРІВ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Нині використання водню як потенційної альтернативи викопному вуглецевому паливу претендує на статус одного з основних каталізаторів енергетичної трансформації у напрямку сталого розвитку суспільства із всеохоплюючим застосуванням відновлювальних джерел енергії (ВДЕ).

“Зеленим” або “чистим” називають водень, отриманий шляхом електролізу і для виробництва якого використано енергію з ВДЕ.

За даними BNEF, до 2050 року “зелений” водень зможе забезпечити близько 24 % світового споживання енергії. Зараз він дорожчий за “традиційний” водень: 2,5-5,5€/kg проти 1,5-2 €/kg у традиційного. Подальше зниження ціни електрики, а також введення податку на викиди CO₂ може швидко змінити

ситуацію. За оцінками ЄС, до 2030 року в місцях з дешевою енергією від ВДЕ “зелений” водень почне конкурувати з “традиційним”.

У своїй аналітиці за 2019, Міжнародна енергетична агенція зазначає: “Лише декілька країн встановили конкретні цілі щодо використання водню у сфері електроенергетики. Однак, як можна зрозуміти з зазначено вище, ситуація дуже швидко розвивається на користь водню. ЄС – це глобальний економічний гравець. Ще у 2019 ніяких конкретних цілей по водню у ЄС не було, а вже в 2020 з’являється воднева стратегія з амбітними планами до 2030 року.

За даними звіту міжнародної енергетичної агенції за 2019 рік, виробляти водень будуть завдяки генерації сонячної та вітрової енергії. За розрахунками, вартість 1 кг водню складатиме \$0,8 – 1,6 з урахуванням зберігання та транспортування, що приблизно відповідає сьгоднішній вартості природного газу в енергетичному еквіваленті.

На економічні перспективи водню впливатиме ще один фактор, який складно передбачити – введення та/чи ріст податку чи інших обмежень на викиди CO₂. Для досягнення цілей Паризької кліматичної угоди, ціна на викиди CO₂ має зрости до 50-100 \$/т. CO₂ до 2030 року. В ЄС податок на CO₂ відрізняється залежно від країн: від 0,10 \$ у Польщі до 119 \$ у Швеції. В Україні податок на CO₂ становить 0,36 \$ за тону CO₂. Перспективи водню залежать від росту ціни і появи інших обмежень на викидами CO₂. Ціни у 32 \$ може бути достатньо, щоб водень почав конкурувати з газом у сфері маневрової електрогенерації.

Voronov, O.S., Klochko, O.Yu.
State University of Biotechnology

PROGRAMS FOR STUDYING THE STRUCTURE OF METAL ALLOYS

Introduction. Research into the structure of metal alloys plays a key role in the development of new materials with specific properties. Image pattern recognition is used for classification of structure according to relevant characteristics; quantity estimates defects (degenerate graphite nodules) segmentation of complex microstructures, finding particle sizes and their distribution on a plane, for predicting the properties of a material in accordance with its image microstructures. Understanding the microstructure of materials is an important step towards improving their mechanical, thermal and chemical properties [1]. For effective analysis of the structure of metal alloys, various programs and techniques are widely used, such as ImageJ, MATLAB, Avizo, ImagePro, Olympus Stream, Gwyddion and XploRA™ PLUS Raman Microscope [2-7], for this we are conducting this study and comparison.

Before choosing a program, you should determine the specific tasks and requirements for the analysis of the structure of metal alloys, also taking into account the available equipment for conducting research.

Objectives. Metallographic Data Analysis: Software such as ImageJ, ImagePro, and Olympus Stream are designed to analyze metallographic images to determine grain sizes, phases, and other structural characteristics. 3D visualization: Avizo specializes in visualizing 3D structures, which is important for studying the volumetric properties of metal alloys. Analysis of data from various microscopes: Gwyddion provides tools for analyzing data obtained from various microscopy techniques, providing a comprehensive view of the structure of materials. Microscopy with Raman spectroscopy: XploRA™ PLUS Raman Microscope allows microanalysis of the chemical composition of metal alloys.

Program comparison. *ImageJ*: Advantages: Open source, rich functionality, active community. Limitations: May require some experience. *MATLAB*: Advantages: Powerful computing capabilities, programming flexibility. Limitations: Not specialized software for metallography. *Avizo*: Advantages: Specialized for three-dimensional visualization, wide analysis capabilities. Limitations: Some learning threshold. *ImagePro*: Advantages: Tools for quantitative analysis, integration with microscopes. Limitations: Not as widely known as some other programs. *Olympus Stream*: Advantages: Specialized for metallographic analysis, automation. Limitations: Dependency on Olympus hardware. *Gwyddion*: Advantages: Surface analysis, support for various microscopy methods. Limitations: The interface may be difficult for beginners. *XploRA™ PLUS Raman Microscope*: Advantages: Microscopy with Raman spectroscopy, microanalysis. Limitations: Specialized for certain chemical analyses.

Conclusions. The choice of program depends on the tasks: If the main task is quantitative analysis, ImageJ and ImagePro provide the appropriate tools. Avizo is useful for 3D visualization and volumetric structure analysis. Flexibility and Specialization: MATLAB provides high flexibility and can be the best choice for creating custom scripts. Specialized programs such as Olympus Stream provide convenient tools for specific metallographic applications. Comprehensive Data Analysis: Using Gwyddion can be important for complex data analysis from different microscopy techniques. Chemical Analysis: When chemical analysis is required, a Raman spectroscopy microscope such as the XploRA™ PLUS provides valuable information about the composition of materials.

In general, successful investigation of the structure of metal alloys requires a balanced approach, using tools depending on the specific needs and objectives of the study. This study was conducted to show how different and flexible programs for metal alloy research can be. Also, in order to show how important it is to choose them correctly.

REFERENCES

- 1 Skoblo T.S., Klochko O.Yu., Sidashenko O.I., Belkin E.L. Theoretical and experimental framework for prediction of structure formation and high-carbon doped alloys properties. Monograph. Kh.: Disa plus. 2019. 278 p.
- 2 Mathworks [[MathWorks](#)]
- 3 Avizo Software [[Thermo Fisher Scientific - Avizo Software](#)]
- 4 Evident Olympus [[Olympus Stream](#)]
- 5 Gwyddion [[Gwyddion](#)]
- 6 Horiba Scientific [[HORIBA - XploRA™ PLUS Raman Microscope](#)]

Воронцов Б.С. Сонець О.В.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОГО СУБТРАКТИВНО-АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Починаючи з 2012 року галузь адитивних технологій почала стрімко розвиватися [1]. Згідно зі стандартом ISO/ASTM 52900:2015 є наступні категорії виробничого процесу: 1. Binder jetting (BJT) – процес в якому рідкий сполучний агент вибірково наноситься для з'єднання порошкових матеріалів; 2 – Directed energy deposition (DED) – процес, при якому сфокусована теплова енергія використовується для сплавлення матеріалів шляхом плавлення під час їх осадження; 3. Material extrusion (MEX) – процес, при якому матеріал вибірково дозується через сопло або отвір; 4. Material jetting (MJT) – процес, при якому краплі вихідного матеріалу вибірково осаджуються; 5. Powder bed fusion (PBF) – процес, при якому теплова енергія вибірково сплавляє ділянки порошкового шару; 6. Sheet lamination (SHL)– процес, при якому листи матеріалу склеюються, утворюючи деталь; 7. Vat photopolymerization (VPP) – процес, при якому рідкий фотополімер вибірково стає твердим шляхом полімеризації, активованої світлом. Технологіями, що найбільше досліджуються є DMD (Direct metal deposition), FDM (Fused deposition modeling), SLM/DMLS (Selective Laser Melting/Direct Metal Laser Sintering)[2].

Хоча адитивні технології і є зручним способом швидкого прототипування, але вони мають певні недоліки, що не дозволяє використовувати їх як єдину технологію виготовлення. Зокрема цими недоліками є точність форми та шорсткість поверхні, залишкові напруження [3]. Тому етапи попередньої та постобробки часто включають такі дії як проектування опорної конструкції, збірка макета камери, очищення, видалення опори, спікання або термообробка, і обробка поверхні [4].

Висхідний характер АТ означає, що вони можуть мати дуже різні наслідки для дизайну, процесу проектування та проміжних продуктів, створених для підтримки виробництва [4]. Гібридизація адитивних і субтрактивних процесів наразі є майже стандартною практикою для переважної більшості металевих деталей, вироблених АМ, які додатково потребують механічної обробки, щоб отримати відповідну обробку поверхні, вужчі допуски на розміри та функціональні властивості, та уникнути надмірних залишкових напружень або навіть поліпшити зовнішній вигляд і т.д. Це також призводить до істотного зменшення браку за рахунок того, що порошок або фольга використовуються замість суцільних

заготовок з алюмінію або титану, для яких в аерокосмічній промисловості видається 80÷90% об'єму матеріалу при обробці комплексу монолітних частин [2].

Наразі відомо про цілу низку провідних фірм України та світу із докорінно різними напрямками роботи, які досліджують і впроваджують субтрактивно-адитивне виробництво у сферах авіа- та автомобілебудування, верстатобудування, протезування суглобів та ін. Серед них: Boeing, Porsche, Bugatti, DMG Mori, SLM Solutions, Osteonica, НВО «Червона хвиля».

ЛІТЕРАТУРА

1 Wohlers Associates. (2023). Wohlers Report 2023. Retrieved from <https://wohlersassociates.com/product/wr2023/>

2 ResearchGate. (2018). Hybrid additive and subtractive manufacturing processes and systems: A review. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/29421387_Hybrid_additive_and_subtractive_manufacturing_processes_and_systems_A_review

3 Цибуленко, В. О., Пасічник, В. А., & Воронцов, Б. С. (2022). Перспективи використання гібридного аддитивно-субтрактивного виробництва. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*, (1(52)), 34–41. [https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1\(52\)-34-41](https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1(52)-34-41)

4 Mary Kathryn Thompson, Giovanni Moroni , Tom Vaneker, Georges Fadel, R. Ian Campbell , Ian Gibson, Alain Bernard, Joachim Schulz, Patricia Graf, Bhriгу Ahuja, Filomeno Martina. (2016). CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 65, Issue 2, pp737-760. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004>

Гасанов М.І., Клочко О.О., Пермяков О.А.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Новіков Ф. В., Новіков Д.Ф.

Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

Охрименко О.А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сапон С.П.

Національний університет «Чернігівська політехніка»

СПРЕЙЕРНЕ ГАЗОПОЛУМ'ЯНЕ ПОВЕРХНЕВЕ ГАРТУВАННЯ ВЕЛИКОМОДУЛЬНИХ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦОВИХ З'ЄДНАНЬ

Для поверхневого газополум'яного гартування зубів великомодульних шліцевих поверхонь можна використовувати пальники для поверхневого гартування, які працюють на природному газі, або пропан-бутанових сумішах. У порівнянні з ацетилено-кисневими гартівними пальниками, завдяки спеціальній конструкції, ці пальники значно скорочують вартість робіт, спрощують процес гартування і підвищують його безпеку. Пальники при цьому більш продуктивні і більш економічні за рахунок більш низької ціни природного газу в порівнянні з

ацетиленом (рис. 1). Особлива конструкція головки дозволяє вирівнювати температуру фронту полум'я по ширині гартованої поверхні, а спеціальні сопла для подачі води на нагріту поверхню забезпечують отримання загартованої поверхні однорідної твердості.



Рисунок 1 – Пальник для поверхневого гартування зубів зовнішнього зачеплення ГЗУ-6-КМ10. Модуль 10.

Технологія гартування з використанням пальників проста: деталь розташовують таким чином, щоб загартування можна було виконувати знизу вгору. До нижньої кромки заготовки підводять запалений пальник з включеною водою таким чином, щоб водяні струмені не потрапляли на піддану нагріву поверхню. Коли лінійний фронт нагріву прийме солом'яний колір (950 – 1050 °С), пальник різко піднімають вгору таким чином, щоб водяні струмені потрапили на нагріту поверхню. І так ділянку за ділянкою, здійснюючи невеликі коливальні рухи у вертикальній площині.

Завдяки миттєвому та рівномірному охолодженні загартованої поверхні спреєром оброблювана деталь не отримує теплових деформацій та не потребує наступної чистової обробки.

Процес гартування шліцьових поверхонь можна механізувати організувавши на виробництві ділянку поверхневого гартування (рис. 2).



Рисунок 2 – Машинне гартування зубів шестерні модулем 25

Верстат включає в себе планшайбу з вертикальною віссю обертання і електроприводом, на якій розміщують шестерню, яка підлягає гартуванню; супорт, встановлений на візку з електроприводом, і механізм вертикального переміщення пальника з можливістю регулювання швидкості.

Послідовність операцій при загартуванні на верстаті наступна: за допомогою приводу повороту планшайби вісь гартувати зуба наводиться в одну площину з віссю пальника, потім за допомогою приводу візка здійснюється введення головки пальника на зуб, і, після нагрівання нижньої кромки зуба до температури

гарту, включають привід вертикального переміщення пальника. Після цього відбувається налаштування на наступний зуб і описаний цикл повторюють.

За допомогою технології поверхневого газокисневого гартування та нового обладнання, заснованого на застосуванні газів-замінників ацетилену, вирішується багато питань збільшення твердості на поверхні деталей без капітальних витрат на здійснення цієї технології.

В індивідуальному і дрібносерійному виробництві полум'яне гартування має переваги в порівнянні з високочастотної поверхневої загартуванням внаслідок простоти і дешевизни устаткування. При порівнянні високочастотної поверхневої гарту з методами звичайної хіміко-термічної обробки в першу чергу звертає на себе увагу колосальний вигреш в тривалості і вартості процесів [1].

ЛІТЕРАТУРА

1 Ключко О.О., Чекердес Є. О., Хорошайло В.В., Федоров В.В., Хомяков С.А. Автоматизація управління технологічною підготовкою виробництва крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 31 жовтня – 02 листопада 2018 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – С. 74.

Гершман В.Ю.

Національний авіаційний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Впровадження новітніх технологій в сучасне міське середовище є ключовим фактором для створення безпечних, ефективних та енергоефективних громад. Однією з таких інновацій є використання світлодіодних світильників для вуличного освітлення. Ця технологія не лише дозволяє зменшити споживання енергії, але і значно покращує якість освітлення та забезпечує більш безпечне середовище. Однією з найважливіших переваг світлодіодних світильників є їх висока енергоефективність порівняно з традиційними лампами. Світлодіоди споживають значно менше енергії для вироблення такої ж яскравості світла, що дозволяє зменшити споживання електроенергії та, відповідно, знизити витрати на оплату рахунків за електроенергію. Світлодіодні світильники відрізняються великою тривалістю служби порівняно з традиційними джерелами світла. Зазвичай, вони можуть працювати до 50 000 годин і більше, що дозволяє знизити витрати на їх заміну та обслуговування. Це особливо важливо для великих міських областей, де обслуговування вуличного освітлення може бути складним і витратним процесом [1].

Світлодіодні технології дозволяють легко регулювати інтенсивність та кольорову температуру світла. Це дозволяє адаптувати освітлення до конкретних потреб конкретної області чи часу доби. Наприклад, підвищити яскравість освітлення вночі для забезпечення безпеки або зменшити її вдень для збереження

енергії. Заміна традиційних ламп на світлодіодні світильники сприяє зменшенню викидів вуглецю. Оскільки світлодіоди споживають менше енергії та мають довший термін служби, менше ресурсів потрібно на їх виробництво та утилізацію. Світлодіодні світильники мають сучасний дизайн і можуть бути адаптовані до різних міських середовищ. Їхні компактні розміри і можливість точного розташування дозволяють ефективно освітлювати конкретні зони, покращуючи видимість та безпеку громадських просторів.

Прикладом ефективного впровадження цих технологій може слугувати проект освітлення вулиці освітленості категорії А Вишгородської міста Києва, де заплановано замінити старі газорозрядні та ртутні світильники на сучасні світлодіодні, що навіть за умови підвищення кількості світильників у 3 рази, дозволить зменшити використання енергії у більш ніж у 2 рази. Було спроектовано заміна 270 газорозрядних та ртутних потужністю від 150 до 400 ватт на 350 світлодіодних 72-ватних світильника. Це дозволило досягти норм освітлення згідно з ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення". Діючі норми регламентують визначати рівномірність розподілу яскравості дорожнього покриття відношенням мінімальної яскравості до середнього значення. Програмне середовище Dialux розраховує середнє значення яскравості покриття за наступною формулою (1):

$$L = \frac{\Phi}{\pi Db} (\eta_r + \eta_p), \quad (1)$$

де η_r – коефіцієнт використання спрямованої складової світла, відбитого дорожнім покриттям; η_p – коефіцієнт використання дифузійної складової відбитого світла;

Значення яскравості рівне 2,3 кд/м², що перевищує нормоване значення в 2 кд/м² і цілком задовольняє норми освітленості [2].

Фрагмент проїжджої частини вулиці Вишгородської, змодельований в програмному середовищі Dialux EVO, показаний на рисунку 1.

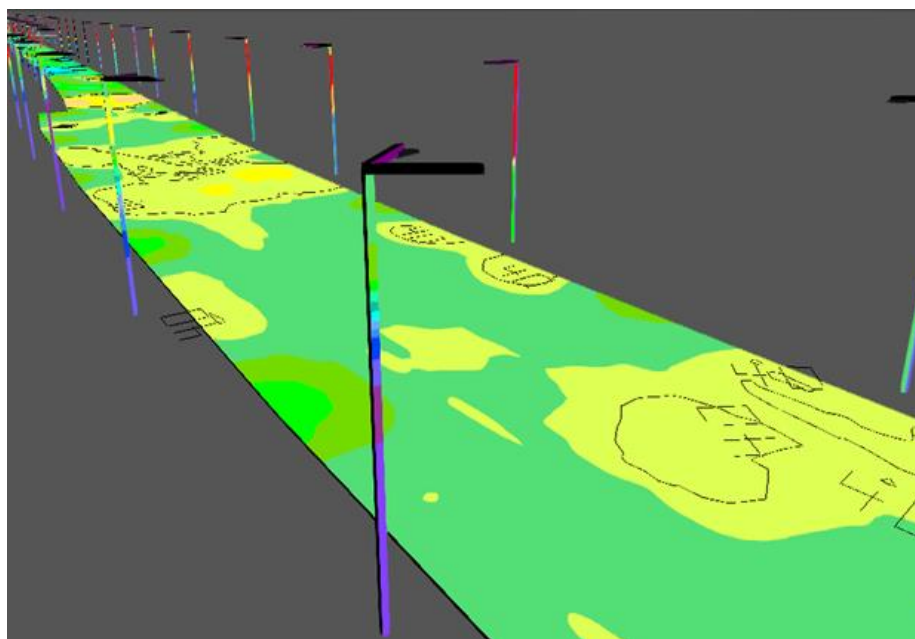


Рисунок 1 – Проїжджа частина вулиці Вишгородської у фіктивних кольорах

Запропонована система підвищення ефективності вуличного освітлення дозволить скоротити витрати енергії на освітлення міст, підвищити якості безпеку життя людей. Преваги світлодіодних світильників, такі як енергоефективність, тривалість служби, можливості регулювання та дизайн, роблять їх привабливим вибором для муніципалітетів та громад, які прагнуть до вдосконалення своєї інфраструктури та забезпечення комфорту та безпеки для своїх мешканців.

ЛИТЕРАТУРА

1 Moreno, Ivan; Contreras, Ulises (2007). "Color distribution from multicolor LED arrays". Optics Express. 15 (6): 3607 – 18.

2 Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28-2018. К.: Мінбуд України, 2018.

Гнатюк О.Ф.

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

РОЗРОБКА СТРУКТУРНО-РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА ВІБРОУДАРНОГО ПРИСТРОЮ

Теоретичне дослідження роботи гідроімпульсного привода ідеалізованої технологічної ВМ (наприклад, гідроімпульсний привод віброударного пристрою) з однокоординатним рухом виконавчої ланки, керованого двокаскадним клапаном-пульсатором, доцільно почати з розгляду структурно-розрахункової схеми привода і прийнятті загальних положень та основних припущень (рис.1) [1, 2].

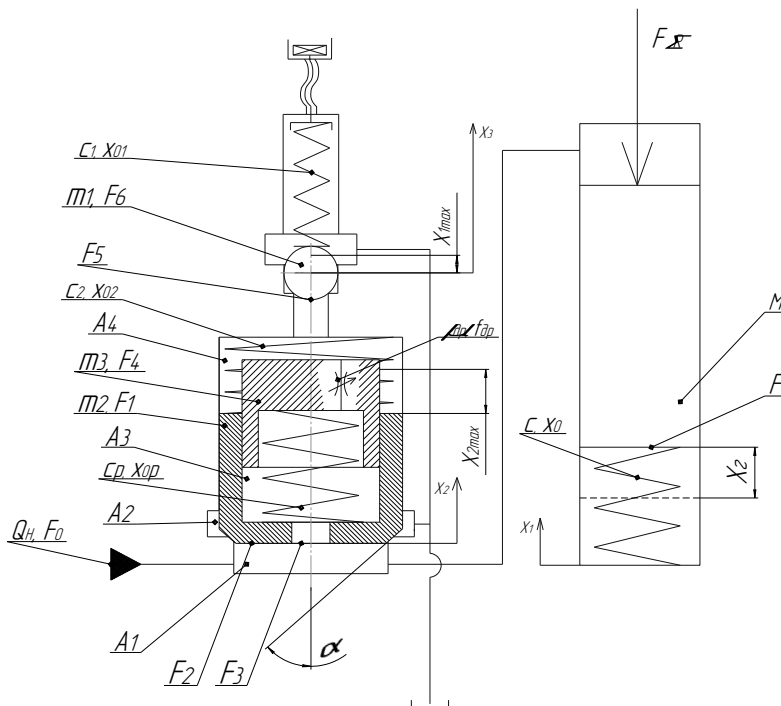


Рисунок 1 – Структурно-розрахункова схема універсального гідроімпульсного привода віброударного пристрою, керованого двокаскадним клапаном-пульсатором.

Гідроімпульсний привод віброударного пристрою складається із гідроциліндра і інерційних мас з масою M , який підпружинений силовою пружиною жорсткістю C з плунжером, площа поверхні якого дорівнює F .

Вбудований в плунжер двокаскадний клапан-пульсатор складається з клапана першого каскаду, запірний елемент якого має масу m_2 , з конструктивним виконанням у вигляді конусного клапана, навантажений регулювальною пружиною (жорсткість якої C_2), регулятора тиску відкриття та другого каскаду у вигляді клапана з формою усіченого конуса масою m_1 , який з'єднаний через пружину (жорсткість якої C_1) штовхачем масою m_2 з клапаном першого каскаду. В основі штовхача виконаний дросельний отвір з площею поперечного перерізу $f_{др}$.

Під час розробки математичних моделей гідропривода циклічної дії приймаємо ряд загальноприйнятих припущень [3], що не зачіпають якісної сторони характеристик приводів, але спрощують їх аналіз.

1 Довжини каналів напірних і зливних магістралей є відносно малими, що в поєднанні з великою площею перерізу, дозволяє не враховувати втрати тиску на тертя в них, оскільки такі втрати є незначними в порівнянні з втратами на локальних опорах.

2 Прийнята невелика довжина напірних каналів дає можливість не враховувати хвильові процеси, а обмежитись лише перевірою розрахунком по таблицях і монограмах [5]. Показником, який характеризує наявність хвильових процесів, може служити перша резонансна частота гідролінії, що визначається з приблизним значенням за формулою [4] в Гц: $f=300/l$, де l – довжина гідролінії в метрах [1, 2].

3 Сили сухого тертя до уваги не беруться у зв'язку з їх незначними величинами в порівнянні з іншими силами.

4 Режим течії через дросельні отвори – турбулентний із значенням $Re \gg 10^4$ при $Re_{кр} \approx (100 \dots 200) \cdot 10^2$.

5 Температурний режим робочої рідини забезпечує незначну зміну її в'язкості і чисел Рейнольдса.

6 Величина коефіцієнта стиснення (податливості) робочої рідини змінюється в незначному діапазоні і без особливої похибки її можна вважати постійною.

Як показали досліди [5], коефіцієнт стиснення (податливості) робочої рідини є змінною величиною, що залежить від тиску. Найбільш суттєво змінюється коефіцієнт стиснення (податливості) робочої рідини, коли значення тиску досягає 3 МПа. Нелінійна залежність коефіцієнта стиснення (податливості) робочої рідини від тиску в деяких межах зміни останнього може бути лінеаризована:

$$\beta = \beta_o (1 - \alpha p_u) = \frac{1}{E_o} (1 - \alpha p_u),$$

де β_o – початкове значення коефіцієнта стиснення робочої рідини; E_o – початкове значення об'ємного модуля пружності робочої рідини; α – коефіцієнт, що враховує зміну стиснення робочої рідини в залежності від зміни тиску, 1/Па [1, 2].

У відповідності до експериментальних даних, у випадку зміни тиску p_u від 0,3 до 3 МПа, коефіцієнт стиснення робочої рідини:

$$\beta = 2 \cdot 10^{-9} (1 - 0,03 p_y).$$

За умов тиску, вищого за 3 МПа, $\beta \approx 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{Н}$.

7 Перехідний процес, що виникає в момент контакту клапана другого каскаду із сідлом (ударна дія), не має суттєвого впливу на вихідні параметри системи, що підтверджено теоретичними дослідженнями в роботі, де розглядався вплив перехідного процесу в момент контакту затвору зворотного клапана із штовхачем і сідлом.

Було встановлено, що в результаті відскоку затвора і його наступних ударів в системі мав місце затухаючий високочастотний процес із частотою 250...500 Гц, але при цьому, без створення якогось більш-менш помітного впливу на вихідні параметри системи (тиск, потоки рідини, швидкості переміщення робочих органів) і динаміки удару затвора по його сідлу [1, 2].

Під час побудови динамічної і математичної моделей гідроімпульсного привода віброударного пристрою важливе місце займає вибір моделі енергоносія. Зазвичай, режими вібронантаження гідроімпульсних технологічних машин характеризуються відносно малими амплітудами і високими частотами вібрацій. Такі режими може забезпечити гідроімпульсний привод, гідросистема якого має високу зведену жорсткість, яка реалізується за малих об'ємів напірних гідроліній і робочої порожнини. За таких умов доцільно прийняти «пружно-зосереджену» модель енергоносія, нехтуючи масою рідини в напірному об'ємі, а гідравлічну ланку привода представити у вигляді в'язко-пружної моделі (тіло Кельвіна-Фойта), складеної з паралельно з'єднаних безінерційних пружного k_0 та дисипативного c_0 елементів. Гідравлічна ланка може деформуватись з певною швидкістю і взаємодіяти з іншими ланками (масами) привода через передаточні відношення i_{0j} (тут $j=1, 2, 3, \dots, n$ – порядковий номер ланки привода) [1, 2].

Принцип роботи пристрою є наступним.

Перебуваючи у вихідному положенні, клапан другого каскаду відділяє порожнину A_1 об'ємом V_1 від порожнини A_2 об'ємом V_2 . Відбувається зростання тиску $p_1(t)$ в гідросистемі і зміщення гідроциліндра з інерційними масами. Зростання тиску відбувається до величини, поки зусилля тиску рідини на площу F_5 клапана першого каскаду не подолає задане зусилля регулювальної пружини клапану першого каскаду, тобто:

$$p_1(t)F_5 = p_4(t) > c_1 x_{10}, \quad (1)$$

де x_{10} – відрегульований натяг пружини клапана першого каскаду.

Після виконання умови (1) клапан першого каскаду з'єднує напірну гідролінію зі зливною, відбувається рух рідини, і через наявність дросельного отвору в днищі штовхача клапана другого каскаду, тиск в порожнині A_4 змінюється до величини p_4 . Відповідно клапан першого каскаду зміщується догори на величину Δh . Зважаючи на рух робочої рідини, через наявність дросельного отвору в днищі штовхача клапана другого каскаду, відбувається зміна тиску в порожнинах A_3 і A_4 , тобто $p_4(t) < p_3(t)$. [1, 2, 4].

Після досягнення в порожнинах A_1 і A_3 відповідного тиску, коли виконується умова:

$$p_1(t)F_1 - p_3(t)F_3 - p_4F_1(t) > c_2x_{02}, \quad (2)$$

де x_{02} – попередній натяг пружини клапана другого каскаду, відбувається відкриття клапана другого каскаду. У результаті миттєвого збільшення площини ($F_1 > F_2$), на яку діє тиск рідини $p_2(t)$, клапан другого каскаду миттєво зміщується догори на максимальну величину, минаючи режим статичної рівноваги, коли:

$$p_1(t)F_1 - p_3(t)F_3 - p_4F_1(t) = c_2(x_{02} + x_2(t)). \quad (3)$$

Робоча порожнина A_1 сполучається із зливною магістраллю, тиск $p_1(t)$ почне падати, а клапан першого каскаду клапана-пульсатора повернеться у вихідне положення.

Після повернення клапана першого каскаду клапана-пульсатора у вихідне положення, рух рідини через дросельний отвір зупиниться з наступним вирівнюванням тиску рідини в порожнині A_4 , в порожнині A_3 та в порожнині A_1 , тобто:

$$p_1(t)F_1 = p_3(t)F_4 = p_4F_1(t). \quad (4)$$

Клапан другого каскаду повернеться у вихідне положення, коли сила, прикладена до нього зі сторони пружини, подолає силу тиску рідини:

$$p_1(t)F_1 - p_3(t)F_3 - p_4F_1(t) < c_2(x_{02} + x_2(t)), \quad (5)$$

яка витісняється з об'єму A_2 до зливної магістралі до моменту повного закриття клапана другого каскаду [5].

Після цього робочий цикл повторюється.

Слід відмітити, що проходження клапанів першого і другого каскаду до положення посадки на сідло є складним процесом, оскільки він здійснюється в умовах змінного тиску $p_2(t)$ за рахунок зниження потоку рідини від насоса через отвір клапанів першого і другого каскаду, що зменшується [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселовська Н. Р., Зелінська О. В., Іванчук Я. В., Гнатюк О. Ф. Моделювання робочих режимів вібраційних та віброударних машин. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. No 1 (104). С. 56-63 URL: <http://tetapk.vsau.org/storage/articles/February2020tv42BJNVkOcSGww4jd0d.pdf>
2. Веселовська Н. Р., Іскович-Лотоцький Р. Д., Гнатюк О. Ф. Перспективний віброударний пристрій для розвантаження транспортних засобів. Вібрації в техніці та технологіях. 2021. No 3 (102). С. 43-51. URL: <http://vibrojournal.vsau.org/storage/articles/October2021fGsLQpa1bZ5Y9SLFQz Db.pdf>
3. Веселовська Н. Р., Іскович-Лотоцький Р. Д., Гнатюк О. Ф. Перспективний віброударний пристрій для розвантаження транспортних засобів. Вібрації в техніці та технологіях. 2021. No 3 (102). С. 43-51. URL: <http://vibrojournal.vsau.org/storage/articles/October2021GsLQpa1bZ5Y9SLFQz Db.pdf>
4. Веселовська Н. Р., Іскович-Лотоцький Р. Д., Іванчук Я. В., Гнатюк О. Ф. Сучасні технології у вантажно-розвантажувальних роботах на мобільному автомобільному транспорті. Вібрації в техніці та технологіях. 2020. No 4 (99). С.59-66.
5. Беркутова Н. С., Швецова И. А. Технологические свойства пшеницы и качество продуктов ее переработки. М. : Колос, 1984. 223 с.

ЦИФРОВІ ТРАНСФОРМАЦІЇ INDUSTRY 4.0: ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ В СФЕРІ МЕТРОЛОГІЇ

Четверта промислова революція Industry 4.0 відіграє важливу роль в різних сферах промисловості. Це пов'язано з розвитком технологій [1]:

- застосування Інтернет Речей (Internet of Things, IoT);
- оцифрування інформації за допомогою комп'ютерів в поєднанні з хмарними обчисленнями та технологіями промислових IoT;
- застосування технологій Big Data у взаємодії IoT;
- створення цифрових екосистем (поєднання традиційних інженерних та комп'ютерних систем);
- створення цифрових платформ (складних інформаційних систем для одночасного користування виробниками, партнерами та клієнтами).

Прискорення цифрової трансформації нерозривно пов'язано з розвитком методів штучного інтелекту. Запровадження сучасних інформаційних технологій в повсякденне життя відчуває вже майже кожний, наприклад, користуючись додатками на мобільних телефонах, як для здійснення розрахункових транзакцій у різних сервісах, моніторингу стану здоров'я, так і для вирішення інших побутових потреб. Також стрімкі трансформації відбуваються і в різних галузях промисловості, таких як, електроенергетика, машинобудування, приладобудування тощо. Слід зазначити, що цифрова трансформація різних галузей неможлива без цифровізації метрології, тому що вимірювання супроводжують кожний крок виробництва. Сьогодні, неможливо уявити сучасне виробництво без застосування інформаційно-вимірювальних технологій для реалізації завдань переходу до розумного виробництва та автоматизації виробничих комплексів. Також даний аспект набуває важливого значення, якщо продукція виробництва експортується до інших країн, при цьому така продукція має відповідати вимогам промислової метрології міжнародного рівня для забезпечення її конкурентоспроможності на зовнішньому ринку. Все це можливо за умови існування належного рівня національної інфраструктури якості.

До основних компонентів інфраструктури якості відносять – метрологію, стандартизацію, акредитацію, оцінку відповідності та ринковий нагляд. У міжнародному документі OIML D 1 [2] зазначено, що метрологія є ключовим компонентом національної інфраструктури якості та також підкреслено, що метрологія взаємопов'язана з іншими компонентами інфраструктури якості. За цих умов виникає необхідність запровадження змін і в національній інфраструктурі якості, які обумовлені необхідністю забезпечення високого рівня компетентності в різних галузях метрології, таких як в науковій, законодавчій та інших. Це вимагає від наукової метрології, в синергії з іншими галузями, розробки нових методів калібрування, випробувань та перевірки, і нових еталонів вимірювань [2] з урахуванням сучасного рівня цифровізації та інновацій. В свою чергу, діяльність

законодавчої метрологічної інфраструктури має бути спрямована на мінімізацію технічних бар'єрів у торгівлі.

Цифрова трансформація в сфері метрології з однієї сторони надає можливості на ринку, а з іншої – створює виклики. Насамперед, це пов'язано з такими напрямками діяльності, як метрологія для сучасного автоматизованого виробництва з використанням сучасних моделей штучного інтелекту та пов'язаними з цим алгоритмами, які дозволяють управляти та аналізувати великі обсяги даних для прийняття рішень при роботі з віддаленими або автономними системами.

В першу чергу, мова йде про якість даних, точні вимірювання та можливість перевірки цих даних, на основі яких мають прийматися рішення. Застосування сучасних цифрових технологій в метрології для забезпечення надійності та продуктивності з метою уможливлення впровадження механізму перевірки на відповідність встановленим вимогам для забезпечення готовності інфраструктури якості [3]. Наприклад, застосування технологій сучасних сенсорів та систем бачення (лідарів, радарів, камер, тощо) для автомобільної промисловості надає можливість збирати та аналізувати великі потоки даних та швидко їх обробляти, щоб автономна система могла розпізнавати інші транспортні засоби, дорожні знаки, розмітку, пішоходів тощо [3, 4]. Або збирання даних з усіх датчиків та сенсорів на підприємстві та обробка отриманих результатів в головному інтелектуальному вузлі, з використанням технологій Big Data, в реальному часі для забезпечення нормальних умов функціонування підприємства.

Для оцінювання нових технологічних рішень необхідні відповідні зміни для проведення випробувань, калібрувань та передачі інформації. При цьому важливим стає формат метаданих, що використовується в сфері метрології для безпечної, гармонізованої та однозначної цифрової передачі отриманих метрологічних даних для забезпечення простежуваності вимірювань. Поява нових технологій також має відбиватися і на змінах в сфері метрологічної освіти для забезпечення виходу на ринок кваліфікованих компетентних фахівців.

ЛІТЕРАТУРА

1 Eichstädt, Sascha. Metrologie für die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft 2020. Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2020. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/120.20210223>

2 OIML D 1:2020 (E). National metrology systems – Developing the institutional and legislative framework. Edition 2020 (E) – Режим доступу: https://www.oiml.org/en/publications/documents/en/files/pdf_d/d001-e20.pdf

3 Challenges in Metrology for Advanced Manufacturing and the Fourth Industrial Revolution – Режим доступу: <https://sim-metrologia.org/wp-content/uploads/2019/11/WP-NORAMET-4th-industrial-revolution-workshop-2019.pdf>

4 Голобородько В.В. Система контролю дорожньої обстановки для автопілоту / В.В. Голобородько, Р.О. Шапорін // Моделювання в приклад. наук. дослідж: матеріали XXVIII семінару / Одес. нац. політехн. ун-т. - Одеса, 2020. - С. 23-25. Режим доступу: <http://dspace.opu.ua/jspui/handle/123456789/11193>

СТАТИЧНА ТА ДИНАМІЧНА МОДЕЛІ СТІЙКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ТОЧНИХ ОТВОРІВ

Поняття точності глибоких отворів при обробці інструментами однобічного різання містить: точність діаметрального розміру, геометричної форми отвору в поперековому та повздовжньому перерізах, розташування та направлення осі обробленого отвору. Питання вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням точності виготовлення отворів у поперековому перерізі вздовж обробки отвору вивчалось багатьма дослідниками. Забезпечення однакової величини допуску в поперековому перерізі при обробці точних отворів (циліндричних, конічних, ступінчастих, гладких та з переривчастою поверхнею) інструментами однобічного різання пов'язано з дослідженням точності базування інструменту по поверхні обробленого отвору [1, 2, 3]. При цьому, важливим є забезпечення мінімальної величини відхилення дійсної осі отвору від осі оброблюваної деталі – уводу осі. Існують дві моделі уводу осі – статична та динамічна [2, 3].

При визначенні статичної моделі стійкості процесу різання інструментами однобічного різання досліджують вплив умов обробки (неоднорідність оброблюваного матеріалу, нерівномірність зняття припуску, нерівномірність зносу різальних та напрямних елементів інструментів однобічного різання, жорсткість конструкції інструменту) та вплив конструктивних та геометричних параметрів інструментів (кінематичний взаємовплив розташування робочих елементів, а саме кутове розташування напрямних елементів відносно різальних). Статична модель уводу осі визначає кінематичні збудження в процесі базування робочих елементів по поверхні оброблюваного отвору на основі вивчення силового поля, що дозволяє оцінити вплив зазначених факторів на стан рівноваги інструмента [2]. Слід також зауважити, що статична модель уводу не враховує динамічні явища технологічної системи.

Дослідження динамічних явищ процесу різання пов'язано з виникненням механічних коливань, які залежать від умов обробки, стану пружної технологічної системи, виду обробки та інших факторів. Для цього необхідно проаналізувати причини виникнення та розвитку коливань (збудження нестійких коливань інструменту, параметричне збудження поперекових вібрацій, збудження регенеративних коливань) процесу різання. Для визначення динамічних характеристик процесу різання інструментами однобічного різання, враховуючи ряд специфічних особливостей протікання даного процесу, користуються методами математичного моделювання із застосуванням методів автоматичного управління [3]. Для розв'язання обговорених питань визначають:

- математичну модель динамічної системи;
- вхідний (силові параметри, які діють на робочі елементи інструмента) та вихідний сигнали (переміщення центру інструмента) для керуемого об'єкта (процесу різання);

- передаточні відношення за силовим та кінематичним збудженням;
- структуру схеми динамічної системи.

Враховуючи вищенаведене, слід зазначити, що виокремлення окремих факторів від одночасно діючих інших факторів не дозволяє провести якісне та кількісне оцінювання усталеності інструменту в процесі різання, натомість визначення статичної та динамічної моделей стійкості дозволяє повноцінно визначити вплив різних факторів на усталеність та працездатність інструментів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Джугурян Т.Г. Комбинированная обработка точных координированных отверстий / Джугурян Т.Г. – Одесса: АО БАХВА, 2003. – 108 с.

2 Оргиян А.А., Голобородько А.М., Перпери Л.М., Гугнин В.П. Статическая модель устойчивости процесса резания прецизионных конических отверстий // Наукові нотатки. Вип. 49. – Луцьк, 2015. – С. 111 – 113.

3 Тонконогий В.М., Оргиян А.А., Голобородько А.М., Перпери Л.М. Механизм возникновения колебаний при обработке однолезвийными коническими развертками одностороннего резания // Резание и инструмент в технологических системах. Междунар. науч.-техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2014. – Вып. 84. – С. 215 – 222.

Голяка А.В., Гомеля М.Д., Трус І.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗНЕКИСНЕННЯ ВОДИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЇЇ КОРОЗІЙНОЇ АГРЕСИВНОСТІ

Вода, що використовується в тепломережах, водогрійних котлах, парогенераторах та енергетичних системах, включаючи виробництво пари в промисловості та виробництво електроенергії на теплових та атомних електростанціях, має відповідати високим вимогам як з точки зору стабільності від осадкоутворення, такі і щодо корозійної агресивності. Тому в процесах підготовки води для теплоенергетичних систем широко застосовуються методи реагентного та натрій-катіонного пом'якшення, іонообмінного та мембранного знесолення води, а також використання інгібіторів корозії та стабілізаторів накипоутворення [1].

Однак при використанні води у водогрійних та парових котлах застосування реагентів є небажаним або недопустимим. Найбільш доцільним для запобігання корозії є використання процесів деаерації води. При наявності кисню у концентраціях понад 50 мкг/дм³ швидкість корозії металів у воді при підвищених та високих температурах є значною. За таких умов різко скорочується термін експлуатації обладнання та зростають витрати на транспортування гарячої води. Таким чином, найефективнішим процесом зниження корозійної агресивності в енергетиці є її глибоке знекиснення перед котлами, теплообмінним обладнанням та при підживленні тепломереж.

В більшості випадків для ефективного видалення кисню з води застосовують різноманітні хімічні, фізичні та сорбційно-каталітичні методи.

Щодо хімічної дегазації, найчастіше використовують сульфід натрію та гідразин. Сульфід натрію відзначається низькою токсичністю, що є його перевагою перед гідрaziном. Проте при його окисленні у воді залишається сульфат натрію, що є недоліком. До того ж, для ефективного використання сульфід натрію, часто потрібно використовувати його у великих кількостях або за участю каталізаторів. При низьких концентраціях у звичайних умовах сульфід натрію може бути менш ефективним. Гідразин забезпечує глибоке знекиснення води, проте є високотоксичною речовиною і має високу вартість.

Фізичні методи, такі як вакуумування та термічна обробка, зменшують розчинення газів, але вони є енергоємними.

Щодо сорбційно-каталітичних методів, широко застосовують модифіковані іоніти та волокнисті каталізатори для ефективного видалення кисню з води [1].

ЛІТЕРАТУРА

1 Гомеля М.Д. Вплив швидкості фільтрування води на ефективність її знекиснення на залізовмісткому редокситів / М.Д. Гомеля, А.В. Голяка // Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2021. – №. 1. – С. 47-54.

Гончарук А.І., Шумейко Д.К., Ярова І.А.
Національний університет «Одеська політехніка»

ІНФОРМАЦІЙНІ ЗАГРОЗИ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

З приблизно 7,5 мільярдів людей, близько 2,5 мільярдів є гравцями, що становить одну третину населення світу; продажі відеоігор у США досягли рекордних 56,9 мільярдів доларів [1, 2]. Ця популярність робить ігрову галузь головною мішенню для кіберзлочинців. Існують три причини хакерських атак на комп'ютерні ігри: статус в спільноті хакерів, ідеологічні мотиви, гроші.

Ігри є джерелом реального доходу, оскільки внутрішньоігрові предмети є грошовими предметами або мають грошову цінність. Чим більшими є доступність, масштаб і складність вторинних ринків, на яких можна продавати внутрішньоігрові предмети, тим більшою є імовірність шахрайства. Геймери стають жертвами кіберзлочинців через зловмисні атаки, спрямовані на їхні фінанси. Наприклад, злочинці можуть обманом переконувати користувачів, що вони завантажують версію гри для Android, якої насправді не існує, замість цього відображується зловмисна реклама. У інших випадках злочинці використовують атаки типу «людина посередині», щоб поширювати шахрайську рекламу серед гравців, або викладають посилання на вимагацьке програмне забезпечення на форумах

онлайн-ігор для тих, хто шукає хаки [1]. Також відзначаються випадки використання зловмисниками вразливостей на платформах відеоігор та їхніх соціальних компонентах для фішингових атак, спрямовані на пограбування облікових записів користувачів і їхньої фінансової інформації – даних, які часто зрештою комерціалізуються на чорному ринку. Наприклад, троян, який збирає все, від файлів cookie до паролів, форм і банківських карток, можна придбати в темній мережі всього за 10 доларів. За оцінками, щомісяця крадуть тисячі облікових записів Steam, EA Sports та Epic, при цьому масові бази даних облікових записів продаються на приватних каналах Telegram на суми від 10 000 до 40 000 доларів США [2].

Інший тип атаки походить від шкідливого програмного забезпечення для майнінгу криптовалют. Відомо, що близько 1,2 мільярда гравців активні на персональних комп'ютерах [1]. Геймери, які грають на комп'ютерах із великою обчислювальною потужністю для запуску найновіших ігор – ідеальні мішені для поневолення операцій криптомайнінгу. Розглянемо іншу сторону цього явища: більша частина цих геймерів люблять грати, запускаючи піратські ігри. Крім юридичних проблем, це наражає їх на приховані небезпеки, оскільки злами ігор, генератори ключів і неліцензійні копії ігор часто приховують трояни, рекламне програмне забезпечення, майнери криптовалют або шпигунське програмне забезпечення. Що ще гірше, більшість краків просять користувачів вимкнути антивірус перед встановленням. Наприклад, у 2021 році дослідники Bitdefender виявили зловмисне програмне забезпечення під назвою MosaicLoader, яке поширюється через популярні піратські ігри та може викрадати файли cookie, захоплювати сеанси входу, щоб заволодіти онлайн-акаунтами, установлювати майнери криптовалют, які працюють у фоновому режимі комп'ютера, або встановлювати бекдори для того, щоб впустити зловмисників на сам ПК [2].

Значну небезпеку становлять загальні вразливості, які можуть бути використані для розгортання програм-вимагачів на вразливих серверах.

Ще однією серйозною загрозою є атаки, спрямовані на відмову в обслуговуванні (DDoS-атаки). Атаки цього типу здійснюються з використанням ботнетів – мереж комп'ютерів, які перебувають під контролем кіберзлочинця, навіть без відома їх власників. Перші подібні мережі з'явилися ще у 2001 році. Сучасні ботнети можуть враховувати вразливості не тільки комп'ютерів, але навіть пристроїв «інтернету речей», таких як відеокамери, холодильники, автомобілі та кардіостимулятори. Будь-які електронні пристрої, навіть ті, які ми вважаємо безпечними, можуть бути уразливими. Більшість зломів теоретично можливі, єдиною перепоною є потрібні ресурси.

Але не лише фізична техніка становить загрозу. Кожна онлайн-взаємодія залишає цифровий слід, який ми часто недооцінюємо. Дані, які ми залишаємо в Інтернеті, можуть бути продані чи використані зловмисниками. Річні збитки від кіберзлочинності невинно зростають і досягають суми близько 100 мільярдів доларів [2]. Численні дослідження показують, що більшість геймерів хочуть, щоб

розробники ігор приділяли більше уваги питанням кібербезпеки. Тому кібербезпека швидко стає суттєвим питанням для ігрових студій разом із розробкою креативного ігрового процесу.

Викрадення облікових записів, читерські зломи та шахрайство – все це є небезпеками онлайн-ігор. Поза зобов'язаннями компаній, користувачі також повинні приділяти увагу заходам безпеки, таким як створення міцних паролів, оновлення антивірусного програмного забезпечення та обережність при переході за сторонніми посиланнями.

ЛІТЕРАТУРА

1 Сайт ESET: Why gamers are attractive targets for cybercriminals. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eset.com/blog/consumer/why-gamers-are-attractive-targets-for-cybercriminals/>. 01.12.2023

2 Сайт Bitdefender: Are you a gamer? Watch out for these cyber threats in 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bitdefender.com/blog/hotforsecurity/are-you-a-gamer-watch-out-for-these-cyber-threats-in-2022/>. 01.12.2023

Горбаченко М.В., Оргіян О.А.

Національний університет «Одеська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ РІЗАННЯ ТА ПОДАЧІ НА ТОЧНІСТЬ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ

Як відомо до режимів різання відносяться наступні 3 основні характеристики обробки:

- 1) Швидкість різання - лінійна швидкість вершини різця в процесі різання.
- 2) Подача на оберт - величина переміщення вершини різця відносно оброблюваної поверхні в напрямку подачі.
- 3) Глибина різання - товщина шару, що знімається з заготовки.

Охолодження, змащення і демпфірування коливань ріжучого інструменту та оброблюваної деталі в процесі різання також можуть бути віднесені до режимів обробки, так як є безпосередніми умовами процесу різання.

У даній роботі нами досліджувався вплив швидкості різання (V м/хв) та подачі на оберт (s мм/об) на різні технологічні точнісні параметри обробки; відхилення від круглості R , мкм; середнє арифметичне відхилення профілю шорсткості обробленої поверхні від середньої лінії – R_a , мкм; висота нерівностей профілю поверхні R_z , мкм; не циліндричність отвору – ΔD , мкм; овальність отвору – O , мкм; конусність отвору - D_o , мкм; початковий відносний лінійний знос різця – U_o , мкм/103м; амплітуда коливань кінця консольної частини борштанги – A , мкм.

Експерименти були проведені для наступних випадків: розточування отворів діаметром $20 \div 25$ мм в зразках зі сталі 45, чавуну СЧ21-40 і алюмінію АЛ-9 борштангами різної піддатливості найбільш віддаленого від фланця різця з 2-ма послідовно працюючими різцями; розточування отворів діаметром $20 \div 25$ мм в

зразках зі сталі 45 борштангами різної піддатливості з 2-ма одночасно працюючими різцями; розточування отворів діаметром 140 мм в зразках зі сталі 45 і чавуну СЧ 21-40 однорізцевою борштангою різцями з різним матеріалом ріжучої частини.

Експерименти показали, що в більшості випадків початковий відносний знос в межах швидкостей від 75 до 300 м/хв має тенденцію до зниження, а при подальшому збільшенні швидкості знос зростає. Амплітуда коливань борштанги в межах швидкостей від 75 до 300 м/хв навпаки зростає.

Характер зміни відносного зносу для всіх способів розточування однакової і відрізняється лише за абсолютною величиною. В експериментах спостерігався характер залежності зносу від швидкості, який можна пояснити наступним. В деякій зоні швидкостей, менших ніж оптимальні, превалюють абразивний, крихкий і адгезійний види зносу. А при швидкостях різання вищих оптимальних різко зростає вплив термічного, окисного і дифузійного видів зносу. У зоні ж оптимальної швидкості всі види зносу виражені відносно слабо.

Якщо, зворотна подача на порядок менша радіуса заокруглення, знос швидко перетворює радіусне лезо в кромку неправильної форми, а на задній грані утворюється майданчик зносу, а на обробленій поверхні, внаслідок пластичності і нерівномірності властивостей матеріалу, завжди утворюється ворсистість і задирка, напливи, поглиблення і виривання. Експерименти з вивчення впливу подачі проводилися в межах від 0,02 до 0,16 мм/об. Вони показали, що найбільший вплив подача надає на відносний знос і шорсткість поверхні. Безпосередній вплив на точність зворотна подача надає слабо.

Гордієнко В.С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПІДВИЩЕННЯМ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІДРОАКУМУЛЯТОРА

Вступ. Основною метою усіх систем є якнайбільше збереження енергоефективності системи, для зберігання потужності системи до найбільш номінального значення. Так стандартний насос надає до 80-90% ефективністю

Основні втрати енергії, яке є основне джерело втрат ефективності, представлені у двох формах:

Механічні витрати (mechanical losses) – втрати енергії за рахунок тертя рідини між стінками трубопроводу

Об'ємні витрати (Volumetric losses) – втрати енергії як результат витоків рідини з трубопроводу

Гідроаккумулятори. Підвищення тиску суттєво впливає на підвищення механічних втрат (вище напруження на насос та трубопровід) і підвищує об'ємні

витрати. Саме тому, в системі встановлено гідроакумулятор, який запобігає таким чинникам:

- гідроудар
- додаткове живлення системи
- превентивне аварійне живлення системи при певних наслідках виключення системи

Гідроакумулятори поділяються на декілька типів по своїй структурі.

- діафрагмові акумулятори
- балонний акумулятор
- сільфоні акумулятори

Використання рекуперації енергії

В гідравлічних системах рекуперація енергії відбувається за допомогою гідравлічних акумуляторів. Під час періодів низького навантаження чи гальмування, коли потрібна менша кількість робочого тиску в системі, енергія може бути відновлена за допомогою гідравлічного акумулятора. Наприклад, якщо гідравлічний обладнання, таке як важіль чи кран, повертається у позицію спокою або при відпусканні навантаження, енергія, що виникає під час цього руху, може бути збережена в акумуляторі замість того, щоб втрачатися.

Коли потрібно додатковий потік або тиск, збережена енергія може бути використана, допомагаючи зменшити витрати електроенергії чи підвищити продуктивність гідравлічної системи. Такий підхід допомагає оптимізувати використання енергії та зменшує витрати, що робить гідравлічні системи більш ефективними. За таким принципом можливо використовувати негативні явища які створюються у системі, наприклад збільшити зусилля шляхом збільшення тиском, яке можливо при використанні гідроакумулятора та гідроудару.

Практичні застосування

Volvo: Volvo Trucks представив концепційний гібридний грузовик, який використовує гідравлічні акумулятори для рекуперації енергії під час гальмування та русі.

UPS (United Parcel Service): UPS випробовує гібридні електричні грузовики, які використовують технології рекуперації енергії для оптимізації пального споживання та зменшення викидів.

ZF Friedrichshafen AG: Ця німецька компанія постачає гібридні трансмісії з функцією рекуперації енергії для вантажівок і легкових автомобілів.

Danfoss Power Solutions: Компанія Danfoss розробляє гідравлічні системи з функцією рекуперації енергії для різноманітних застосувань, включаючи будівельну та сільськогосподарську техніку.

ЛИТЕРАТУРА

1 Lajunen A, Sainio P, Laurila L, et al. Overview of powertrain electrification and future scenarios for non-road mobile machinery, In: Energies, Vol. 11, No.5, pp. 1184, 2018.

2 Axin M. Fluid power systems for mobile applications: With a focus on energy efficiency and dynamic characteristics, Linköping University Electronic Press, 2013.

3 Lin T, Lin Y, Ren H, et al. Development and key technologies of pure electric

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

Довговічність машин залежить від ресурсу її складових елементів. Серед останніх важливе місце посідають підшипникові вузли, які є численними елементами конструкції тракторів і сільськогосподарських машин. Ресурс більшості підшипників кочення тракторів і сільськогосподарських машин нижчий за розрахунковий і перебуває в межах 2000-3800 год.

У процесі експлуатації нерухомість посадки порушується в результаті зношування сполучених поверхонь. Зношування посадкових поверхонь підшипників у корпусних деталях і на валах призводить до зниження довговічності машин. У міру зростання зносу збільшуються зазори в з'єднаннях, виникають перекося, наростає інтенсивність вібрацій, прискорюється втомне викришування робочих поверхонь підшипників тощо [1]. Зі збільшенням зазору в опорах змінюються майже всі параметри, що характеризують роботу зубів шестерень. При цьому збільшуються навантаження на зуби, змінюється розподіл навантаження по довжині контактних ліній зубів тощо. У результаті знижується довговічність підшипників, валів, шестерень та інших деталей.

Посадочні поверхні підшипників кочення відновлюють наплавленням, нанесенням електролітичних покриттів, електроконтактним спіканням і газо-плазмовим напиленням порошків, установкою додаткових кілець і іншими способами. Більшості перелічених способів притаманні ті чи інші недоліки, з яких найчастіше зустрічаються складність технологічного процесу, потреба в дорогому технологічному обладнанні, низька необхідність, висока собівартість, труднощі механічної обробки нанесених покриттів механічної обробки нанесених покриттів. Перераховані недоліки стримують широке застосування зазначених способів відновлення. Більшість перерахованих недоліків усувається під час відновлення посадок підшипників кочення анаеробними герметиками. Анаеробні герметики являють собою численні рідкі склади, здатні тривалий час зберігатися на повітрі без зміни властивостей і швидко тверднути при температурах 20...25 °С без доступу повітря з утворенням міцного полімеру [2].

Технологічний процес складання натягом із використанням анаеробних герметиків полягає в зачистці посадкових поверхонь, їх знежиренні тампоном, змоченим в ацетоні, нанесенні герметика на поверхні, що сполучаються, і складання з'єднання. Статичну міцність нерухомих з'єднань визначали на розривній машині ІМ-4А і автоматичним записом залежності «Навантаження та деформація». Швидкість навантаження під час випробувань була постійною і становила 1 мм/хв. Дослідження показали, що між зусиллям розпресування і натягом у з'єднаннях, зібраних без анаеробного герметика, спостерігається прямолінійна залежність [3].

Нанесення герметика на поверхні, що з'єднуються, під час посадки з натягом сприяє значному збільшенню статичної міцності нерухомого з'єднання. При цьому зусилля розпресування з'єднань, зібраних із нанесенням герметиків АН-6К і УГ-8, близькі між собою. Так, під час установа вна внутрішнього кільця підшипника на вал із натягом 10 мкм зусилля розпресування становить 4,25 кН, а в разі встановлення з цим же натягом і нанесенням герметика зусилля розпресування становить 22,5 кН. Зі збільшенням натягу на 20 мкм зусилля розпресування зростає відповідно на 6,75 і 23 кН. У першому випадку зусилля розпресування збільшилося в 5,3 рази, а в другому – в 3,4 рази [4].

Зусилля розпресування нерухомих з'єднань, відновлених анаеробними герметиками, залежать від величини зазору до відновлення. Зі збільшенням цього зазору і, отже, зі збільшенням товщини клейового шару зусилля розпресування знижуються. Інтенсивність зниження залежить від марки анаеробного герметика. Більш інтенсивного зусилля розпресування знижуються у з'єднань, відновлених герметиком УГ-8, менш інтенсивно – АН-6К. Таким чином, при складанні нерухомих з'єднань із натягом і нанесенням анаеробних герметиків їхня статична міцність збільшується. Під час розпресування таких з'єднань необхідно подолати опір переміщенню сполучених поверхонь відносно одна одної, а й опір зрізу шару затверділого герметика. Тому під час нанесення анаеробних герметиків можна отримати нерухоме з'єднання з необхідним зусиллям розпресування при значно менших натягах, що важливо для підвищення довговічності не тільки нерухомих з'єднань, а й підшипників кочення.

У процесі відновлення нерухомих з'єднань анаеробними герметиками в умовах ремонтних підприємств не завжди можливо забезпечити високий ступінь очищення посадочних місць підшипників. Тому нами проведено вивчення впливу ступеня очищення поверхні на статичну міцність з'єднань. Дослідження показали, що статична міцність нерухомих з'єднань, відновлених анаеробними герметиками, залежить від чистоти сполучених поверхонь.

ЛІТЕРАТУРА

1 Захаров, А. В. (2022). Теоретичне порівняння технологій відновлення деталей. EDITORIAL BOARD, 478.

2 Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2021). Аналіз електро-шлакового наплавлення металу при малій товщині відновлюючого та зміцнюючого робочого шару деталі. Інформаційно-аналітичний міжнародний технічний журнал "Промисловість в фокусі", №10 (106), 54-56

3 Скобло Т. С., Рибалко, І. М., & Захаров, А. В. (2022). Підвищення ресурсу деталей робочих органів сільськогосподарської техніки при абразивному зношуванні. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем. НУВГП, Рівне, 37-38.

4 Andrii V. Zakharov (2023). Вплив складу флюсу, роду і полярності струму на ефективність електрохімічних процесів в електрошлаковій системі. Actual Issues of Modern Science. European Scientific e-Journal, 1(24), 1-9.

Gushchin A.M., Larshin V.P., Lysyi O.V.
Odessa Military Academy
Lymarenko O.M., Buchka Y.V.
Odesa Polytechnic National University
Tselikova A.S.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

CUTTING FORCE PARAMETERS CONTROL ON THE BASIS OF MECHATRONIC MECHANISM

Modern metal-cutting machine tools of new generations and their corresponding qualitatively new tools assume realization of ultra-high speeds of shaping machine parts by cutting and at the same time not allowing the formation of defects on the machined surface. Therefore, there are problematic issues of automatic regulation of fast technological processes.

Automated CNC systems based on frequency-controlled electric drives have time delays due to their inertia. This paper deals with mechatronic process systems with multilevel control for machining various materials. Technical solutions are proposed to improve the speed performance of these systems, including both the disturbance control principle and hierarchical control. Numerous studies, initiated universally in the 1960s, have emphasized the importance of adaptive control in improving the accuracy and performance of process systems. However, despite the prospects, the complexity of the dynamic circuit of automatic control has led to the limited application of closed-loop automatic systems with feedback. This paper proposes the application of the “disturbance-based” control principle to improve the efficiency of automatic control based on a mechatronic stabilizer for force parameters of machining by cutting.

This analysis focuses on multi-level control in automatically controlled cutting processes. The “disturbance-based” control is realized automatically at the lower level, while adaptive and intelligent control is realized at the middle and upper levels. However, a number of issues in this direction have not yet been resolved.

For drilling small diameter holes using special lubricants, an adaptation principle supported by a mechatronic power load stabilizer is proposed. Such a stabilizer operates at the lower level of the hierarchical control system based on the automatic control subsystem “by disturbance”, implementing the well-known “disturbance compensation principle”.

Literature analysis also revealed problems in drilling anisotropic materials such as polymer composites, superhard and other difficult-to-machine materials. Therefore, new principles of controlling the reciprocating motion of the cutting tool based on adapting it to the physical and mechanical properties of the material being machined and intelligent control are proposed to solve the problems encountered.

Mechatronics plays an important role in the development of cutting systems, providing means to influence cutting parameters in CNC systems, which is a key element for the creation of high-tech products. It is possible to combine a stable robust

system at the lower control level with adaptation and intelligent control at the upper level in a hierarchical system similar to control systems in living organisms (central and peripheral nervous systems). The application of genetic algorithms, machine learning, data management and other techniques in technology enables the sensitivity and speed of automatic systems. The mechatronic technological system provides an integrated approach for solving the control problem in the context of new materials in industry and other industrial manufacturing applications.

The mechatronic technological system, adopting some principles of functioning of a living organism, can have a multi-level control structure. That is, the mechatronic mechanism can act as a living organism, providing optimal control of the technological machine in the processes of machining by cutting.

The classical feedback “by deviation” (Fig. 1, a) has a number of disadvantages. The use of the control system “by disturbance” (Fig. 1, b), i.e., without feedback “by deviation” of the regulated value allows instantaneous response to fluctuations of the force load when drilling anisotropic and multilayer materials.

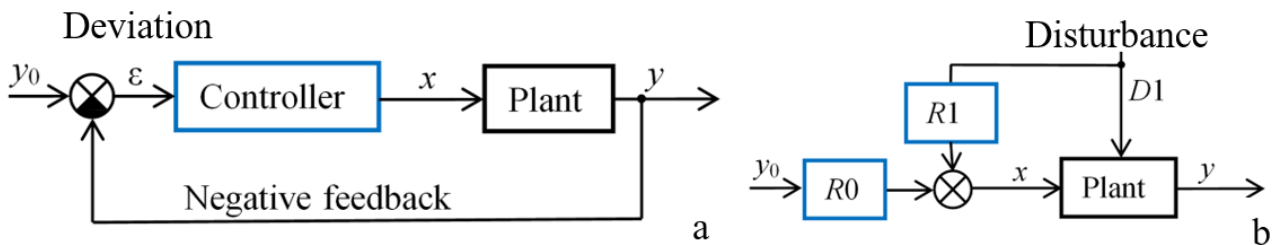


Figure 1 – Automatic control systems “by deviation” (a) and “by disturbance” (b).

Regulation of the cutting process is based on algorithms representing the information description of the system. The developed mechatronic mechanism uses such principles as: elimination of rigid relationship between tool rotation frequency and tool feed, consideration of anisotropy of materials, separation of force parameters of machining in such a way that by changing the axial force on the tool, stabilize or change the cutting torque according to the program. The experimental mechatronic head is integrated with the CNC system of the machine, providing adaptive control and enabling drilling, milling and other machining operations at a qualitatively new level.

The lower-level control mechatronic mechanism for drilling starts with program-controlled tool engagement and rotation. Two counterbalancing forces appear: the electromagnetic force \bar{F}_{em} , directed vertically upwards, and the electrodynamic force \bar{F}_{ed} acting in the opposite direction. The forces \bar{F}_{em} and \bar{F}_{ed} control the reciprocating working movements (Fig. 2), and the “disturbance” processing algorithm ensures stabilization of the cutting torque by regulating the force magnitude.

The feature of the mechatronic device for tool feeding into the machining zone is the absence of spindle self-locking and its electromagnetic levitation in space. Therefore, in the drilling process the vertical feed, i.e., the rate of penetration of the tool into the metal, is formed automatically to ensure the constancy of cutting force parameters in conditions of non-deterministic physical and mechanical characteristics of the machined material.

The study presents a novel hierarchical automatic mechatronic control system for drilling operations in machining anisotropic metallic and composite materials. Besides, the developed mechatronic mechanism can be used not only in manufacturing technology but also in military vehicles, medicine equipment, robotics, etc.

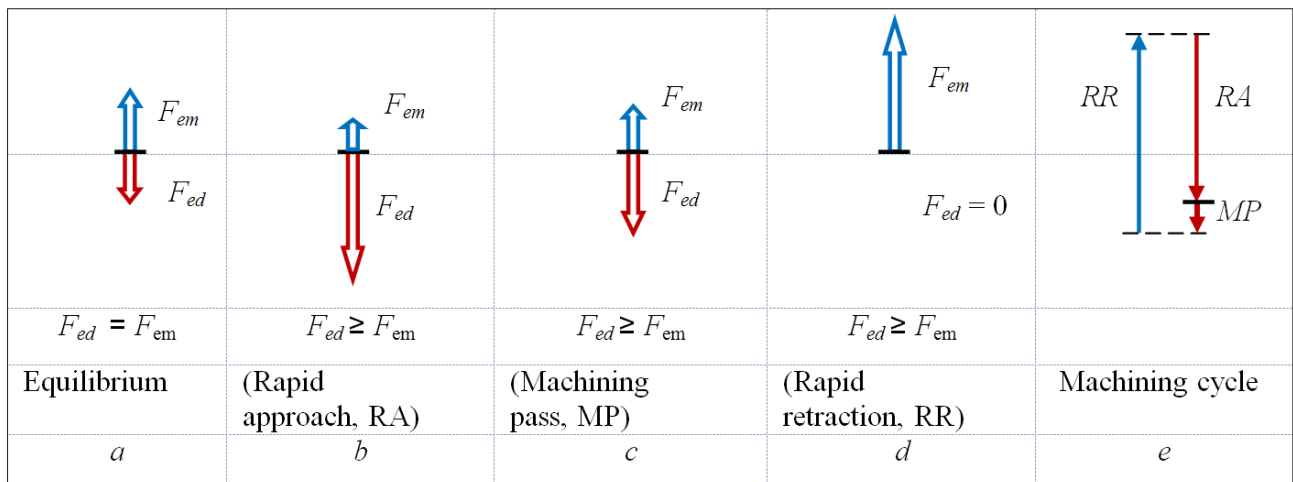


Figure 2 – Formation of a technological cycle based on a system of two oppositely directed forces: \bar{F}_{em} and \bar{F}_{ed} .

The developed system includes a CNC device at the upper control level and an adaptive mechatronic mechanism at the lower control level with intelligent control elements. The main element is a mechatronic parametric stabilizer of the power load. Experimental studies have demonstrated the effectiveness of a new method of drilling materials with pronounced anisotropy and variable hardness. The developed technological system based on mechatronic spindle has an option of automatic regulation of the process of drilling deep holes of small diameters. The system has flexibility of adjustment, modularity of structural design and the possibility of integration with information elements of artificial intelligence.

Данилова Л.М., Гладський М.М., Лапковський С.В.,
Фролов В.К.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ В УМОВАХ РОБОТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розробка нового виробу – це складний багатоступеневий процес, що пов'язаний з наданням його конструкції таких властивостей, які забезпечують максимально можливе зниження витрат праці, матеріалів і енергії на його розробку, виготовлення, експлуатацію та ремонт [1]. Технологічна схема роботизованого виробництва пов'язана з конструкцією виробу, проте не всі об'єкти виробництва за своїм конструктивним змістом допускають роботизацію.

Вироби, виробництво яких підлягає роботизації, повинні бути спеціально сконструйовані, тому до конструкції складальних одиниць в умовах роботизованого складального виробництва ставляться наступні вимоги.

1 Складальна одиниця повинна складатися з оптимальної кількості деталей. Скорочення числа деталей (до 10...30%) досягають заміною декількох деталей однією, виключенням деяких деталей, раціоналізацією конструкції виробу.

2 Складальна одиниця повинна забезпечувати концентрацію операційних переходів.

3 Складальна одиниця повинна забезпечувати застосування групових технологічних процесів.

4 Конструкція складальної одиниці повинна передбачати найкращий доступ до деталей, які входять до її складу.

5 Конструкція складальної одиниці повинна мати раціональне розташування мінімальної кількості поверхонь або деталей, що з'єднуються.

6 Типи з'єднань деталей в складальній одиниці повинні бути простими та легко виконуваними.

7 Конструкція складальної одиниці повинна забезпечувати дотримання принципу послідовності складання, тобто, відсутності проміжного розкладання або інших додаткових робіт.

8 Для кожної складальної одиниці кількість з'єднань з іншими складальними одиницями повинна бути мінімальною.

9 Кількість кінематичних пар та їх класи повинні бути підібрані таким чином, щоб забезпечувалося мінімальне число можливих рухів з'єднання.

10 Конструкція складальної одиниці повинна передбачати можливість застосування мінімального числа одночасно працюючих маніпуляторів. Так, 10...12 % з'єднань виконується по плоских поверхнях, близько 10 % – по циліндричних і конічних. Для реалізації вказаних з'єднань частіше за все необхідний один поступальний рух. Від 20 до 25 % з'єднань виконується по різьбових поверхнях, що вже вимагає комбінованого руху.

11 Бажано, щоб при складанні рухи з'єднання виконувалися з мінімального числа координатних напрямів, краще всього, з одного, а саме, зверху вниз.

12 При багаторазовому центруванні деталей перше центрування необхідно проводити зверху:



13 У вузлах виробу, що з'єднуються, повинні бути відсутні переплетення дротів, трубок, шлангів тощо.

14 Не повинні об'єднуватися в один вузол унікальні та уніфіковані вузли – для запобігання порушення уніфікації останніх.

15 Стикувальні поверхні унікальних вузлів повинні по можливості виконуватися однаковими.

16 Не допускається об'єднувати вузли з різними характеристиками зношування.

17 Ступінь взаємозамінності поверхонь деталей і вузлів виробу, що з'єднуються, повинен виключати необхідність проведення механічного оброблення та пригоночних робіт при складанні.

18 Конструкція окремих вузлів і всього виробу в цілому повинна забезпечувати кінематичну замкненість, яка запобігає можливості розпадання останнього на частини в процесі маніпулювання. Для маніпулювання кінематичними розімкненими вузлами треба використовувати спеціальні затискні пристрої або фальш-деталі, створюючи тимчасові кінематичні зв'язки.

19 Базова деталь в складальній одиниці повинна фіксуватися таким чином, щоб при її з'єднанні з іншими деталями не виникало змін її первинного положення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гриньова В.М., Салун М.М. Організація виробництва: підручник. – К.: Знання, 2009. – 582 с. <https://westudents.com.ua/knigi/159-organzatsya-virobnitstva-grinova-vm.html>

Данилова Л.М., Лапковський С.В., Никифоров А.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБІВ ДЛЯ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Адитивне виробництво (АВ) набуває популярності в промисловості, вирішуються завдання підготовки виробництва і виготовлення готової продукції у багатьох галузях, включаючи машинобудування.

Існують різноманітні технології, які можна назвати адитивними. Їх поєднує створення виробу не відділенням матеріалу від заготовки, як у традиційних «субтрактивних» технологіях), і не литтям, або пластичним деформуванням, як у «формативних» виробництвах, а пошаровим або локальним «нарощуванням» шляхом додавання матеріалу (рис.1).

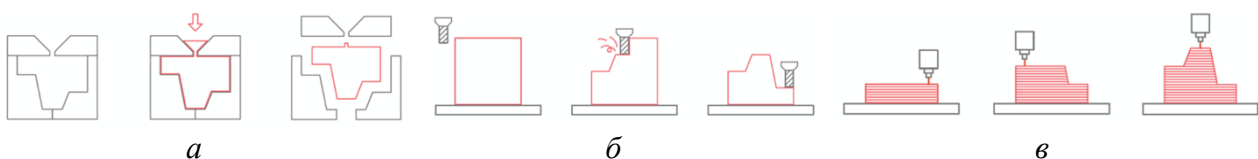


Рисунок 1 – Три основні типи виробництва: а – формативне виробництво; б – субтрактивне виробництво; в – адитивне виробництво

Американське товариство з випробувань та матеріалів (ASTM) «ASTM F42 – Адитивне виробництво» класифікує низку процесів адитивного виробництва за 7 категоріями:

- фотополімеризація (VAT Photopolymerisation);
- струменева подача матеріалів (Material Jetting);
- струменева подача зв'язуючого (Binder Jetting);
- екструзія матеріалів (Material Extrusion);
- спікання порошку (Powder Bed Fusion);
- ламінування листів (Sheet Lamination);
- пряме наплавлення (Directed Energy Deposition).

Формоутворення моделі, прототипу, або виробу базується на комп'ютерному 3D CAD проектуванні; комп'ютерній оптимізації конструкції об'єкта, виходячи з вимог форми, функціональних властивостей, технологічності. АВ є пошаровим виготовленням деталей, вибір процесів головним чином залежить від матеріалу деталі. Матеріали, які в даний час використовуються в АВ, це металеві, пластикові, керамічні або композитні матеріали в різних формах, таких як порошки, дроти, нитки або рідини.

Через відмінності в технологіях АВ, процесах і використовуваних матеріалах функціональні та геометричні властивості виготовлених деталей можуть різко відрізнитися.

Планування відповідного процесу АВ має здійснюватися на основі конкретних вимог застосування, матеріалів або розміру, якості обробки або допусків. Кореляції, пов'язані з параметрами процесу АВ, особливостями процесу та якістю продукту, дають розуміння отриманих допусків на розміри, шорсткості поверхні та дефектів, які обмежують ширше застосування АВ для високоякісних або критично важливих виробів.

Таблиця 1 – Особливості конструкції деталі

Геометричні форми	Тип поверхні	Розміри	Механічні особливості	Пов'язані вимірювання
Куби Пустотілі куби Плоский брус Циліндричні отвори Суцільні циліндри Порожнисті циліндри Сфери Конуси Канавки Отвори Похилені поверхні Звиси Площини	Перехідні Складні Однорідні Неоднорідні	Тонкі стінки Тонкі прорізи Тонкі циліндри Маленький отвір	Радіуси заокруглення Фаски Канавки З'єднання Кронштейни Порожнини Отвори	Шорсткість поверхні Лінійна точність Відхилення від площинності Відхилення від прямолінійності Відхилення від паралельності Відхилення від округлості Відхилення від співвісності

Актуальним є розроблення принципів, які допоможуть встановити взаємозв'язок геометрія-матеріал-процес-структура для розроблення експертних систем і проектування баз даних.

Правила проектування повинні враховувати потенціал дизайну, обмеження дизайну та можливості процесу. Ряд факторів, таких як розмір деталі, складність форми, точність деталі, якість поверхні, механічні властивості та функціональні вимоги, також мають враховуватись під час вибору параметрів процесу для даної конструкції.

У роботі [1] були розроблені рекомендації до проектування на основі традиційної технологічності. Правила проектування також мають включати допуски і враховувати особливості стандартних елементів: циліндрів, кутів, перехідних елементів. Кожен стандартний елемент має різні атрибути (наприклад, товщину, довжину, ширині деталей стандартні елементи комбінуються, а значення атрибутів змінюється в залежності від функціонального призначення деталі (табл. 1).

ЛІТЕРАТУРА

1 Mahesh Mani, Paul Witherell, Jacob Je, 2017, " Design Rules for Additive: A Categorization," Conference: ASME 2017 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference.

Данілін О.В., Кобзар О.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Основними споживачами електричної енергії (близько 70 %) промислових підприємств є електродвигуни. Найбільшого поширення серед всіх типів приводів набув асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором, який має ряд переваг над двигунами постійного струму послідовного чи незалежного збудження, що використовується в електротранспорті, а саме: простота конструкції та обслуговування, відносно невелика ціна, відсутність щіток, надійність, хороші показники ККД та коефіцієнта потужності. [1] Проте асинхронний двигун АД має свої недоліки, основним з яких є малий пусковий момент при досить великому струмі статора.

Технологічне завдання, що поставлене до тягового електротранспорту, характеризується широким діапазоном зміни моменту навантаження при фіксованому значенні заданого значення швидкості. Доцільне застосування законів екстремального керування – з одного боку, потрібне забезпечення максимально можливого моменту електроприводу на всьому діапазоні зміни швидкостей, з іншого боку при зміні моменту навантаження та задання на швидкість потрібне

збереження енергетичних показників ($\cos\phi$, ККД) на максимально можливому рівні. Тенденція збільшення вартості одиниці електричної енергії для споживачів, а також часті випадки дефіциту потужності (зниження якості енергії) в енергосистемі України вимагає від промислових підприємств запроваджувати енергоефективні технології з можливістю обмежувати споживану потужність [2].

Внаслідок масовості виробництва перетворювальної напівпровідникової техніки, вдосконалення технологій та зменшення цін все більшого поширення в різних галузях промисловості набуває система перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ-АД). Така система задовольняє як і умови до технічної частини регулювання (діапазон і швидкодія) так і з енергоефективною – ПЧ, який в своєму складі має фільтр електромагнітної сумісності, споживає з мережі тільки активну потужність, має високі показники ККД системи при регулюванні електропривода, хоч і вимагає відносно великих капітальних вкладень [3].

Оптимізаційна задача керування формулюється наступним чином: у кожній робочій точці приводу необхідно вибрати такий закон керування, яке доставить екстремум обраному показнику якості, а при виході струму або напруги статора на обмеження необхідно вибрати закон керування, що забезпечує максимальну переважувальну здатність λ .

Всередині робочої області приводу (до виходу струму або напруги статора на обмеження), як показник якості можливо вибрати наступне типове завдання оптимізації режимів двигунів: по мінімуму втрат (визначається струмом) при сталості головного магнітного потоку та обмеження реактивної потужності, що споживається від перетворювача або від мережі ($\Delta p \rightarrow \min$ при $\Phi_m \rightarrow const$)

При виході напруги та струму силового перетворювача на обмеження вирішується завдання екстремального керування за максимумом моменту ($m \rightarrow \max$). Для оцінки якості керування по максимуму електромагнітного моменту двигуна в скалярних системах введемо електромеханічний показник якості «електромагнітний момент/струм статора»:

$$C_M = \frac{M_e}{i_s} \rightarrow \max \quad (1)$$

Для розв'язання задачі максимізації моменту при обмеженнях виділяють три зони, умови досягнення максимуму в яких різні:

1 зона: при $0 \leq \omega \leq \omega_1$; $i_s = i_{гр}$; $u_s \leq u_{гр}$;

2 зона: при $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$; $i_s = i_{гр}$; $u_s = u_{гр}$;

3 зона: при $\omega > \omega_2$; $i_s \leq i_{гр}$; $u_s = u_{гр}$;

На рис. 1 показано ряд механічних характеристик при використанні в типовій скалярній системі керування закону, що доставляє максимум моменту при фіксованому струмі.

Граничний закон керування синтезується виходячи із забезпечення максимально можливого електромагнітного моменту двигуна в умовах обмежених ресурсів джерела живлення за гранично допустимим струмом та напругою. Статичний закон керування - при формуванні оптимальних законів керування двигу-

ном у встановлених режимах можливі різні підходи та відповідні закони керування [4], включаючи закон статичного керування при постійній потужності (відношення швидкостей пропорційне відношенню напруг в степені $1/2$).

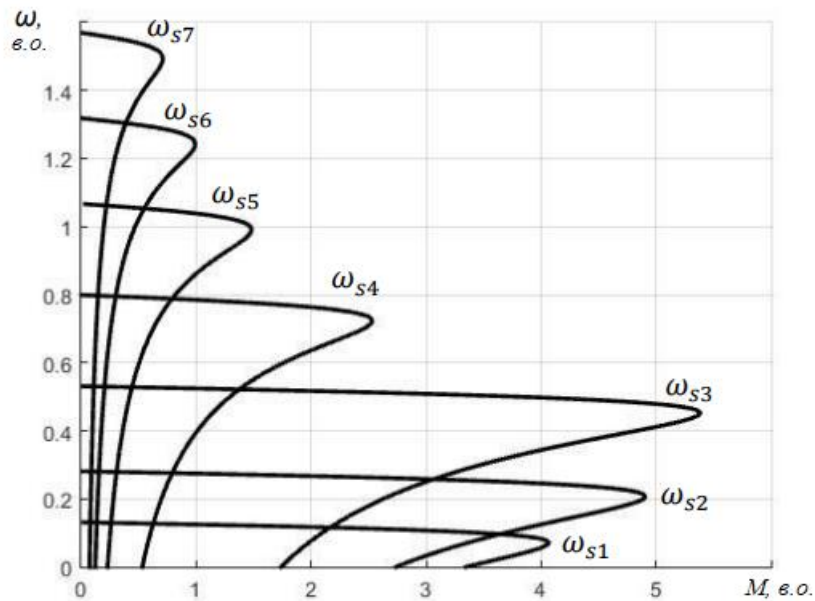


Рисунок 1 – Механічні характеристики частотно-регульованого приводу

Для реалізації поставленої оптимізаційної задачі, пропонується використати модернізовану систему скалярного керування ПЧ-АД, доповнено струмовою відсічкою статора АД з нелінійною роботою ПІ регулятора (рис. 2).

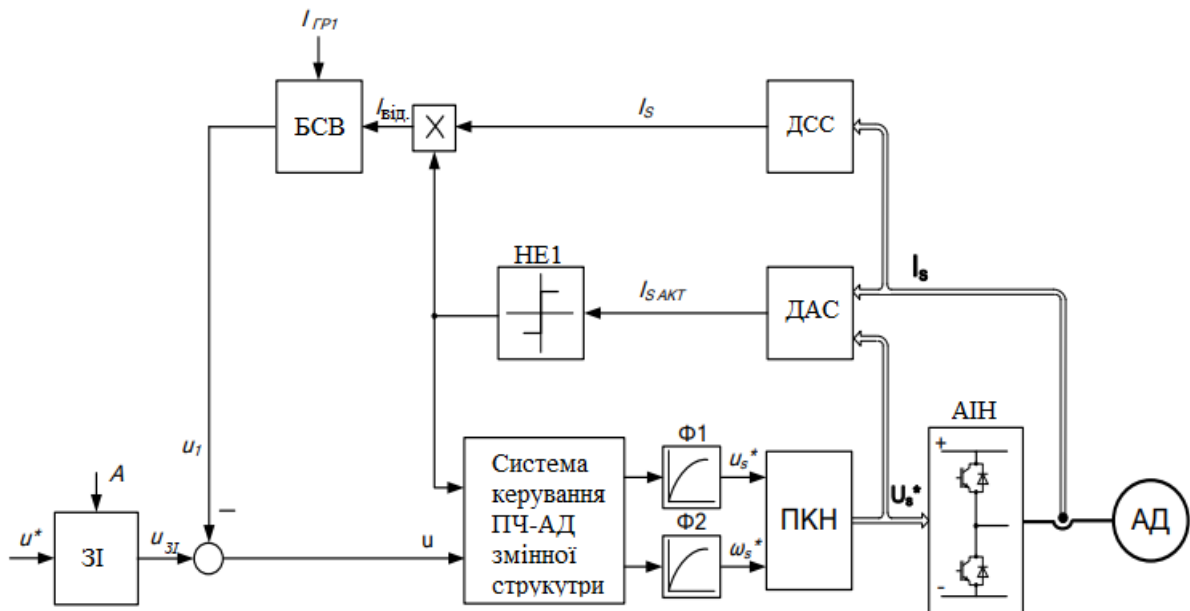


Рисунок 2 – Функціональна схема скалярної системи керування із системою струмообмеження

На схемі позначено: ЗІ – задатчик інтенсивності, який являє собою нелінійний пристрій, що обмежує темп (А) зміни в часі задаючого значення напруги u^* ; НЕ – нелінійний елемент; АІН – автономний інвертор напруги (мостовий); АД – асинхронний двигун; ДСС – датчик струму статора; ДАС – датчик активного

струму; Ф1, Ф2 – функціональний перетворювач; БСВ – блок струмової відсічки; ПКН – перетворювач координат напруги.

ЛІТЕРАТУРА

1 Петренко О.М. Визначення ефективності електрорухомого складу. Основні положення та підходи/ О.М. Петренко, Б.Г. Любарський // Інформаційнокеруючі системи на залізничному транспорті – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – № 6. – С. 8-13

2 Попович М. Г. Теорія електропривода: Підручник / За ред. Поповича М. Г. –К.:Вища школа, 1993. – 494с.

3 Мигаль В.Д., Аргун Щ.В. Вибір методу оцінки якості асинхронних тягових електродвигунів для електробусів // Автомобіль І Електроніка Сучасні Технології. 2019. Вип. 15. С. 105–113.

4 Карплюк Л. Ф. Вибір системи регулювання для електроприводів транспортних механізмів / Л. Ф. Карплюк // Вісник НУ «Львівська політехніка», «Електроенергетичні та електромеханічні системи». – 1997. – № 334. – С. 57–59

Дев'яткіна С.С., Єрмолаєв М.Р.
Національний авіаційний університет

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА МОДЕЛЬ ІНСТРУКЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОСИГНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АЕРОДРОМУ ПРИ ВІДМОВІ ОКРЕМИХ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

Світлосигнальна система аеродрому (ССА) складається з великої кількості аеродромних вогнів і є єдиним джерелом візуальної інформації для екіпажу повітряного судна (ПС) що виконує зліт, захід на посадку, посадку, пробіг і руління ПС на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах (СМУ) вдень і вночі. За умови правильного функціонування бортового та наземного радіотехнічного обладнання надійність ССА є основним чинником, що визначає рівень безпеки польотів на етапі візуального пілотування в СМУ.

В процесі технічної експлуатації ССА дуже важливо знати, як відмови окремих її підсистем та елементів впливають на забезпечення технологічних операцій на аеродромі. Іншими словами, що змінюється у здатності аеродрому забезпечувати функції руління ПС, зльоту або кінцевого етапу заходу на посадку та посадки ПС, тобто, як змінюються параметри експлуатаційного мінімуму аеродрому. Для відповіді на це питання необхідно чітко розуміти критерії відмови ССА та її підсистем і елементів, та яким чином вони впливають на забезпечення технологічних операцій на аеродромі.



В роботі [1] розглядається теоретичний підхід до обґрунтування критеріїв відмови складних топологічних світлосигнальних систем. Застосування цього методу дозволяє в умовах відсутності тренажерних випробувань обґрунтувати кількісну ознаку критерія відмови для всіх підсистем конкретного аеродрому, з урахуванням його індивідуальних особливостей.

У тезах доповіді [2] аналізується підхід до обґрунтування введення певних обмежень для функції зльоту та посадки по дальності видимості на злітно-посадковій смузі (ЗПС) у випадках відмов різних підсистем за кількісною та топологічною ознаками, при відмові елементів системи електропостачання тощо.

Метою даної доповіді є застосування вищезначених підходів до визначення критеріїв відмов та обґрунтування обмежень по дальності видимості на ЗПС у випадках відмов різних елементів ССА на прикладі аеродрому «Одеса», з урахуванням його індивідуальних особливостей.

Наявність науково обґрунтованих критеріїв відмови для всіх підсистем аеродрому, що перебувають в експлуатації, дозволяє чітко визначати та прогнозувати вид технічного стану підсистем ССА та ССА в цілому. Наявність даних про вид технічного стану підсистем ССА дозволяє експлуатанту аеродрому мати актуальну та достовірну інформацію про зміну параметру експлуатаційного мінімуму, а саме дальності видимості на ЗПС, у випадках відмов елементів ССА, які до цієї зміни приводять. Цей факт, у свою чергу, дозволяє аеродрому своєчасно вжити організаційно-технічних заходів для компенсування ризику, що об'єктивно зростає при відмовах аеродромного обладнання. Розробка комплексу заходів для компенсування ризику у випадках відмов елементів ССА базується на виконанні вимог Стандартів і Рекомендованої практики ІКАО [3] та потребує індивідуалізованого підходу та глибоко аналізу технічних можливостей та особливостей аеродрому. Розрахунки обмежень щодо значень дальності видимості на ЗПС при відмовах підсистем ССА виконувались на підставі вимог документу ІКАО [4].

В результаті проведеної роботи була розроблена Інструкція з використання ССА у випадках відмов окремих її елементів. Інструкція охоплює всі підсистеми ССА та містить багато таблиць, тому була виконана її комп'ютеризація за спеціально розробленою програмою, фрагмент якої представлений нижче.

Відмова підсистеми ССА за кількісною ознакою			
Впливає на параметри експлуатаційного мінімуму аеродрому			
Вид технічного стану ССА та відповідне рекомендоване значення дальності видимості на ЗПС (RVR)			
 ЗЛЬОТ	 ПОСАДКА		
	(MDH = 115 м)	(MDH = 130 м)	(MDH = 145 м)
1. Працездатний стан ССА	1. Стан зниженої працездатності ССА. Зміна класу підсистеми вогнів наближення до нульового (Nil facilities)		
2. Значення RVR без змін	2. Рекомендоване значення RVR/VIS \geq 2100 м	2. Рекомендоване значення RVR/VIS \geq 2350 м	2. Рекомендоване значення RVR/VIS \geq 2650 м

Висновки. На базі аналізу вимог Стандартів та Рекомендованої практики ІКАО обґрунтовані критерії відмови різних підсистем ССА аеродрому «Одеса», що дозволило визначити вид їх технічного стану та вплив на параметри експлуатаційного мінімуму. Розроблено організаційно-технічні заходи щодо мінімізації

наслідків впливу відмов ССА на рівень безпеки польотів на аеродромі. За результатами аналізу розроблено комп'ютеризовану модель Інструкції по використанню ССА аеродрому «Одеса» у випадках відмов окремих її елементів.

ЛИТЕРАТУРА

1 Дев'яткіна С.С., Горлова С.О. Критерії відмови складних топологічних світлосигнальних систем. Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: тези доп. II Всеукр. наук.- практ. конф. молодих учених та студентів, 6-9 жовтня 2015 р./ Ів.-Франк. Нац. техн. ун-т нафті і газу, Івано-Франківськ, 2015 С. 202-203. <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/7942/1/7593p.pdf>

2 Дев'яткіна С.С. Використання світлосигнальних систем аеродромів зі зниженим рівнем якості. Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2022): тези доп. XV міжнар. наук.-прак. конф. м. Київ, 17-18 травня 2022 р. /НАУ, Київ, 2022. С. 150-152.

3 Annex 14 to the Convention of International Civil Aviation. Aerodromes. Volume I. Aerodrome Design and Operations. ICAO International Standards and Recommended Practices, 9th edition, 2022, ISBN 978-92-9265-735-2.

4 Doc 9365. Manual of All-Weather Operations. ICAO International Standards and Recommended Practices, 4th edition, 2017. ISBN 978-92-9258-235-7.

Дев'яткіна С.С., Сичук О.М.
Національний авіаційний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІЗУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ НА АЕРОДРОМАХ ЗІ СКЛАДНИМ РЕЛЬЄФОМ МІСЦЕВОСТІ

В Україні, особливо в західній її частині, є аеродроми зі складним рельєфом місцевості, наприклад, в таких містах, як Ужгород, Львів, Чернівці та інші. Найбільш складним для виконання польотів є міжнародний аеропорт «Ужгород», злітно-посадкова смуга (ЗПС) якого розташована в 150 метрах від кордону зі Словаччиною. Ліворуч по курсу заходу на посадку зі сторони Словаччини на відстані 350 м від ЗПС розташований пагорб висотою до 70 м. З протилежного напрямку посадки, зі сторони міста, також, є пагорб висотою до 45 м, на якому побудовано багато житлових будинків, що створюють перешкоди для повітряних суден (ПС) і призвели до зміщення порогу ЗПС на 638 м, тобто наявна посадкова дистанція при заході на посадку зі сторони міста суттєво зменшилась і становить лише 1400 м.

На додаток до цього на аеродромі відсутні засоби точного заходу на посадку з обох магнітних курсів, через що мінімальна висота зниження при заході на посадку становить не менше ніж 205 м для всіх категорій ПС. Наявність висотних перешкод зі сторони міста тягне за собою заборону зльоту в напрямок міста та практично унеможливорює перервану посадку з позицій безпеки польотів. Посадка зі сторони міста дозволяється тільки вдень при візуальних метеорологічних умовах, тобто при висоті хмар не менш ніж 400 м і видимості не менш ніж 5000 м. З усього сказаного випливає, що при виконанні польотів на аеродромі

«Ужгород» та інших аеродромах зі складним рельєфом місцевості надзвичайно зростає роль етапу візуального пілотування та його забезпечення наземними візуальними засобами для компенсації об'єктивно існуючих збільшених ризиків через індивідуальні особливості аеродрому.

Метою даної доповіді є обґрунтування двох варіантів організаційно-технічних рішень для зменшення рівню ризиків на етапі візуального пілотування під час посадки та зльоту ПС.

Стандартами та Рекомендованою практикою ІКАО [1] для підвищення ситуаційної поінформованості екіпажу ПС про прийняття рішення щодо необхідності відходу на друге коло при виконанні заходу на посадку пропонується встановлення на ЗПС простих вогнів зони приземлення (рис. 1).

Підсистема складається з двох аеродромних вогнів заглибленого типу, що встановлюються на останньому маркувальному знаку зони приземлення з обох боків від осьовій лінії ЗПС з інтервалом 1,5 м між парою вогнів (рис.1). Встановлення та подальша технічна експлуатація підсистеми простих вогнів приземлення набагато простіші та економніші порівняно з стандартною підсистемою вогнів зони приземлення. Разом з тим, позитивний ефект від їх використання на аеродромах зі складним рельєфом місцевості є безперечним, адже сприятиме підвищенню рівня безпеки польотів під час кінцевого етапу заходу на посадку.

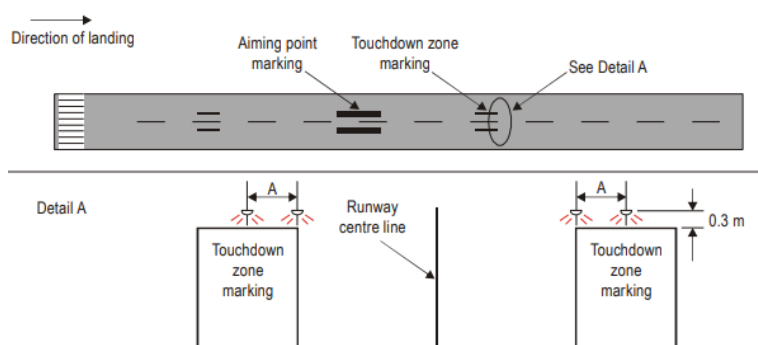


Рисунок 1 – Підсистема простих вогнів зони приземлення

Існує ще одна проблема на етапі візуального пілотування під час зльоту на аеродромах зі зміщеними порогами («Ужгород», «Львів» тощо), як полягає в наступному. Дальність видимості на ЗПС визначається розрахунковим шляхом за формулою Алларда [2]:

$$E = \frac{I T^V}{V^2}$$

де E – освітленість на сітківці ока спостерігача; I – сила світла джерела, що спостерігається; T – коефіцієнт пропускання атмосфери (прозорість на одиницю довжини); V – відстань спостереження джерела світла.

Якщо пілот, перебуваючи на виконавчому старті ЗПС зі зміщеним порогом, бачить червоні бічні вогні ЗПС зміщеного порогу замість білих, то у чисельнику формули Алларда значення сила світла I буде суттєво знижене (коефіцієнт пропускання червоного світлофільтру складає 9-14 %). Цей факт означає, що

при зльоті з ЗПС зі зміщеним порогом пілот не зможе правильно визначити дальність видимості на ЗПС, адже він просто не побачить червоні бічні вогні ЗПС при видимості 350 м і менше. В якості підвищення ефективності візуальних засобів забезпечення польотів пропонується встановити на зміщеному порозі поруч з бічними вогнями червоного кольору бічні вогні ЗПС білого кольору із силою світла 10,0 ккд і вмикати їх тільки при виконанні зльоту з зміщеного порогу ЗПС, а бічні вогні червоного кольору вимикати. Реалізувати таку процедуру можна за допомогою системи дистанційного керування вогнями. Це дасть можливість пілоту орієнтуватися тільки на бічні вогні ЗПС білого кольору, правильно визначати дальність видимості на ЗПС, що гарантує прийнятний рівень безпеки польотів під час зльоту.

Висновки. Запропоновано шляхи підвищення ефективності аеродромних візуальних засобів для аеродромів з підвищеним рівнем ризику на етапі візуального пілотування через складний рельєф місцевості та зміщення порогів ЗПС, що сприятиме зниженню ризиків щодо безпеки польотів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Annex 14 to the Convention of International Civil Aviation. Aerodromes. Volume I. Aerodrome Design and Operations. ICAO International Standards and Recommended Practices, 9th edition, 2022, ISBN 978-92-9265-735-2.

2 Doc 9157. Aerodrome Design Manual. Part 4. Visual Aids. ICAO International Standards and Recommended Practice, 5th edition, 2020.

Derevianchenko A.G., Chumachenko T.V.
Odesa Polytechnic National University

AN APPROACHES TO DEVELOPMENT SYSTEM FOR MONITORING SURFACE DEFECTS OF MACHINE PARTS

A large number of works of domestic and foreign scientists are devoted to the issue of automation of methods and systems for determining defects in machine parts. This fact indicates the relevance of research and development in this direction.

The system for monitoring surface defects of machine parts is been developed at the MIM Department of the Odesa Polytechnic National University.

The following elements are defined in the structure of this system: specialized technical vision system, which is controlled remotely; system for illumination defects surfaces; device for moving a digital camera in three directions; personal computer.

The most common surface defects are surface cracks. The main stages of processing digital images of parts surface cracks and other defects are displayed in table 1.

It was developed software modules for:

- pre-processing of digital images of parts working surfaces;
- selection of contours of parts surface defects;

- determining the complex of informative parameters of defect contours;
- determining the set of texture parameters of parts defect zones;
- complex classification for recognizing classes of parts defects.

Table 1 – The main stages of processing digital images of parts surface cracks and other defects

	Stage name	Note
1	Entering a cracks digital image into the software complex	These steps are performed when processing digital images of surface cracks
2	Determination of the brightness threshold of the image, which is used for the operation of selecting contours of cracks zones	
3	Selection of contours of surface cracks	
4	Determination of the complex of cracks parameters	
5	Performing the defect class recognition operation	These steps are performed when processing digital images of other defects

The scheme of processing a digital image of a surface crack and generating a set of its parameters is shown in Fig. 1.

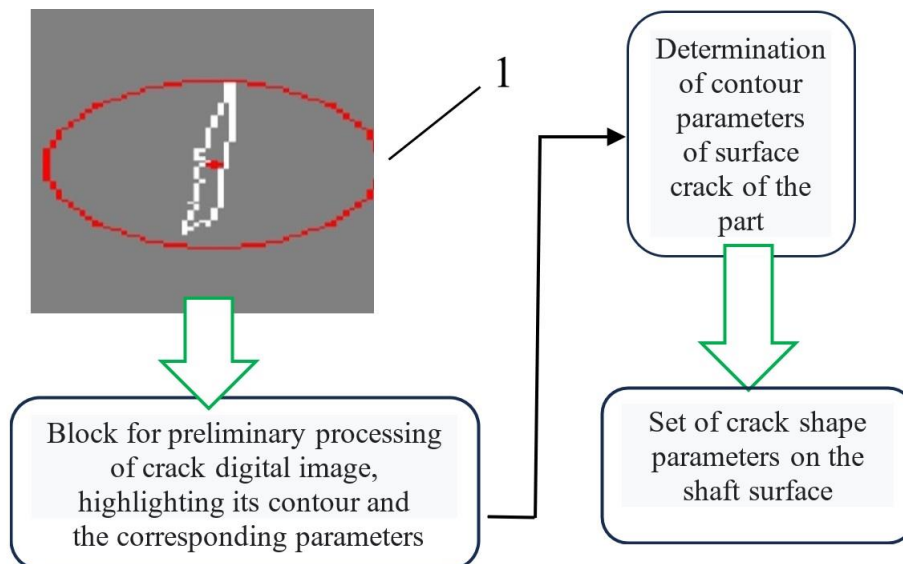


Fig. 1. Scheme of processing a digital image of a surface crack and generating a set of its parameters

Set of crack shape parameters on the shaft surface is shown in table 2

Table 2 – Basic parameters of surface crack contours

Names of surface crack contour parameters	P_{r_k}	H_{\max}	W_{\max}	S_k	Y_C, X_C	R_{\min}, R_{\max}
	Contour peri-meter	Maximum contour height	Maximum contour width	Contour square	Center of contour “gravity coordinates”	Radius of inscribed and circum-scribed circles

Now software for automatic recognition of classes of defects on the surfaces of parts, based on the results of their monitoring, is developed.

ПІДХІД ДО КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ МІКРОСТРУКТУР МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МІКРОСКОПУ

Питанням автоматизації процесів дослідження мікроструктур конструкційних матеріалів з використанням комп'ютерних мікроскопів присвячена велика кількість робіт вітчизняних та зарубіжних вчених.

На кафедрі МІМ національного університету «Одеська політехніка» такий мікроскоп створений шляхом модернізації мікроскопа МІМ 7.

Розроблено спеціальний програмний комплекс для обробки цифрових зображень інформативних зон мікروشліфів, проведення кількісного та якісного аналізу компонентів мікроструктур (КМ).

Деякі з результатів такого аналізу відображені на рис. 1 і рис. 2.

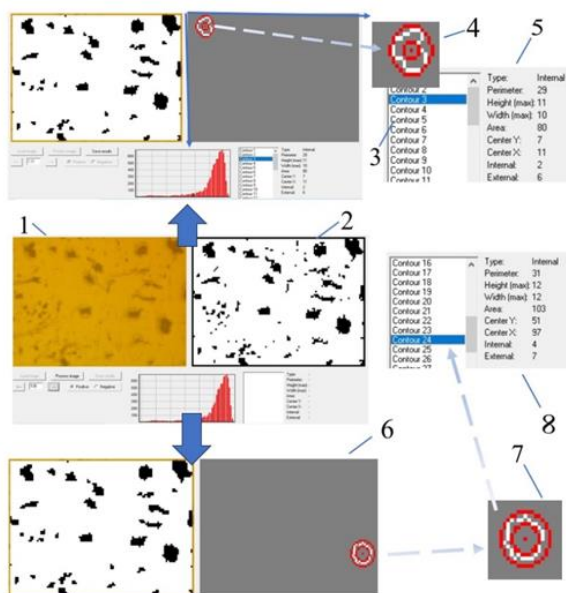


Рисунок 1 – Елементи комплексного аналізу мікроструктури чавуну

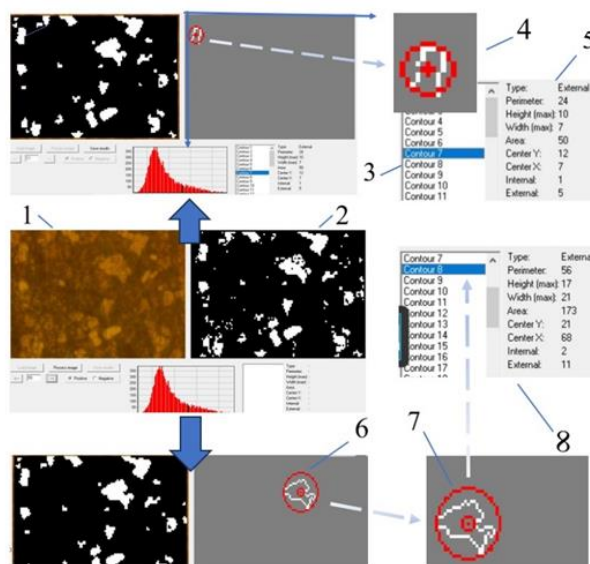


Рисунок 2 – Елементи комплексного аналізу мікроструктури сталі 45 після термічної обробки

Тут: 1 – початкове зображення зони мікروشліфу у форматі RGB; 2 – бінарне зображення; 3 – множина контурів КМ; 4 – компонент мікроструктури; 5 – множина параметрів форми КМ; 6 – поле з окремим КМ; 7 – окремий КМ; 8 – множина параметрів форми КМ.

На рис. 2 представлені елементи комплексного аналізу мікроструктури сталі 45 після термічної обробки.

Проведені дослідження підтвердили придатність розробленого програмного забезпечення для проведення комплексного аналізу мікроструктур конструкційних матеріалів.

У нинішній час проводиться розробка програмного комплексу для багатоврівневого розпізнавання КМ матеріалів.

Дергоусов В.М., Нежебовський В.В.,
АТ «Харківський машинобудівний завод «СВІТЛО ШАХТАРЯ»
Клочко О.О., Пермяков О.А.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ПРО ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ РЕДУКТОРІВ ВУГІЛЬНИХ КОМБАЙНІВ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Вугільна промисловість України потребує розробки та впровадження високоефективних очисних комбайнів нового покоління. АТ «ХАРКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД «СВІТЛО ШАХТАРЯ» є найбільшим підприємством з випуску гірничошахтного обладнання, одне з найстаріших підприємств вугільної галузі України (у 2021 році заводу виповнилося 130 років). На даний час завод серійно виготовляє велику номенклатуру гірничошахтного обладнання, у тому числі очисні та прохідницькі комбайни.

Комбайн очисний УКД200-500 (рис. 1) призначений для механізованого вилучення вугілля у складі очисних комплексів, в очисних вибоях пологих і похилих пластів потужністю 0,85 – 1,5 м, що рухаються по простяганню з кутами нахилу до 35°, а також по повстанню та падінню з кута 10°, при опірності вугілля різанню до 400 кН/м. Компонувку комбайна наведено на рис. 2.

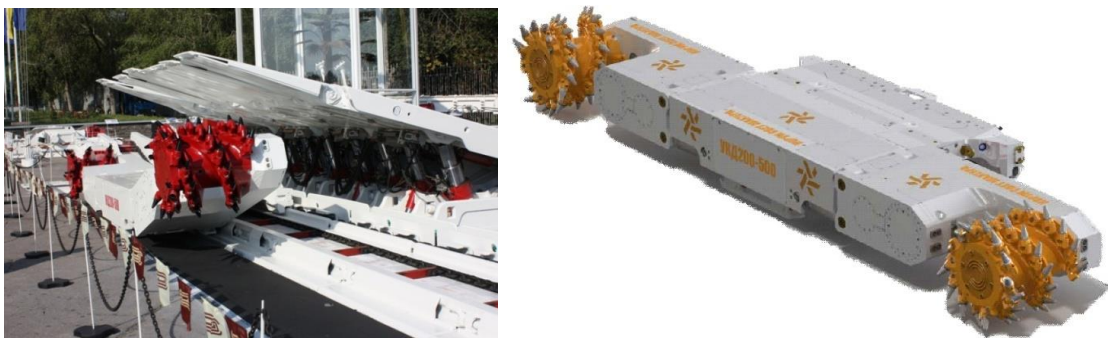


Рисунок 1 - Комбайн очисний УКД200-500

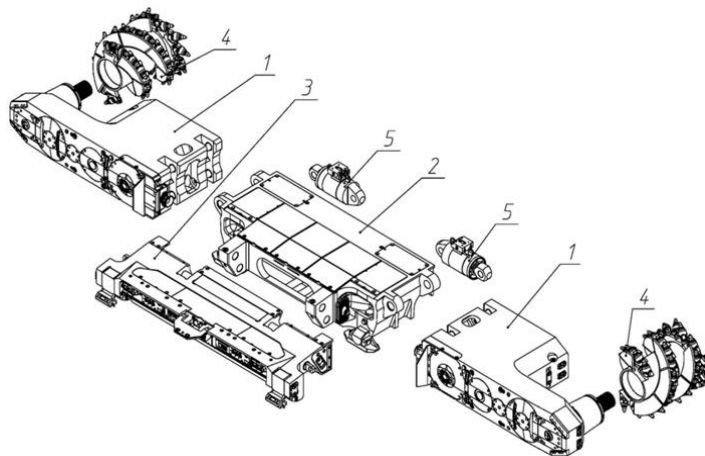


Рисунок 2 – Компонувка очисного комбайна УКД200-500:
1 – ріжуча частина; 2 – рама; 3 – портал; 4 – шнековий виконавчий орган (лівий/правий);
5 – гідродомкрат

Комбайн є машиною різальної дії, оснащеною шнековими виконавчими органами (рис. 3) для руйнування і навантаження вугілля на конвеєр.

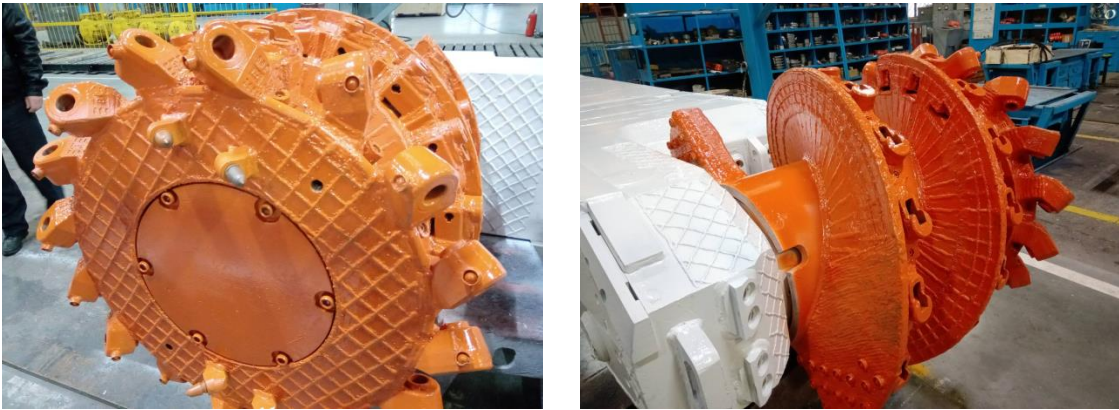


Рисунок 3 – Шнековий виконавчий орган (лівий/правий)

Ріжуча частина комбайну містить привод головного руху шнекового виконавчого органу, який є важконавантаженим багатоступеневим зубчастим редуктором, від надійності та довговічності якого в першу чергу залежить термін експлуатації комбайну. В свою чергу ефективна експлуатація крупногабаритних редукторів важкого машинобудування в значній мірі залежить від контактної міцності зубчастих коліс, яка збільшується з підвищенням поверхневої твердості зубців. Несуча здатність зубчастих передач по контактній міцності збільшується з підвищенням поверхневої твердості зубців. Підвищення твердості поверхні зубців з 32 HRC до 62 HRC дозволяє вдвічі зменшити габарити редуктора і в 3 рази зменшити його масу. Виготовити високоточні загартовані крупномодульні зубчасті колеса, ступінь точності яких 6В ... 8В, що працюють у широких діапазонах зміни швидкостей (від 0,5 до 10 м/с), потужностей (від 50 Квт до 50000 Квт), мають модуль до $m = 65$ мм, у багатьох випадках практично неможливо через відсутність технологічного устаткування, інструментального забезпечення, технологічних регламентів чистової зубообробки та недостатність досліджень з питань забезпечення якості поверхневого шару загартованих крупномодульних зубчастих коліс.

Науково-технічне завдання підвищення ефективності дрібносерійного виробництва редукторів очисного комбайну УКД200-500 пов'язане із загальною проблемою розробки та освоєння гірничодобувного устаткування, транспортних, енергетичних систем, приводи яких містять крупногабаритні редуктори з крупномодульними зубчастими передачами ($m = 12...20$ мм). Загальна технологія виготовлення крупногабаритних редукторів комбайнів охоплює комплекс технологій з оброблення окремих виробів – елементів зубчастих передач, валів, корпусів та ін. Тому технологічне забезпечення продуктивності, точності та якості обробки загартованих крупномодульних зубчастих коліс є актуальною задачею важкого машинобудування, вирішення якої забезпечить підвищення ефективності виготовлення гірничодобувного устаткування, приводи яких містять редуктори з крупномодульними зубчастими передачами.

Дергоусов В.М., Нежебовський В.В.
Corum Svet Shakhtyora
Новіков Ф. В., Новіков Д.Ф.
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця
Пермяков Є.О., Клочко Л.В., Федоренко В.С.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ДЕФЕРЕНЦОВАНИЙ МЕТОД ТА ЗАСІБ КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ

Вибір принципів схем і методів контролю шліцьових з'єднань тісно пов'язаний з похибками їх виготовлення. Всі похибки шліцьових з'єднань, від яких залежать їх взаємозамінність і експлуатаційні якості, можна розділити на три основні групи:

– похибки лінійних розмірів – розміру внутрішнього і зовнішнього діаметрів зубів, товщини зубів валу або ширини западин втулки, величини радіуса заокруглення або фаски у зуба валу і впадини втулки;

– похибки форми окремих елементів – відхилення профілю поздовжнього перерізу і відхилення від круглості внутрішньої або зовнішньої циліндричної поверхні, відхилення від прямолінійності осі внутрішньої або зовнішньої циліндричної поверхні, відхилення від прямолінійності бічних поверхонь зубів в поздовжньому і поперечному (для прямокутних зубів) напрямках;

– похибки взаємного розташування окремих елементів – відхилення від паралельності бічних поверхонь зубів і впадин щодо осі деталі, похибка кроку зубів або впадин, відхилення від концентричності зовнішнього і внутрішнього діаметрів зубів валу і впадин втулки.

Для з'єднань з евольвентним профілем товщину зубів валу і ширину впадин втулки контролює за допомогою роликів. Перевірка цим методом зводиться до вимірювання відстані M між зовнішніми поверхнями двох роликів однакового діаметру D_m , вкладених в дві найбільш віддалені одна від одної впадини валу або втулки (рис. 1).

Товщина зуба валу або ширина впадини втулки будуть перебувати в межах допуску, якщо дійсний розмір M буде не менше найменшого M^a і не більше максимального M^b граничних розмірів між роликками, які при парному числі зубів визначають за такими формулами.

Для валу:

$$M_a^M = \frac{d \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_{pm}} + D_m; \quad 1$$

$$M_a^b = \frac{d \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_{pb}} + D_m, \quad 2$$

де d – діаметр ділительного кола шліцьового з'єднання; α – кут профілю зуба; α_{pm} і α_{pb} – відповідно найменший і найбільший кути тиску в місці доторкання ролика з профілем зуба.

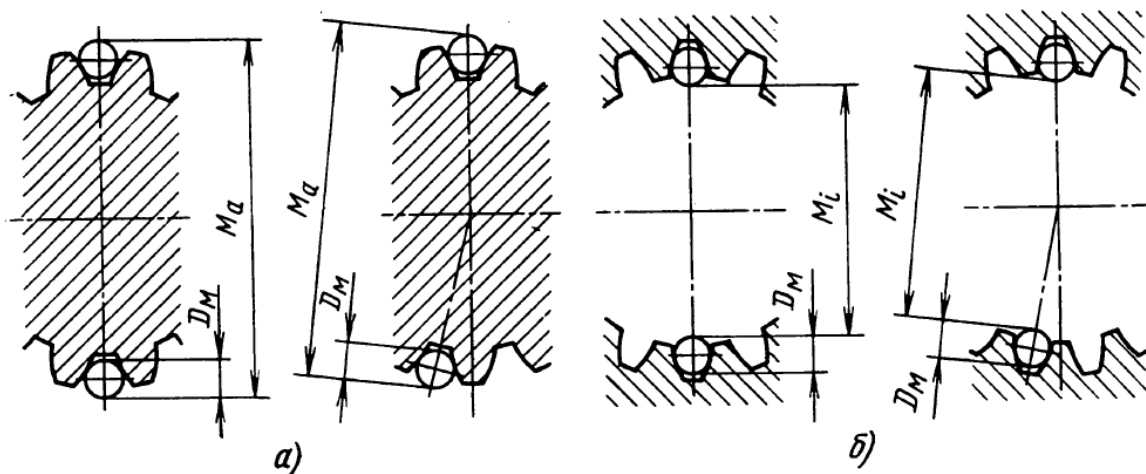


Рисунок 1 – Схема контролю ширини зубів валу (а) і ширини впадин втулок (б) евольвентного шліцьового з'єднання: M_a – відстань між зовнішніми поверхнями роликів для валів; M_i – відстань між зовнішніми поверхнями роликів для втулок; D_M – діаметр ролика

Значення $\alpha_{рм}$ і $\alpha_{рб}$ знаходять за таблицею евольвентних функцій, для чого попередньо визначаються значення $inv\alpha_{рм}$ і $inv\alpha_{рб}$ за формулами:

$$inv\alpha_{рм} = \frac{s+ei}{d} + inv\alpha + \frac{D_M}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{\pi}{z}; \quad (3)$$

$$inv\alpha_{рб} = \frac{s+es_e}{d} + inv\alpha + \frac{D_M}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{\pi}{z}; \quad (4)$$

де s – номінальна ділильна окружна товщина зуба валу; ei і es_e – відповідно нижнє і верхнє відхилення товщини зуба (з урахуванням знаку).

Для отвору:

$$M_i^M = \frac{d \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha_{рм}} - D_M; \quad (5)$$

$$M_i^b = \frac{d \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha_{рб}} - D_M; \quad (6)$$

де $\alpha_{рм}$ і $\alpha_{рб}$ визначаються за формулами:

$$inv\alpha_{рм} = \frac{\pi}{z} + inv\alpha - \frac{D_M}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{e-EI_e}{d}; \quad (7)$$

$$inv\alpha_{рб} = \frac{\pi}{z} + inv\alpha - \frac{D_M}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{e-ES}{d}; \quad (8)$$

де e – номінальна ділильна окружна товщина впадини втулки; EI_e і ES – відповідно нижнє і верхнє відхилення ширини впадини втулки.

При непарному числі зубів:

$$M'_a = \frac{M_a \cdot \cos 90^\circ}{z}; \quad (9)$$

$$M'_i = \frac{M_i \cdot \cos 90^\circ}{z}. \quad (10)$$

Вимірювання товщини зуба валу і ширини впадини втулки евольвентних шліцьових з'єднань з профілем зубів по ГОСТ 6033–80, з центруванням по бічних поверхнях зубів виробляють по ГОСТ 2475–88, який встановлює значення діаметрів роликів, номінальних розміри між роликами M і коефіцієнтами відхилення цих розмірами k . Граничні відхилення E_M розміру між роликами розраховують по граничних відхиленнях товщини зуб валу E_s або ширини впадини втулки E_e за допомогою коефіцієнта відхилення

$$E_{Ma} = E_s \cdot k_a; \quad (11)$$

$$E_{mi} = E_e \cdot k_i; \quad (12)$$

де k_a і k_i – коефіцієнти відхилення відповідно для валу і втулки.

Величина фаски контролюється масштабною лінійкою, штангенциркулем, лупою з поділками або на інструментальному мікроскопі.

Відхилення профілю поздовжнього перерізу внутрішньої (при centruванні по d) або зовнішньої (при centruванні по D) циліндричної поверхні і відхилення від круглості цих поверхонь мають значення, перш за все, для високоточних шліцьових з'єднань. Засобами контролю є мікрометр або індикаторна скоба (для валу) або прилад для внутрішніх вимірювання (для втулки). По різниці відліків при вимірюванні діаметру в двох крайніх положеннях по довжині валу або втулки, що знаходиться в одній осьовій площині, визначається конусопо-дібність.

Перевірку відхилень від прямолінійності осі внутрішньої (при centruванні по d) або зовнішньої (при centruванні по D) циліндричної поверхні валу виконується в призмах або центрах приладу, коли є впевненість в співвісності підшипникових шийок і центрів валу. При вимірі вал встановлюють на шийках у призмах або в центрах. По циліндричній поверхні встановлюють вимірю-вальну головку і, обертаючи деталь від руки, визначають максимальну різницю показань головки за один оборот валу. При цій перевірці приймається, що радіальне биття рівно подвоєній величині відхилення від прямолінійності. Перевірку проводять в трьох перетинах – в середині і по кінцях зубів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Анділахай О.О., Ключко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Старченко Є.П. Технологічні засоби обробки крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань з модифікацією зубо-різного інструменту: Машино-будування і зварювальне виробництво / Наука та виробництво : міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – Мариуполь : ДВУЗ «ПДТУ», 2019. – Вип. 19. – С. 50–63.

Дерябкіна Є.С., Мисак П.І.
Державний біотехнологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ВАКУУМ-ПЛАЗМОВИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ

Проблема підвищення працездатності інструментів зі швидкорізальних сталей на сучасному етапі розвитку зміцнюючих технологій є найбільш актуальною, що пояснюється істотним відставанням технологічних розробок у цій області й більш скромними результатами (у порівнянні з інструментами із твердих сплавів).

Основними параметрами, що впливають на режим іонного бомбардування, є енергія бомбардування і її тривалість [1]. З метою визначення оптимальних режимів бомбардування чотирьохгранні пластини, що непереточуються, з твердого

сплаву ВК60М оброблялися іонами і нейтральними частинками молібдену. Бомбардування проводилося протягом 80, 180 і 240 с, а на підложку подавалася негативна напруга 500, 1000 і 1500 В. Визначена залежність довжини обробки по гвинтовій лінії від швидкості різання $\alpha=f(v)$ при гострінні сталі 12X18H10T і визначене поле розсіювання стійкості для контрольних пластинок і пластинок, підданих іонному бомбардуванню. Оптимальними є напруга 1000 В и час 180 с. Зменшення напруги й часу бомбардування не змушує поле розкиду стійкості, збільшення їх - зменшує розкид, однак стійкість також трохи знижується. По цій же причині штабики, призначені для визначення міцності, зазнали обробці іонами матеріалів, що випаровуються, при тих же режимах.

Досліджувалася міцність твердосплавних штабиків ВК6, ВК6М, ВК60М, ВК10М с покриттями на основі нітриду молібдену і зразків, підданих іонному бомбардуванню молібденом, вольфрамом, хромом, титаном у суміші з азотом, Кожна випробовувана партія нараховувала не менш 20 зразків. З результатів експериментів по визначенню межі міцності при вигині зосередженим навантаженням впливає, що міцність усіх досліджених партій твердих сплавів не знижується в результаті бомбардування і нанесення покриттів з нітриду молібдену. Для менш міцних і дрібнозернистих сплавів ВК60М, ВК10М має місце збільшення межі міцності при вигині σ_{cr} на 10-15 %. Слід відмітити, що різниця між міцністю твердого сплаву з покриттям з нітриду молібдену і сплаву, підданого тільки одній іонній обробці, несуттєва. Деяке збільшення міцності при нанесенні шару покриття після іонного бомбардування, очевидно, пов'язане зі створенням гетерогенного шару, що дозволяє забезпечувати плавний перехід по твердості від шару, що контактує з основою, тобто з одержанням підкладки, що демпфірує, здатної загальмувати розвиток тріщин або повністю зупинити їх розвиток.

Однак іонне бомбардування змінює міцнісні характеристики твердого сплаву вибірково. Якщо межа міцності зразків, які руйнувалися з імовірністю 75% і вище, практично мало відрізняється для всіх випробовуваних зразків, то для зразків з імовірністю руйнування 30% і менше, відмінність для всіх партій випробовуваних зразків суттєва. Наприклад, для сплаву ВК10М відмінність межі міцності для зразків, які руйнувалися при ймовірності $P(\sigma_{cr})=75\%$ - і вище, становить 3-8 %. Для зразків, руйнування яких відбулося при ймовірності $P(\sigma_{cr})=25\%$ і менше, така відмінність межі міцності перевищує 20-30 %. Таким чином, імовірно, зразки, руйнування яких відбулося при мінімальних напругах σ_{min} , мають максимальну кількість небезпечних поверхневих дефектів. Очевидно також, що саме для цих зразків ефективність впливу бомбардування значно зростає.

Для встановлення характеру впливу на поверхню інструмента іонів металів, що мають різну масу й енергію активації, бомбардуванню зазнали штабики із твердого сплаву ВК60М. Різниця у впливі іонами різних металів очевидна, причому найбільший ефект дає бомбардування іонами хрому (енергія активації 129,89 кДж/моль).

Слід зазначити, що мікротвердість твердого сплаву іонним бомбардуванням не підвищується. Отже, наклепу поверхні немає. Однак іонне бомбардування

поверхні збільшує міцність твердого сплаву за рахунок заліковування дефектів. Із цього випливає, що руйнування штабіку відбувається не по вісі додавання навантаження, а зі зсувом у поверхні, що зазнала іонне бомбардування.

Дослідження впливу іонного бомбардування і процесу нанесення покриття з нітриду молібдену на міцність твердого сплаву проводилися для однієї партії зразків ВК60М. Частина з них зазнала бомбардування іонами молібдену, на іншу наносилося покриття з нітриду молібдену і, нарешті, остання частина залишалася у вихідному стані. Випробування проводилися на чотирьох робочих об'ємах 125, 200, 300 і 375 мм³. Аналіз випробувань дозволяє зробити наступні висновки:

1 З ростом об'єму міцність зменшується. Це підтверджує положення статистичної теорії міцності про те, що в більшому об'єму збільшується ймовірність присутності небезпечного дефекту, що приводить до руйнування.

2 Для середніх $\sigma_{ср}$ і мінімальних $\sigma_{мін}$ значень межі міцності при вигині вплив об'єму на цю характеристику помітно зменшується для зразків, підданих іонному бомбардуванню або, що мають покриття. Це говорить про те, що процес значною мірою сприяє заліковуванню небезпечних поверхневих дефектів у зразків, що мають їх максимальну кількість, тобто у зразків, які руйнуються при мінімальних і середніх напругах.

3 На міцність зразків, що мають досить високе значення $\sigma_{тах}$, іонне бомбардування і нанесення покриття істотного впливу не виявляє. Ці зразки мають мінімальна кількість поверхневих дефектів і іонне бомбардування не виявляє видимого впливу на їхнє усунення.

Таким чином, зміцнення способом конденсації з іонним бомбардуванням є ефективним напрямком підвищення якісно-експлуатаційних характеристик різального інструменту.

ЛІТЕРАТУРА

1 Мовшович О.Я. Нанесение упрочняющих покрытий : монография / О.Я. Мовшович, М.К. Резниченко, Б.В. Горелик. Х.: УПА, 2012. 171 с.

Дерябкіна Є.С., Нефьодов А.О.
Державний біотехнологічний університет

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ПАР ТЕРТЯ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ ДВЗ

Істотними недоліками кулачкових механізмів є: значна величина питомих тисків на поверхні зіткнення ланок і, як наслідок, підвищений знос поверхонь, що труться, зменшення довговічності механізму; стрибкоподібний характер зміни і великі величини прискорень штовхача, що виникають через незначні неточності обробки профілів кулачків або неточностей профілів у результаті їхнього нерівномірного зносу; сильні коливання обертального моменту на ведучому валу через вплив пружин, що слугують для силового замикання кулачкових

пар. Деталі кулачкових механізмів піддаються вельми різноманітним умовам тертя. Особливо складний процес взаємодії кулачка з роликком штовхача. Напруга стиснення в робочій зоні профілю кулачка може спричинити розрив масляної плівки і безпосередню взаємодію металів у режимі сухого тертя .

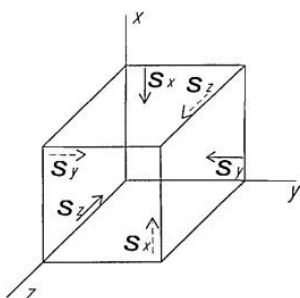


Рисунок 1 – Схема напруженого стану елемента поверхні металу на майданчику безпосереднього контакту при терті

Численні дослідження [1, 2] зношених у процесі експлуатації пар тертя кулачковий вал - штовхач, у механізмі газорозподілу ДВЗ і ПНВТ, проведені різними вченими дають змогу класифікувати види руйнування поверхонь:

1 Абразивне зношування - зношування мікроскопічними частинками, що знаходяться в маслі, маючи малу масу, але велику кінетичну енергію, ці частинки, потрапляючи в зазор між профілем кулачка і роликком штовхача, знімають мікростружку з поверхонь деталей.

2 Схоплювання (заїдання) - процес руйнування в результаті взаємного сухого або напівсухого тертя при порушенні масляної плівки між поверхнями, що труться. Проявляється в утворенні міцних зв'язків частинок металу в місцях контакту, з виникненням молекулярного зчеплення між поверхнями, що труться.

3 Втомно-багаторазові пружні деформації через недосконалість структури металу призводять у певних умовах до втомного викришування поверхонь тертя.

4 Кавітаційне руйнування – відбувається за рахунок утворення в потоці змащувальної рідини парогазових бульбашок, які під час захлопування створюють потужні місцеві гідравлічні удари і при багаторазово повторюваного процесу поверхні деталі зношуються.

Для аналізу процесів, що відбуваються на поверхнях тертя, розчленуємо механізм зношування (за І. В. Крагельським) на три явища: взаємодія поверхонь тертя; зміни, що відбуваються в поверхневому шарі металу; руйнування поверхонь. Зміни на поверхні тертя обумовлюють деформації, підвищенню температури та хімічній дії навколишнього середовища.

На поверхнях тертя можливі пружна деформація, яка при збільшенні навантаження переходить у пружно-пластичну деформацію виступів, як зі зміцненням поверхневого шару, так і без нього. Виступи, що входять у дотик пластично сплющуються, найчастіше з впровадженням у більш твердий виступ або той, якому геометрична форма надає більшого опору деформації.

Для розгляду напруженого стану поверхневого шару необхідно виділити елемент (рис. 1) з майданчиком фактичного контакту в вигляді однієї з граней цього елемента. Всі інші його грані будуть перебувати під стискаючими напругами, оскільки під дією доданого нормального навантаження по осі x елемент повинен збільшуватися в напрямку осей y і z, але цьому перешкоджає навколишній метал. На майданчику контакту діє сила тертя, і елемент тому знаходиться під дією не тільки нормальних, а й дотичних напружень. Такий напружений стан

сприяє пластичній течії металу. Дійсно дослідження робочих поверхонь деталей машин в парах тертя, і дослідних зразків після зношування показують, що всі метали в умовах тертя в межах активного шару піддаються пластичному деформуванню.

На основі аналізу змін, що спричинені деформацією, встановлено: зносостійкість деталей визначається сукупністю внутрішніх і зовнішніх факторів, до числа яких належать: фізичні, хімічні та механічні властивості поверхонь тертя; характер тертя; величина питомого зусилля, що діє між поверхнями, що труться, характером навантаження; швидкістю взаємного переміщення поверхонь тертя); температурними умови; корозією середовища і якістю поверхневих плівок, що утворюються; присутністю абразивів, їх якісними та розмірні характеристиками; ступенем і способом видалення продуктів зносу; формою і розмірами поверхонь тертя, що визначають умови тертя, охолодження, підведення мастила; початковим станом поверхні. Проведені дослідження показали, що з усіх перерахованих факторів основний вплив на зносостійкість кулачкових механізмів оказує структура металу, яка визначає опір просуванню дислокацій під дією зовнішніх сил і появу залишкових напружень у зоні контакту.

Аналіз робіт з вивчення процесу взаємодії контактуючих поверхонь та їх зношування стосовно кулачкових механізмів двигунів внутрішнього згорання дозволив визначити основні види зношування профілю кулачка, а також їхній вплив на техніко-економічні показники двигуна в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1 Закалов О.В. Основи тертя і зношування в машинах : навчальний посіб-ник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 322 с.

2 Теорія механізмів і машин. Курс лекцій для студентів спеціальності «Динаміка і міцність машин» / Автор: к.т.н., доц. О.П. Заховайко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 243 с.

Микола Дідик, Сергій Філоненко
Національний авіаційний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ЧИННИКІВ НА ВТРАТИ В ПРОВІДНИКАХ ПІД ЧАС ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ

Вступ. На теперішній час з'являється все більше приймачів електроенергії, як серед промислових електроспоживачів, так і серед побутових. Такий розвиток зумовлює необхідність проектування нових систем енергопостачання. Для забезпечення надійності в цих системах на етапі проектування важливо врахувати чинники які можуть вплинути на втрати в провідниках.

Метою роботи є дослідження залежності зміни опору провідника в разі зміни довжини провідника, площі поперечного перерізу провідника і температури дроту.

Результати досліджень. Для дослідження використовувався програмний пакет «OriginPro». Дослідження проводилось для матеріалів які використовуються найчастіше: електротехнічна мідь, алюміній.

Для моделювання залежності опору провідника від його довжини використано довжину від 4 м до 40 м з кроком 4 м, переріз дроту прийнято 2 мм². А для виявлення залежності опору провідника від його поперечного перерізу використано переріз від 1 мм² до 10 мм² з кроком 1 мм². В обох дослідженнях моделювання проводилось для температур: 20 °С, 25 °С, 30 °С, 35 °С. За результатами моделювання отримано графіки залежності опору від довжини дроту (рис. 1) та графіки залежності опору від поперечного перерізу дроту (рис. 2).

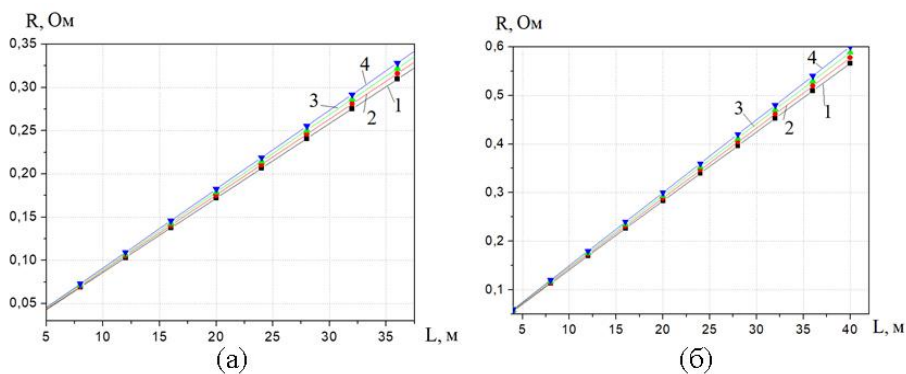


Рисунок 1 – Залежності зміни опору дроту (а) з міді, (б) з алюмінію від його довжини за різних температур. Температура провідника: 1 – 20 °С, 2 – 25 °С, 3 – 30 °С, 4 – 35 °С

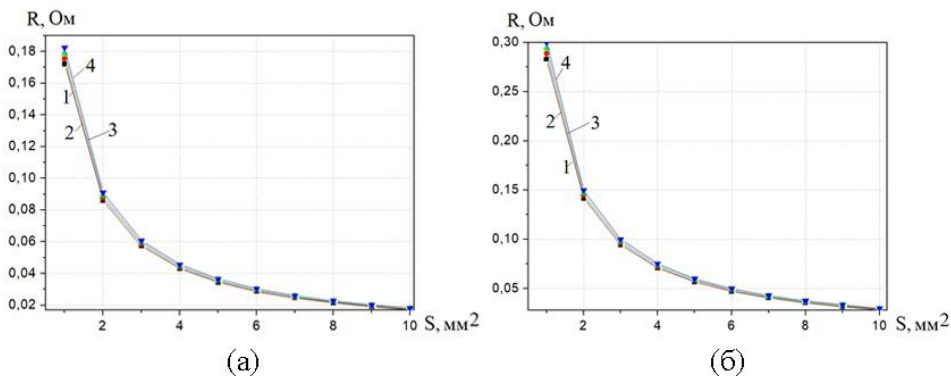


Рисунок 2 – Залежності зміни опору дроту (а) з міді, (б) з алюмінію від його перерізу за різних температур. Температура провідника: 1 – 20 °С, 2 – 25 °С, 3 – 30 °С, 4 – 35 °С

Результати моделювання показали, що опір лінійно збільшується при збільшенні довжини:

$$R = n + mL,$$

а при збільшенні перерізу опір зменшується і залежність описується степеневою функцією

$$R = kS^z,$$

де n , m , k , z – коефіцієнти апроксимуючого виразу.

Висновок. Розглянуто чинники які впливаються на втрати в провідниках: довжина дроту, поперечний переріз дроту та температура. Знання точних залежностей зміни опору провідника від зміни цих чинників дозволяє регулювати якість мережі при проєктуванні, адже втрати в провідниках впливають на надійність функціонування електроприладів та якість освітлення.

ЛИТЕРАТУРА

1 Добровольська Л. Н. Електроощадні технології в електричних мережах енергосистем / Добровольська Л. Н., Кулик В. В., Лежнюк П. Д. ; за ред. Лежнюк П. Д. – Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2018. – 328 с.

2 UserGuide for Origin 2024 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://d2mvzyuse3lwjc.cloudfront.net/pdfs/Origin2024_Documentation/English/Origin_User_Guide_2024_E.pdf#zoom=100

3 Методичні вказівки з аналізу технологічних витрат електроенергії та вибору заходів щодо їх зниження: ГНД 34.09.204-2004: Зат. Міністерством палива та енергетики України 09.06.2004: Термін дії встановлений з 09.06.2004 до 09.06.2009. – К.: 2004. – 159 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).

Душкін С.С.

Національний університет цивільного захисту України

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСІВ ІОННОГО ОБМІНУ ПІД ЧАС ВОДОПІДГОТОВКИ

Дослідження виконувались на експериментальній установці, що складається з Н-катионітового та ОН-аніонітового фільтрів, декарбонізатора, ємностей для приготування та збору свіжих та відпрацьованих регенераційних розчинів.

Одна з колон (Н-фільтр) була завантажена катионітом КУ-2х8, друга (ОН-фільтр) – аніонітом АН-22.

Інтенсифікація іонного обміну здійснювалася дією магнітного поля на фільтруючі іонообмінні колони. Фільтрат після фільтрів збирався порціями і аналізувався на вміст іонів водню, тобто кислотності, яка з'являлася в результаті іонного обміну на Н-катионіт. Потім фільтрат після Н-фільтра прямував на ОН-фільтр. При пропусканні фільтрату через ОН-аніоніту відбувалася заміна аніону Н⁺ на ОН⁻. Завершення процесу аніонування визначали за зростанням кислотності фільтрату.

Експеримент виконувався так: пробу фільтрату після Н-фільтру титрували лугом у присутності фенолфталеїну – аналізували на присутність іонів водню. З цих даних будували вихідну криву залежності кислотності фільтрату від обсягу пропущеної рідини, аналізували ефективність магнітної активації КУ-2х8. Регенерація катионіту здійснювалася 5 % розчином HNO₃. Регенераційний розчин пропускали через катионіт, збирали відпрацьований розчин та визначали його кислотність. На підставі дослідних даних регенерації катионіту була отримана зале-

жність ступеня регенерації катіоніту КУ-2x8 від пропущеного об'єму 5% розчину HNO₃. Оптимальним режимом регенерації є режим 90 %-регенерації, що вимагає витрати надлишкової кислоти. Надалі, для зниження витрати кислоти, планується проведення досліджень щодо зміни робочої обмінної ємності КУ-2x8 за різної еквівалентності кислоти по відношенню до завантаження катіоніту.

Дослідження динаміки аніонного обміну виконувалися аналогічно. Регенерацію аніоніту проводили 5 %-розчином NH₄OH. Відмивання після регенерації аніоніту проводили пом'якшеною водою до нейтрального середовища по фенолфталеїну.

Встановлено, що при використанні магнітної активації для інтенсифікації іонообмінних процесів на катіоніті КУ-2x8 проскок солей жорсткості настає значно пізніше, ніж при звичайному пом'якшенні води (тривалість фільтртроциклу збільшиться на 20-22%). Повна динамічна обмінна ємність (ПДОЄ) катіоніту настає дещо раніше, ніж при звичайному пом'якшенні води (8-9 %).

При магнітній активації аніоніту АН-22 спостерігається збільшення фільтрроциклу, об'єму фільтрату і кількості аніонів, що сорбуються, порівняно із звичайною фільтрацією. Застосування магнітної активації показує збільшення сорбційної ємності на 21 %.

ВИСНОВКИ

Дослідження динаміки катіонного та аніонного обміну показало, що робоча обмінна ємність іонітів залежить від параметрів активації іонообмінних середовищ.

Грунтуючись на результатах дослідження можна припустити, що надлишок регенераційних розчинів на регенерацію іонітів, підданих магнітної активації, може бути прийнятий нижче, ніж при звичайній фільтрації.

Єгоров С.В., Шкварницька Т.Ю.
Національний авіаційний університет

СТАТИСТИЧНІ ПОХИБКИ ПРИ АНАЛІЗІ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Під час експлуатації електроенергетичних систем, у тому числі і систем живлення електричного транспорту усіх видів [1, 2] виникає необхідність в аналізі випадкових процесів.

Точно визначити характеристики випадкових величин за вибірковими даними не представляється можливим. З вибірки кінцевої довжини можна знайти тільки оцінки параметрів, що цікавлять дослідника. Розглянемо питання про точність оцінок параметрів для безперервної реалізації процесу довжини T . Передбачається, що аналізовані реалізації належать до стаціонарного (ергодичного) випадкового процесу з неперервним часом. Тут аналізуються тільки ті похибки, які обумовлені статистичною похибкою, варіативністю досліджуваних процесів.

Точність оцінки деякого параметра випадкового процесу, отриманого на основі вибірки, характеризується середнім значенням квадратичної похибки (с.з.к.п.):

$$\text{с. з. к. п.} = M [(\hat{\Phi} - \Phi)^2] \quad (1)$$

де $\hat{\Phi}$ – оцінка параметра Φ ,

Вираз (1) можна представити у вигляді

$$M [(\hat{\Phi} - \Phi)^2] = M [(\hat{\Phi} - M[\hat{\Phi}] + M[\hat{\Phi}] - \Phi)^2] = M [(\hat{\Phi} - M[\hat{\Phi}])^2] + 2M[(\hat{\Phi} - M[\hat{\Phi}])(M[\hat{\Phi}] - \Phi)] + M[(M[\hat{\Phi}] - \Phi)^2]$$

Зауважимо, що середній доданок наведеного вище виразу містить множник, рівний нулю:

$$M [\hat{\Phi} - M[\hat{\Phi}]] = M[\hat{\Phi}] - M[\hat{\Phi}] = 0$$

Тому,

$$\text{с. з. к. п.} = M [(\hat{\Phi} - M[\hat{\Phi}])^2 + M[(M[\hat{\Phi}] - \Phi)^2]] \quad (2)$$

Таким чином, середнє значення квадрату похибки складається з двох частин. Перша частина – дисперсія оцінки, яка характеризує частку «випадковості» в величині похибки

$$D[\hat{\Phi}] = M [(\hat{\Phi} - M[\hat{\Phi}])^2] = M[\hat{\Phi}^2] - M^2[\hat{\Phi}] \quad (3)$$

Друга частина – квадрат зсуву оцінки, що характеризує його систематичне відхилення

$$b^2[\hat{\Phi}] = M [b^2[\hat{\Phi}]] = M [(\hat{\Phi} - M[\hat{\Phi}])^2] \quad (4)$$

На практиці зручніше представляти похибку оцінки в тих же одиницях виміру, що і параметр, що оцінюється. Для цього ми можемо обчислити позитивне значення квадратного кореня зі значень похибок, описаних формулами (3)-(4). Квадратний корінь з (3) визначає стандартне відхилення оцінки, зване стандартною (або випадковою) похибкою:

$$\sigma[\hat{\Phi}] = \sqrt{M[\hat{\Phi}^2] - M^2[\hat{\Phi}]}$$

Похибка зміщення:

$$b[\hat{\Phi}] = M[\hat{\Phi}] - \Phi$$

$$\text{Середньоквадратична похибка} = \sqrt{M [(\hat{\Phi} - \Phi)^2]} = \sqrt{\sigma^2[\hat{\Phi}] + b^2[\hat{\Phi}]}$$

Для зручності вкрай бажано представити похибку в частках оцінюваного параметра. Для цього похибку ділять на значення параметра, що підлягає оцінці, і отримують нормовану похибку. При $\Phi \neq 0$ нормована стандартна похибка, похибка зміщення і середньоквадратична похибка виражаються формулами:

Нормована стандартна похибка

$$\varepsilon_r = \frac{\sigma[\hat{\Phi}]}{\Phi}$$

Нормована похибка зміщення

$$\varepsilon_b = \frac{b[\hat{\Phi}]}{\Phi} = \frac{M[\hat{\Phi}]}{\Phi} - 1.$$

Нормована середньоквадратична похибка

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{\sigma^2[\hat{\Phi}] + b^2[\hat{\Phi}]}}{\Phi} = \frac{\sqrt{M[(\hat{\Phi} - \Phi)^2]}}{\Phi}$$

Зауважимо, що нормована стандартна похибка, ε_r часто називається коефіцієнтом варіації.

ЛІТЕРАТУРА

1 Kostin N. Stochastic Electromagnetic Processes in Power Circuits of Electric Locomotive at a Sharp Change of Voltage on a Current Collector / N. Kostin, T. Mishenko, O. Reutskova // Modern Electric Traction in Integrated XXIst Century Europe (29.09-01.10.2005): 7th International Conference. – Warsaw, 2005. – P. 227–232.

2 Kostin M. Statistics and probability analysis of voltage on the pantograph of DC electric locomotive in the recuperation mode / M. Kostin, A. Nikitenko // PRZEGLD ELECTROTECHNICZNY. – 2013. – vol. 2012, No 2a. – P.273–275.

Іванов В.В., Круглий В.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТУ КОРИСНОЇ ДІЇ ОПОРНИХ ВУЗЛІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

В сучасних економічних умовах господарювання при зростанні витрат паливно-енергетичних та інших ресурсів, при обмеженні коштів стає особливо актуальним розробка та впровадження проєктів енергозбереження. Забезпечення збереження енергії та ресурсів при створенні та експлуатації автотранспортних засобів транспортних засобів є основною ідеєю управління розвитком рухомого складу в автотранспортній системі. Одним із основних напрямків удосконалення конструкцій автомобільних транспортних засобів є роботи по мінімізації енергоспоживання. Енергоспоживання транспортних засобів визначається як досконалістю двигунів, так і експлуатаційною ефективністю агрегатів і систем автомобілів та їх конструктивними особливостями. Це стосується в першу чергу трансмісії автомобілів. Також важливим є підвищення коефіцієнта корисної дії η приводу генераторів, вентиляторів і насосів системи охолодження транспортних засобів та муфт зчеплення. Критерієм оцінки енергетичної економічності автомобіля є зменшення запасу пального за термін проходження відрізка шляху який приймається за одиницю.

Складовою вказаних систем і не тільки їх є підшипникові вузли. Це підшипникові вузли гальмівної системи, підшипники пасової та ланцюгової передачі, підшипники кондиціонера та підшипникові вузли ведучих і ведених коліс. А також підшипники, що використовуються у двірниках, складаний верх, салон, стійки, важелі, педалі, рульове управління, коробки передач, соленоїди тощо. Всього більш ніж 50 автомобільних застосувань.

Для підшипникових вузлів, зазвичай, вказується фіксований коефіцієнт корисної дії, який не залежить від швидкості руху автомобіля, якості складання і умов експлуатації. Існує багато програмних комплексів які мають опцію розрахунку підшипникових вузлів, наприклад Mechanical Desktop, Inventor, MechSoft. Є спеціалізовані програми та сервісу з розрахунку підшипникових вузлів, найбільш відома серед них онлайн платформа SKF. Існує багато сервісів автоматизованого проектування підшипникових вузлів. Серед них є такі сервіси, які дозволяють оцінити рівень втрат в підшипниках кочення. Наприклад онлайн сервіс **tribology**. Аналогічний модуль реалізований у програмному комплексі Mechsoft. Розрахунок довговічності підшипника, реалізований у комплексі Mechsoft, виконується з урахуванням динамічного навантаження. Поряд із розрахунком довговічності визначаються втрати на тертя і вказується мінімально припустиме навантаження на підшипник. Найбільше можливостей надає всевітня відома фірма, лідер з виробництва підшипників SKF з гаслом “У наших підшипниках обертається земна куля”. На малюнку представлено скриншот онлайн сервісу SKF в якому поруч з довговічністю підшипника та часом через який має бути відбуватись заміна мастила ми отримуємо також значення фрикційного моменту і потужність втрат (рис. 1).


	Bearing rating life	Grease	Power loss	Frictional moment
Designation	SKF	Relubrication interval		Total
	L_{10mh} (h)	τ_r (h)	P_{loss} (W)	M (Nmm)
■ 6006 N	$> 2 \times 10^5$	18900	1.2	11.1

Рисунок 1 – Скриншот онлайн сервісу SKF

Таким, чином сервіс дає можливість дослідити фрикційний момент і потужність втрат в залежності від швидкості обертання та навантаження. В таблиці представлені пораховані значення моменту тертя в залежності від швидкості обертання (табл. 1)

Таблиця 1 – Значення моменту тертя в залежності від швидкості обертання

Частота обертання n (r/min)	Момент тертя M (Nmm)
500	9,4
1000	11,1
1500	12,8
2000	14,4

Ця залежність з точки зору спеціалістів фірми SKF лінійна але не проходить через нуль. Тобто для кожного типу і розміру підшипників врахований коефіцієнт тертя спокою.

ЛІТЕРАТУРА

1 Іванов, В. В., Мотулько, Б. В., & Харсун, А. М. (2004). Проектування деталей машин з використанням AutoCAD. Видавництво АО БАХВА., 212.

2 Lechner, G., & Naunheimer, H. (1999). Automotive transmissions: fundamentals, selection, design and application. Springer Science & Business Media.

3 Ivanov, V., Urum, G., Ivanova, S., & Naleva, G. (2017). Analysis of matrix and graph models of transmissions for optimization their design. East European Journal of Advanced Technologies, (4 (1)), 11-17.

Іванов В.В., Николаев В.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ

Експериментальні дослідження і багаторічні спостереження за роботою ланцюгових передач в експлуатаційних умовах показали, що працездатність передачі обмежується надійністю і довговічністю ланцюга, яка найчастіше виходить з ладу внаслідок руйнування деталей шарніра. Практикою експлуатації встановлені два критерії працездатності ланцюга: знос деталей шарніра, що сприяє збільшенню дійсного кроку, і руйнування деталей шарніра за умовами втомної міцності. Основними причинами зносу деталей шарніра є великі контактні напруження, що виникають на робочій поверхні валика і втулки під час входу ланки в зачеплення при відносному повороті його на кут $360^{\circ}/z$. Під час експлуатації ланцюгових передач розподільного валу (plastic timing chain) на машинах, що працюють в складних умовах, з'являється ще ряд факторів, що інтенсифікують процес руйнування шарніра, наприклад, хімічно агресивні та абразивні середовища. На малюнку 1 представлено приклад полімерних ланцюга і зірочки



Рисунок 1 – Ланцюга і зірочка з полімеру

У конструкціях полімерних ланцюгів не завжди приймають до уваги те, що виготовлення їх деталей за конструкцією, аналогічною металевому прототипу, в більшості випадків неможливе по причині відмінності як технологічних, так і фізико-механічних властивостей їх матеріалів. Для створення конструкцій деталей ланцюгових передач з необхідними технологічними і експлуатаційними характеристиками доречно застосувати програмні комплекси автоматизованого проектування, які можна адаптувати до аналізу динамічних навантажень в полімерних ланцюгах. Це, насамперед програмні комплекси Mechanical Desktop, Inventor, MechSoft.

Для використання цих можливостей треба знайти розміри зубчастого ланцюга, який за своїм міцнісними і пружними якостями відповідали певному металевому ланцюгу. Для цього використано теорію подібності.

На рис. 2 представлено скріншот онлайн сервісу MechSoft.

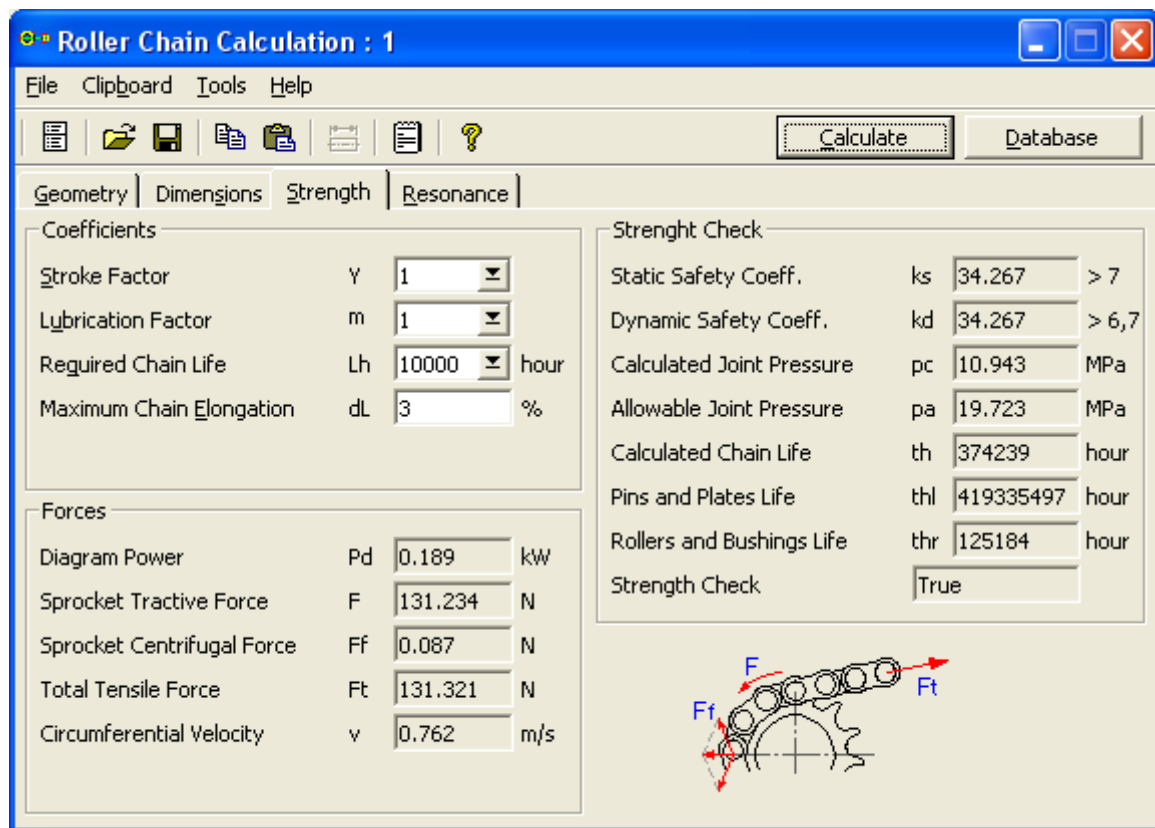


Рисунок 2 – Скріншот онлайн сервісу MechSoft

Показано результати розрахунку. Lubrication Factor обраний одиниця так, як коефіцієнт тертя в полімерних передачах менше ніж в металевих. Також припустиме Maximum Chain Elongation вказано три відсотки для такої маленької міжосьової відстані з огляду на меншу жорсткість полімерних ланцюгів. Зауважимо, що знайдені відцентрові сили набагато менші ніж в металевому ланцюгу.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Іванов, В. В., Мотулько, Б. В., & Харсун, А. М. (2004). Проектування деталей машин з використанням AutoCAD. Видавництво АО БАХВА., 212.
- 2 Lechner, G., & Naunheimer, H. (1999). Automotive transmissions: fundamentals, selection, design and application. Springer Science & Business Media.
- 3 Ivanov, V., Urum, G., Ivanova, S., & Naleva, G. (2017). Analysis of matrix and graph models of transmissions for optimization their design. East European Journal of Advanced Technologies, (4 (1)), 11-17.

Івашура А.А.
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця
Борисенко О.М.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ГАЛУЗІ ЗЕЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ ТА ПЕРЕРОБЦІ

Керівні принципи ЦСР ООН, такі як громадська охорона здоров'я, екологічні проблеми, цінність ресурсів та економічний розвиток, покликані стимулювати розвиток зелених технологій, задіяних у виробництві та переробці. Зростання технологічного розвитку може бути забезпечено за рахунок створення особливих "зелених" робочих місць, орієнтованих на управління відходами, формалізації неформальних збирачів сміття та зосередження уваги на освіті та навчанні неформальних працівників. Можливо, особливу увагу необхідно приділяти створенню "зелених" робочих місць за рахунок інвестицій в інфраструктуру перероблення відходів, що дасть змогу розв'язувати проблеми, пов'язані зі зміною клімату – однієї з ключових цілей ООН-ЦСР. Проектуючи продукти і бізнес-моделі, буде робитися акцент на багатофункціональних товарах, продовженні терміну служби продуктів та їхніх частин, а також на інтелектуальному виробництві, щоб допомогти державному і приватному секторам максимізувати корисність продукту (таким чином скорочуючи утворення відходів), забезпечуючи при цьому довгострокові економічні та екологічні переваги [1].

Сталі промислові підприємства сильно залежать від технологічного середовища, яке містить у собі "інституційні можливості" та "зовнішні можливості". Інституційні можливості з часом стали домінуючими та суттєво впливають на сталість промислових підприємств, тоді як, навпаки, вплив зовнішніх можливостей виокремлюється як незначний. Характерною рисою економічного зростання (особливо розвитку високих технологій) в Україні, є високий взаємозв'язок з інституційною підтримкою. Технологічне середовище в Україні досить дружнє до нових технологій. Це означає, що крім інституційного чинника існує низка інших чинників, значущих для технологічного розвитку, які належить виявити емпірично.

Що більший бізнес, то вища стійкість його технологічного розвитку. Малі підприємства володіють обмеженістю ресурсів і високим ступенем уразливості, а отже, їхній технологічний розвиток схильний до більш високого ризику.

Більшість сучасних досліджень високотехнологічних компаній ґрунтується на вибірці підприємств розвинених країн. Аналогічних досліджень, що охоплюють країни, які розвиваються, дуже мало, що підвищує їхню актуальність. Однак ці результати можуть бути корисними при вивченні високотехнологічних підприємств в інших країнах, що розвиваються, зі схожим інституціональним середовищем.

Емпіричне оцінювання сталості технологічного розвитку малих і середніх підприємств дасть змогу зробити кілька важливих висновків. По-перше, малі високотехнологічні компанії випереджають середній і великий бізнес щодо зниження ресурсоємності. Це справедливо як для виробників електричного, так і електронного обладнання. По-друге, малі високотехнологічні компанії перебувають практично на одному рівні з великими та середніми виробниками за темпами зростання виручки над собівартістю. Технологічні інновації (зокрема, заміна устаткування) впливають на поліпшення якості продукції, розширення масштабів бізнесу, збереження і розвиток традиційних ринків збуту, створення нових ринків, що відповідають сучасним стандартам, збільшення виробничих потужностей і гнучкості, поліпшення умов праці тощо. зниження забруднення довкілля. Ці зміни супроводжуються поліпшенням зниження витрат виробництва, збільшенням продажів і збільшенням прибутку.

Специфіка високотехнологічних виробництв двояка. З одного боку, малий бізнес має суттєві переваги в організації гнучкого управління активами та валовим прибутком, у тому числі в рамках технологічного розвитку. У 2009 році дослідники в Канаді дійшли аналогічних висновків після аналізу вибірки з 388 підприємств [2]. З іншого боку, у малих підприємств менше можливостей для створення нематеріальних активів і придбання нових високотехнологічних основних фондів, що побічно впливає на прискорення виробничого циклу.

Через свої слабкі внутрішні можливості малі та середні підприємства більше потребують доступу до зовнішніх знань, ніж великі компанії, що володіють необхідними ресурсами для освоєння нових технологій [3]. Крім того, досі не існує чітких керівних принципів проектування того, як малі та середні підприємства можуть впровадити Індустрію 4.0. Для цього необхідно посилити механізми підтримки, оскільки вони дають змогу виявити перспективні високотехнологічні малі та середні підприємства для переходу до технологій Індустрії 4.0. Зокрема, необхідно розподіляти обмежені бюджетні ресурси на прискорення технологічного розвитку тих дрібних виробників, які вже довели свою стійкість і мають достатній потенціал для впровадження нових технологій у майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1 Івашура А. А. Аналіз впровадження практик сталого споживання в Україні на основі зарубіжного досвіду / А. А. Івашура, О. М. Борисенко // *Grail of Science*. – 2023. – № 25. – С. 183-189.

2 Lefebvre L. A., Lefebvre E., Colin D. Process innovation, productivity, and competitiveness in smaller manufacturing firms / L. A. Lefebvre, E. Lefebvre, D. Colin // *Canadian Journal of Administrative Sciences*. – 2009. – Т. 8. – №. 1. – С. 19-28.

3 Івашура А. А. Аналіз сталого споживання і виробництва в Україні / А. А. Івашура, О. М. Борисенко, М. Ф. Савченко та ін. // *Technological innovation: engineering, manufacturing, agricultural complex and zoology : Collective Scientific Monograph*. – Dallas, USA: Primedia eLaunch LLC, 2022. – Р. 60-68.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФІЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВЧІЙ ТА СПОРТИВНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Сучасне суспільство перебуває в стані постійних змін, які вимагають від освітніх інститутів та системи фізичного виховання не лише адаптації до нових умов, але й активного впровадження інноваційних технологій. Фізичне виховання, будучи важливою складовою загальноосвітнього процесу, відіграє визначальну роль у формуванні фізичного, духовного та соціального розвитку особистості. Однак традиційні методи та форми фізичного виховання часто не відповідають вимогам сучасності та не враховують потенціалу інноваційних технологій. Технології стрімко розвиваються, важливо вивчати їхні можливості для покращення фізичного здоров'я та спортивних досягнень.

Важливість фізичного виховання проявляється не лише у його впливі на фізичний розвиток, але і в його спроможності формувати духовний та соціальний аспекти особистості [1].

Інноваційний розвиток не може відбуватися за принципом «все і відразу». Потрібно пройти принаймні п'ять рівнів:

1 Впровадження технологічних інновацій: на цьому рівні важливо впровадження сучасних технологій в навчальний процес. Це включає в себе використання електронних засобів навчання, платформ для дистанційного навчання, інтерактивних методик та інших інструментів, які сприяють активній і ефективній освіті.

2 Створення інноваційних навчальних програм: розробка та впровадження сучасних навчальних програм, що відповідають вимогам сучасності та сприяють розвитку різних аспектів особистості здобувачів. Це включає в себе вивчення актуальних тем, розвиток навичок критичного мислення, підтримку креативності та підприємництва.

3 Створення інноваційних методик оцінювання: розробка нових методик та підходів до оцінювання знань та навичок здобувачів, що враховують не лише засвоєні знання, але й їхню здатність застосовувати їх у реальних ситуаціях, критично мислити та співпрацювати.

4 Розвиток мережевих зв'язків та партнерств: створення мережевих зв'язків і партнерств із галузевими організаціями, компаніями, школами та іншими закладами вищої освіти. Це сприяє обміну досвідом, ресурсами та розширює можливості для здобувачів і педагогів.

5 Соціальна відповідальність та громадська участь: фокус на розвитку соціальної відповідальності серед здобувачів та педагогів, сприяння громадській участі та впровадження проєктів, які спрямовані на покращення оточуючого середовища та соціуму.

Цей поетапний підхід до інноваційного розвитку сприяє стабільному та плавному переходу від внутрішнього розвитку окремого вчителя, викладача до глибоких змін у організаційній культурі навчального закладу, забезпечуючи сталість та ефективність впроваджених інновацій [1].

Традиційна організаційна форма фізичного виховання, яка застосовується у більшості закладів вищої освіти України, має консервативний характер. Це означає, що ця форма утримує навчальний та виховний контент занять, не враховуючи нових вимог, зокрема в контексті Болонської системи навчання. Варто відзначити, що застарілий зміст та форма цієї системи узгоджуються з потребами здобувачів та виявляють протиріччя з сучасними соціальними вимогами суспільства [2].

Мета дослідження: вивчення та аналіз інноваційних технологій у фізкультурно-оздоровчій та спортивній діяльності з метою вдосконалення навчального процесу та розвитку особистості здобувачів. Зокрема, дослідження спрямоване на розгляд етапів інноваційного розвитку, починаючи від впровадження технологічних інновацій та закінчуючи розвитком соціальної відповідальності серед здобувачів та викладачів.

Методи дослідження: для досягнення поставленої мети використовувалися наукові та практичні методи дослідження, такі як аналіз літературних джерел, спостереження за практикою викладання та інтерв'ю зі здобувачами вищої освіти. Також проведено аналіз інноваційних підходів до фізичного виховання в інших країнах, що дозволило визначити кращі практики та перспективи впровадження їх в українській системі.

Результати дослідження: аналіз практики викладання та вивчення інновацій у фізкультурно-оздоровчій та спортивній сфері вказує на необхідність переосмислення та модернізації існуючих підходів. Зокрема, виявлено, що впровадження сучасних технологій, створення інноваційних навчальних програм, методик оцінювання, розвиток мережевих зв'язків та соціальна відповідальність можуть значно підвищити ефективність фізичного виховання та сприяти комплексному розвитку здобувачів.

Висновки: інноваційні технології мають великий потенціал для трансформації фізкультурно-оздоровчої та спортивної діяльності в освітніх установах. Зазначені етапи інноваційного розвитку, починаючи від впровадження сучасних технологій та закінчуючи розвитком соціальної відповідальності, надають системний характер перетворень, сприяючи комплексному розвитку здобувачів. Важливо продовжувати дослідження у цьому напрямі та впроваджувати знайдені інноваційні підходи для забезпечення ефективного та сучасного фізичного виховання в українських закладах вищої освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1 Москаленко Н. Інноваційна діяльність у фізичному вихованні загальноосвітніх навчальних закладів [Електронний ресурс] / Н. Москаленко // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. праць. № 4 (55). – 2015. – С. 35–38.

2 Інноваційні технології фізичного виховання студентів : навчальний посібник / за заг. ред. Вихляєва Ю. М. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. – С. 34.

ВПЛИВ УМОВ ШЛІФУВАННЯ НА ДЕФЕКТНІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ВИРОБІВ ІЗ СКЛОКЕРАМІКИ

Для вирішення багатьох практичних і наукових завдань, що виникають при дедалі ширшому використанні виробів із склокераміки (технічних ситалів), що працюють в умовах високих силових і температурних навантажень, наприклад, елементів ракет, дуже важливо мати якомога точніше уявлення про глибину і структуру порушеного обробкою шару деталей і вплив на них умов обробки.

Практичні завдання насамперед пов'язані з оптимізацією процесів механічної обробки склокераміки, призначенні міжопераційних припусків з урахуванням можливості трансформації залишкової дефектності, отриманої в результаті виконання попередньої операції, в процесі проведення наступної. Вказана проблема має і науковий інтерес. Її вирішення дозволяє глибше зрозуміти механізми дефектоутворення, від рівня якої залежать експлуатаційні характеристики виробів.

Виходячи з цього, був досліджений вплив умов алмазного шліфування технічних ситалів на енергетичні параметри процесу різання та дефектність поверхневого шару виробів. Для дослідження глибини і структури шару матеріалу, порушеного обробкою, застосовувався капілярний метод люмінесцентної дефектоскопії в поєднанні з пошаровим хімічним травленням зразків.

Встановлено, що такі параметри дефектів, як розмір, форма, щільність, глибина проникнення, у значній мірі визначаються рівнем і напрямом зусиль, які діють на оброблюваний матеріал. В свою чергу, силові характеристики процесу шліфування залежать від вхідних технологічних параметрів процесу обробки. До технологічних факторів, що впливають на енергоємність процесів диспергування ситалів у зоні різання і можуть ініціювати несприятливий розвиток дефектного шару, можна віднести: номінальний тиск в зоні різання; режим різання; технологічну характеристику алмазних кругів і рівень їх ріжучої здатності.

Так при обробці ситалу збільшення номінального тиску на оброблюваний зразок у чотири рази (при реалізації пружної схеми торцевого урізного шліфування) супроводжується зростанням розмірів одиничних дефектів до 2,5 разів.

Експериментально підтверджений вплив режиму шліфування на силові характеристики процесу обробки - в першу чергу на нормальну складову сили різання, і, як наслідок, на структуру дефектного шару та ступінь його розвитку. Аналіз отриманих математичних залежностей сил різання від кінематичних параметрів режиму показує, що найбільший вплив на зміну величини сил оказують подовжня подача та глибина різання, найменший – швидкість різання. При цьому співвідношення між нормальною і тангенціальною складовими зусилля різання знаходиться в діапазоні $P_y / P_z \approx 4 - 10$. Незалежно від схеми обробки збільшення подачі та глибини різання негативно відбивається на дефектності поверхні, яка

формується. Так, при зміні подачі від $s=14,5$ мм/хв до $s=27,0$ мм/хв (схема круглого внутрішнього шліфування) на глибині $h_d=100 - 140$ мкм розмір дефектів, внесених обробкою, збільшується в 3,5 рази і досягає 300 мкм і більше.

Наслідком наявності підвищеної дефектності поверхневого шару виробу є зниження його міцності. Зміна подачі від $s=4,0$ мм/хв до $s=27,0$ мм/хв призводить до дворазового зниження міцності виробів на згин. Це стримує використання способу інтенсифікації процесу шліфування для підвищення продуктивності обробки.

При шліфуванні склокераміки, якій притаманні високі твердість і крихкість, відбувається стрімкий знос алмазних кругів, що супроводжується зростанням зусиль різання у порівнянні з роботою гострим кругом (особливо радіальної складової сили різання, яка збільшується в 2 - 4 рази і здебільшого впливає на процес дефектоутворення). Це пов'язано зі зміною площ контакту зерен круга з оброблюваною поверхнею і перерозподілом номінального тиску на неї на цих ділянках.

Зношування кругів залежить від умов шліфування, технологічних характеристик інструменту та обраного способу його правки. Застосування більш досконалого способу правки кругів, який забезпечує більшу розвиненість мікропрофілю інструменту у порівнянні, наприклад, з правкою абразивними брусками або роликками, дозволяє через більш сприятливий перерозподіл тиску на ріжучих зернах зменшити глибину проникнення дефектного шару до 1,5 разів.

Технологічні характеристики застосованих алмазів (зернистість, конфігурація, міцність) впливають на ступінь зносу кругів, що призводить до змін величини сил різання та дефектності поверхні, яка формується. Встановлено, що застосування кругів більш дрібної зернистості (100/80 проти 250/200) забезпечує зменшення розмірів внесених дефектів практично на всіх рівнях травлення, знижуючи глибину проникнення дефектного шару вдвічі. Застосування алмазно-абразивного інструменту з більш міцними алмазними зернами (АС 20 у порівнянні з АС 6) призводить під час обробки ситалів до значного підвищення дефектності обробленої поверхні.

Враховуючи технологічну спадковість робочої дії інструменту і маючи одержані експериментально-теоретичним шляхом відомості про глибину та структуру порушеного обробкою шару, можливе проектування раціональних технологічних процесів обробки виробів із склокераміки, характерною рисою яких будуть об-ґрунтовані міжопераційні припуски на обробку, що дозволить підвищити продуктивність і зменшити собівартість механічної обробки виробів.

ВПЛИВ ПОРИСТОСТІ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНУ

Розвиток галузевого машинобудування України передбачає широке використання матеріалів стійких до агресивних середовищ, у тому числі пористих полімерних матеріалів. Провідною тенденцією в галузі полімерного матеріалознавства є розробка та вивчення пористих матеріалів на основі політетрафторетилену (ПТФЕ). Ідеальний каркас пористого матеріалу повинен мати високопористу структуру із взаємопов'язаною мережею пор.

Метод сольового вилуговування дозволяє формувати пористі структури з регульованим розміром пор та пористістю шляхом зміни дисперсного складу та концентрації пороутворювача [1]. В якості пороутворювача, що вилуговується, зазвичай використовується сіль хлориду натрію (NaCl) або гідрокарбонату натрію (NaHCO₃) [2]. Для вивчення реальної структури були приготовлені 3 порошки пороутворювача різного дисперсного складу А, В, С (табл. 1).

Таблиця 1 – Дисперсний склад пороутворювача

Тип пороутворювача	Фракції пороутворювача, %				
	< 40 мкм	40 – 70 мкм	70 – 140 мкм	140 – 350 мкм	350 – 500 мкм
А	-	-	-	90	10
В	-	15	70	15	-
С	20	30	50	-	-

Із приготованих сумішей ПТФЕ і NaCl шляхом таблетування в прес-формі з витримкою 30 с при питомому тиску 155 ± 5 МПа були отримані заготівлі пористого матеріалу. Отримані заготівлі піддавалися спіканню при $t = 385 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 1 год, а потім охолоджувалися з піччю. Пороутворювач NaCl вилуговувався розчиненням у воді при $t = 40^\circ\text{C}$. Кінцевою стадією приготування пористого ПТФЕ була їх сушка при 100°C протягом 12 год [3].

Було встановлено, що фільтрувальні матеріали, які повинні забезпечувати задану тонкість очищення певних фільтрованих середовищ, повинні також забезпечувати задовільну проникність і необхідну жорсткість. Показано, що зазначений комплекс властивостей матеріалів з функціональним призначенням фільтрування виконується тільки в діапазоні пористості $\Pi=65-75\%$, при цьому в міру зменшення максимального ($d_{\text{мак}}$) та середнього ($d_{\text{ср}}$) діаметрів пор пористість матеріалу також повинна зменшуватися в межах зазначеного інтервалу [3]. Ці матеріали піддавалися структурним дослідженням, результати яких представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Структурні характеристики пористого матеріалу

Тип пороутворювача	П, %	d _{мак} , МКМ	d _{ср} , МКМ
А	75	93,6	71,2
В	70	42,7	31,8
С	65	30,6	22,9

Межу плинності σ_0 , межу міцності σ_{\max} і максимальну деформацію в момент руйнування ε_{\max} матеріалів вивчали шляхом їх розтягування на розривній машині МР-05 при $T = 22$ °С. Початкова довжина зразка між лопатками становила $1,5 \cdot 10^{-2}$ м, а швидкість штока – $1,67 \cdot 10^{-4}$ м/с.

Тимчасовий опір руйнування σ_b і відносно видовження після розриву δ полімерних фільтрувальних матеріалів визначалися за наступними формулами:

$$\sigma_b = \frac{F}{S} \cdot 10^{-6}, \text{ МПа} \quad \delta = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100, \%$$

де F – навантаження у момент розриву зразка, Н; S – площа перерізу зразка, м²; Δl – абсолютне подовження робочої частини зразка, м; l_0 – початкова довжина робочої частини зразка, м.

Визначення σ_b і δ були проведені не менше, ніж на п'яти зразках для кожного дисперсного складу пороутворювача. Дані за середніми значеннями та довірчими інтервалами при довірчій ймовірності $P = 0,95$ параметрів σ_b і δ зразків полімерних фільтрувальних матеріалів представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Механічні характеристики пористого ПТФЕ

Механічні характеристики	Тип пороутворювача		
	А	В	С
σ_b , МПа	5,0	17,1	24,0
$\frac{\Delta l}{l_0}$, %	13,2	25,0	29,4

Таким чином зменшення пористості матеріалів призводить до різкого зростання тимчасового опору при розриві і зростанню відносного видовження при розтягуванні.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Drobny, J.G. Technology of fluoropolymers. *CRC Press Taylor & Francis Group*, (2009) 250 p.
- 2 Kaliuzhnyi, O. B., Platkov, V. Ya. Formation of Porous Poly(tetrafluoro-ethylene) Using a Partially Gasified Porogen. *Iran J. Mater. Sci. Eng.*, **2**, 17 (2020) <https://doi.org/10.22068/ijmse.17.2.13>
- 3 Kaliuzhnyi, O.B., Platkov, V.Y. The structure and properties of porous poly(tetrafluoroethylene). *J Polym Res* **29**, 32 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10965-022-02887-w>

ШВИДКІСТЬ РУХУ ДИСПЕРГОВАНИХ ЧАСТИНОК ЦИРКОНІЄВОГО ДРОТУ ПРИ МІКРОПЛАЗМОВОМУ НАПИЛЕННІ

Швидкість руху диспергованих частинок при плазмовому напиленні є важливою характеристикою процесу формування структури покриттів [1]. Так від швидкості руху частинки в момент удару об напилювану поверхню буде залежати ступінь її деформування, що в свою чергу буде впливати на щільність сформованої структури покриття та на розвиненість його морфології [2]. Тому встановлення швидкості руху диспергованих частинок при мікроплазмовому напиленні (МПН) цирконієвого (Zr) дроту є важливим етапом для розуміння механізму формування пористої структури біосумісного покриття.

Таблиця – Спланована матриця для дослідження впливу параметрів режиму МПН на швидкість руху диспергованих частинок Zr-дроту.

№ режиму	I, А	Q _{пл} , л/год	V _{др} , м/хв
1	26	240	4,8
2	26	240	2,9
3	26	160	2,9
4	26	160	4,8
5	16	240	2,9
6	16	240	4,8
7	16	160	4,8
8	16	160	2,9

Встановлення швидкості руху диспергованих частинок Zr-дроту в потоці мікроплазмового струменя було проведено за допомогою експериментально-розрахункової методики, яка полягала в отриманні серії фотознімків треків диспергованих частинок в потоці мікроплазмового струменя на ділянці 150 мм від зрізу сопла, які фіксували за допомогою цифрової камери із високою частотою кадрів для знімання. Розпи-

лення Zr-дроту проводили при параметрах режимів представлених в таблиці, яка була спланована за допомогою методу математичного планування. Основними досліджуваними технологічними параметрами процесу МПН Zr-дроту були обрані сила струму (I, А), витрата плазмоутворюючого газу (G_{пл}, л/год) та швидкість подачі дроту (V_{др}, м/хв).

Проведена обробка отриманого масиву даних цифрових зображень зафіксованих треків диспергованих частинок Zr-дроту в мікроплазмовому струмені показала, що їх середня швидкість руху змінювалась в діапазоні від (8,0±2,5) м/с до (28,7±4,0) м/с (рис. 1) та залежить від параметрів режиму МПН. Із застосуванням методу регресійного аналізу встановлено закономірності зміни швидкості руху диспергованих частинок Zr-дроту в залежності від параметрів режиму МПН, вплив яких відображає отримане рівняння регресії:

$$V_{\text{ч}}(\text{Zr}) = 0,94 \cdot I + 0,10 Q_{\text{пл}} + 2,36 \cdot V_{\text{др}} - 32,79. \quad (1)$$

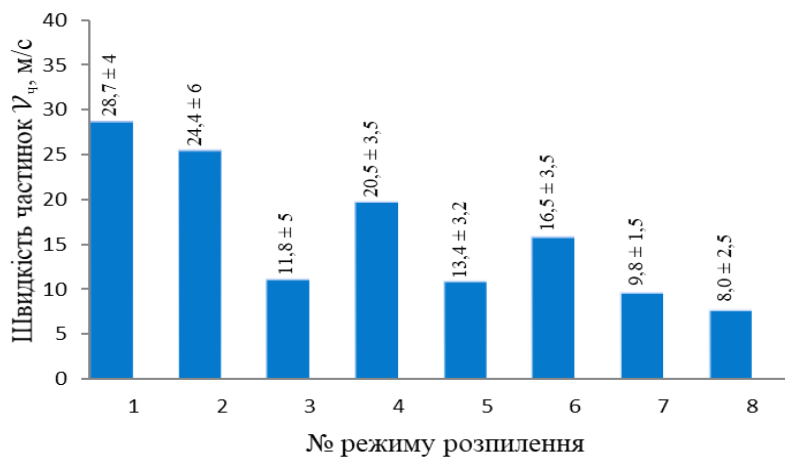


Рисунок 1 – Середня швидкість руху диспергованих частинок Zr-дроту при різних режимах МПН

Найбільш вагомими технологічними параметрами МПН майже з рівноцінним впливом є параметри режиму МПН сила струму та витрата плазмоутворюючого газу, від яких залежать умови початку процесу диспергації частинок з Zr-дроту і їх прискорення (рис. 2.).

Висновки: Визначено вплив параметрів МПН сили струму (I , А), витрати плазмоутворюючого газу ($G_{пл}$, л/год), швидкості подачі дроту ($V_{др}$, м/хв), на швидкість диспергованих частинок та отримано рівняння регресії, яке дозволяє прогнозувати зміну швидкості руху частинок від значень параметрів МПН Zr-дроту. Встановлено, що дисперговані частинки Zr-дроту, мають швидкість руху в діапазоні від $(8,0 \pm 2,5)$ м/с до $(28,7 \pm 4,0)$ м/с. Мінімальна швидкість часток $(8,0 \pm 2,5)$ м/с характерна для режиму № 8 (табл. 1) із найменшими граничними значеннями параметрів МПН. Розпилення МПН Zr-дроту із застосуванням параметрів режиму № 8 (табл. 1) дозволить найменше zdeформувати дисперговані частинки при взаємодії з основою поверхні, завдяки низькій швидкості їх руху, що забезпечить формування пористої структури Zr-покриття з найбільш вираженим мікрорельєфом поверхні, які знаходять своє практичне застосування на поверхнях деталей ендопротезів безцементного фіксування.

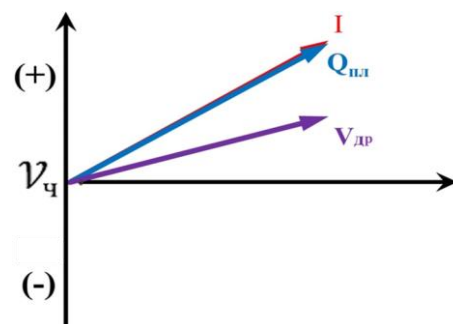


Рисунок 2 – Вплив параметрів режиму МПН на середню швидкість руху диспергованих частинок Zr-дроту

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Baldayev L.H., Borisov V.N., Vakhalin V.A. (2004) Gazotermicheskoye napyleniye: Uch. posobiye dlya vuzov. Pod obshch. red. L.H. Baldayeva. M.: Market DS. - 256 s
- 2 Kuzmin V.I., Gulyaev I.P., Sergachev D.V., Palagushkin B.V., Lebedev O.Y. (2021) Application of functional coatings by supersonic thermal plasma flows. Journal of Physics Conference Series 2131(5):052053.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХІВ АВІАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розробка системи електропостачання (СЕП) визначає критичний етап у створенні промислового підприємства. Вплив, який СЕП здійснює на виробничу вартість та безперебійну експлуатацію всього підприємства, є фундаментальним. У процесі проектування СЕП важливо враховувати передові технологічні рішення, такі як оптимальне розміщення компонентів електрообладнання, вибір схем живлення та різновидів обладнання.

Для підвищення енергоефективності СЕП можна розглядати можливість використання сонячної електростанції, яка могла бути встановлена на даху цеху. Використання сучасних систем управління дозволяє перетворити звичайну систему електропостачання на мікромережу (micro grid), що підвищує автономію функціонування системи, зменшує втрати електроенергії та економить активну та реактивну потужність [1].

Процес розробки СЕП передбачає виважений підхід до вибору елементів та параметрів, які впливають на її функціонування. Крім зазначених аспектів, слід враховувати інші фактори, такі як споживання енергії, забезпечення електробезпеки, дотримання стандартів та регулятивних вимог. Такий комплексний підхід дозволяє створити СЕП, що буде надійною та оптимізованою з точки зору вартості та продуктивності.

При створенні системи релейного захисту слід віддавати перевагу мікропроцесорним пристроям захисту, оскільки вони володіють численними перевагами перед електромеханічними аналогами, такими як вища точність, розширені функціональні можливості, компактні розміри та менший споживання енергії.

В умовах сучасного індустріального розвитку важливо мати ефективні та надійні системи електропостачання для забезпечення безперебійної роботи виробничих підприємств. Оскільки зростає технологічний рівень та популярність авіаційних модельних комплектів і заготовок, виникає актуальна потреба в створенні та впровадженні оптимальних систем електропостачання виробничих цехів, присвячених виробництву цих комплектів.

При визначенні силового навантаження кожного з чотирьох рівнів електропостачання необхідно враховувати груповий коефіцієнт k_v , який розраховується за формулою (1):

$$k_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{ni}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}, \quad (1)$$

де $\sum_{i=1}^n P_{ni}$ – потужність ЕП в групі.

Також, важливо враховувати радіальні лінії для ЕПС ЕП цеху по виготовленню модельних комплектів та заготовок.

Наприклад, при проектуванні цеху по виготовленню модельних комплектів та заготовок встановленою потужністю технологічного обладнання до 0,5 МВт опередньо можна закласти чотири СП для 2-го рівня ЕПС цеху.

Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової підстанції здійснюється через розрахунок густини питомих навантажень(2):

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_p \Sigma}{F} \quad (2)$$

Після цього проводиться розрахунок перерізів провідників, шляхом визначення максимального струму або через врахування втрат напруги трансформатора. Після чого розраховуються струми короткого замикання в мережі і обираються відповідні апарати захисту.

Вкрай важливим є розрахунок для заземлення ТП цеху. Кількість електродів для заземлення ТП залежить від, землі, на якій побудований цех, розмірів електродів, опор заземлювача штучного та питомого опору ґрунта.

Наближене число вертикальних електродів для заземлення цеху ТП розраховується за формулою(3):

$$n_{\text{В.набл}} = \frac{2*(L+B)}{\alpha}, \quad (2)$$

де α – висота стержнів, L, B – параметри цеху.

Дослідження цієї теми важливе, оскільки воно сприятиме подальшому розвитку виробництва авіаційних модельних комплектів та заготовок, а також спроможності адаптації підприємств до змін в умовах ринку та забезпечення якості продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1 Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. / Рудницький В.Г. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 280 с.

Карпюк Л.В.

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ЕНЕРГЕТИЦІ

В даний час великі та середні підприємства переходять на автоматизовані системи управління з причин: прагнення керівників покращити керованість на підприємстві, відстеження надходжень та збуту продукції, спроба зробити процеси управління максимально точними та прозорими, підвищення якості клієнтського обслуговування, створення єдиного інформаційного простору, а також підвищення ефективності роботи персоналу.

У сучасній електроенергетиці сьогодні найактуальніші ті самі тенденції, що і у промисловості: повна автоматизація технологічних процесів, прогнозування розвитку ситуації з урахуванням накопичення великих обсягів даних. Для електроенергетики поняття «цифрові мережі» та «цифрова підстанція» вже стали

реальними об'єктами. Але розвиток та масштабування даних технологій потребує нових рішень, які знаходяться на стику кількох галузей: енергетики, автоматизації та телекому.

Найбільш актуальним аспектом автоматизації в електроенергетиці, як і раніше, залишається обережне ставлення до впровадження сучасних та передових технологій з боку експлуатуючих організацій. Сучасні технології вже сьогодні дозволяють мінімізувати людський фактор в електронергетиці і, у свою чергу, різко підняти продуктивність праці. Приблизно 95% аварійних ситуацій у галузі відбувається з вини людини. Всі об'єкти, що знову вводяться, вже зараз є «необслуговуваними». Але відсоток нових об'єктів, що піддалися реновації, поки ще малий.

При виборі процесів для автоматизації потрібно йти від стратегії, керуючись чітким принципом головного. Для цього необхідно виділити основні цілі, яких потрібно досягти. Під кожною метою є такі процеси: планування (які ресурси необхідні для досягнення цієї мети), процес обліку досягнення мети та, нарешті, процес, власне, досягнення мети. Займатись потрібно в першу чергу цими процесами.

При впровадженні АСУ ТП слід виділити такі аспекти:

- застосування методів комп'ютерного моделювання під час проектування енергосистем (model-based systems engineering);
- облік технологічних особливостей функціонування розподіленої генерації;
- уніфікація інформаційних моделей пристроїв;
- підвищення надійності систем передавання даних;
- застосування надійних мікропроцесорів та довірених операційних систем.

Впровадження сучасних систем автоматизації вкрай необхідних для підвищення надійності роботи системи. Це спрямовано на суттєву модернізацію технологій у сфері інтелектуальної енергетики. Найбільш важливими складовими необхідної автоматизації є захист та оптимізація режимів роботи генеруючого обладнання та всіх ліній передач. Підвищення надійності досягається запровадженням сучасних методів моніторингу технічного стану обладнання, удосконаленням технологій ремонту шляхом впровадження так званих ремонтів «за станом» елементів. Найважливіше – цифровізація захисту та управління режимами роботи енергосистем та окремих генеруючих об'єктів. Практика показує, що основні зусилля розробників концентруються на реалізації інтелектуального захисту силових трансформаторів, вимикачів підстанцій, систем вимірювання на підстанціях та лініях електропередач.

Слід виділити критерії, за якими обладнання може бути рекомендоване для застосування в електроенергетиці:

- надійність – всі об'єкти енергетики мають життєво важливе значення;
- масштабованість – кількість модулів релейного захисту, лічильників електричної енергії, а також складніших комплексних вузлів – шаф управління може

досягати і кількох тисяч, і мільйонів пристроїв, вся ця система повинна завжди функціонувати без збоїв;

- якість – впливає на термін служби обладнання та на кількість аварійних ситуацій, що виникають через обладнання;
- захищеність – прилад має бути надійно захищений практично від усіх видів дії; електромагнітного, механічного, кліматичного, кібернетичного.

Автоматизація дозволяє насамперед вирішувати такі завдання: підвищення надійності та зниження впливу «людського фактора» при прийнятті рішення; діагностика обладнання, заснована на даних про його використання та режими роботи; розширення можливостей обладнання.

Також існує ціла низка питань, які повинна вирішувати автоматизація електроенергетичного підприємства:

- дозволяє суттєво підвищити захист енергомережі від перевантажень, коротких замикань, стрибків напруги;
- забезпечити нормальний рівень напруги та безперебійного живлення споживачів;
- мінімізувати споживання електроенергії;
- запобігти, локалізувати та знизити наслідки аварій;
- автоматизувати керування живленням обладнання;
- автоматизувати облік енергоспоживання.

Таким чином, автоматизація дозволить:

- значно скоротити контакт людини з електрикою, що призведе до зниження травматизму;
- підвищити кваліфікацію та матеріальну винагороду персоналу, за рахунок зменшення числа «випадкових людей»;
- підвищити продуктивність праці, зменшити час від появи заявки до виконання робіт.

Клименко А.В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,

Анісімов В.В., Анісімов В.М.

Український державний університет науки і технологій

ДИСТАНЦІЙНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ НА БАЗІ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З МОЖЛИВІСТЮ ВІДДАЛЕНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА КОРЕКЦІЇ РОБОТИ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Сучасний розвиток технологій призвів до створення дистанційних систем керування на базі робототехнічних систем. У окремих складних випадках виникає необхідність спостереження та корекції роботи системи у реальному часі. Як приклад можна взяти роботу віддаленого маніпулятора, що керується людиною-

оператором. Для надання операторові актуальної інформації щодо маніпулятора традиційно може використовуватись відео-камера, що передає зображення від маніпулятора до оператора у реальному часі [1]. Фактично, це дозволяє операторові наблизити відчуття від керування до відчуттів, що виникають при використанні власної кінцівки. Це значно збільшує інтуїтивну складову процесу керування, що, у свою чергу, пришвидшує навчання устрій та покращує якість керування.

Сучасні технології можуть дозволити вивести якість взаємодії між зовнішнім оператором та виконавчою системою на новий рівень, наприклад, за рахунок моделювання роботи виконавчого пристрою у реальному часі та надання цієї додаткової інформації оператору. Така інформація може доповнювати те, що оператор бачить на камері, надаючи більш точну інформацію про положення, показуючи розміри, відстані чи підсвічуючи необхідні елементи. Такий підхід має наступні переваги:

- абстрагування від деталей – можна надавати оператору ту інформацію, яка є актуальною на даний момент та приховувати іншу, зайву інформацію;
- точність – за рахунок того, що уся обробка виконується в межах цифрових пристроїв, точність наданої інформації є високою;
- віддаленість – оператор та виконавчий пристрій можуть знаходитись у будь-яких точках земної кулі.

Розроблено експериментальний варіант запропонованої схеми.

Для зручного керування периферійними приладами (як то – зчитування даних з датчиків, керування моторами, зміна температури, тощо) використано систему SCADA. Додатково розроблено графічний інтерфейс керування. Запропоновано інтерфейс керування розробити на платформі Unity, яка останнім часом все ширше застосовується не лише для розробки ігор, а й для утворення інтерактивного інтерфейсу різних додатків [2].

У подальшому з'явилась необхідність розробити модель виконавчого механізму. Було створено новий 2D проект Unity а в ньому – модель маніпулятора. Це дозволило успішно керувати реальним маніпулятором.

Після побудови моделі було виготовлено безпосередньо сам маніпулятор.

Для активного керування розробленими об'єктами створена відповідна програма мовою C#. Команди, які формуються даною програмою надсилаються і на модель і на реальний маніпулятор. Це візуалізовано на рисунку 1

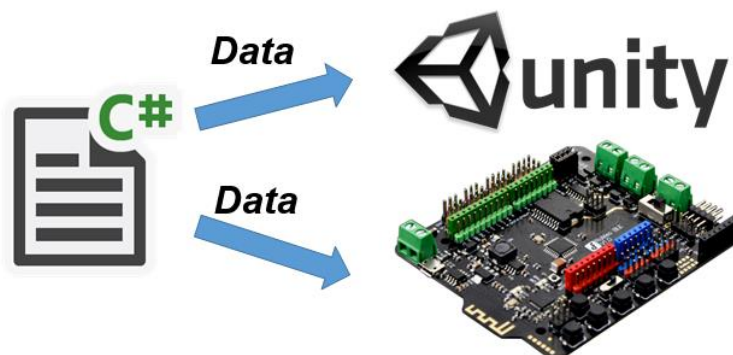


Рисунок 1 – Схема керування моделлю та реальним маніпулятором

Розроблена система є експериментальною та демонструє вищеописаний підхід до організації процесу керування виконавчим механізмом. Слід зазначити, що замість взятого в якості виконавчого механізму маніпулятора може бути будь-яка інша система, що підлягає керуванню, будь то медичне обладнання, верстат з числовим програмним керуванням або система паркінгу.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Ковальов Ю. А., Кошель С. О., Манойленко О. П. Проектування промислових роботів та маніпуляторів, Центр навчальної літератури. – 2019, – 256 с.
- 2 <https://unity.com>

*Клименко С.А., Манохін А.С, Копейкіна М.Ю.,
Клименко С.Ан., Чумак О.А.*

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

МОДЕЛЮВАННЯ ЕТАПУ ВРІЗАННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ ЗАГАРТОВАНОЇ ІНСТРУМЕНТОМ З РСВН

У зв'язку з широким використанням в промисловості сучасних конструкційних сталей і сплавів з високими механічними властивостями, існує стала тенденція поширення застосування різальних інструментів, оснащених композиціями на основі кубічного нітриду бору (PcBN) [1–3]. Такий інструмент дозволяє задовольнити вимоги до якості і точності деталей при одночасному підвищенні продуктивності їх формування не тільки в умовах сталого різання, а також при переривчастій обробці, наприклад при фрезеруванні.

Забезпечити стійкість інструментів із PcBN при переривчастій обробці можливо за рахунок використання робочих елементів, які мають заокруглену різальну кромку. Особливо це важливо для підвищення опору їх руйнуванню на етапі врізання в оброблюваний виріб.

Ефективним шляхом вивчення особливостей роботи інструментів є моделювання напружено-деформованого стану робочих елементів з різними величинами радіусу заокруглення різальної кромки.

У загальному вигляді, при врізанні інструменту в оброблюваний матеріал відбувається ковзання леза на певному куті $\psi_{ск}$ до тих пір, поки пластичні деформації не перейдуть від мікрорізання безпосередньо до різання, тобто коли товщина зрізу не досягне певного значення глибини a , відносно проникнення леза інструменту з радіусом заокруглення різальної кромки ρ . Таким чином, особливості контактування інструмента з оброблюваним матеріалом обумовлюють локальне зростання контактних навантажень. Аналіз розподілу напружень у зоні контактування демонструє, що максимальні їх значення на початковому етапі різання знаходяться на задній поверхні різця біля привершинної ділянки.

Діаграми сил різання демонструють наявність пікових навантажень у початковий період врізання інструменту в оброблюваний матеріал. Для інструменту з меншим радіусом заокруглення різальної кромки пікові навантаження мають величини більші середнього значення сили різання, що при малій площині контакту на початку врізання призводить до наростання контактних напружень.

На рис. 1 наведено залежності розрахованих еквівалентних напружень при врізанні від умов контактування – величини радіуса заокруглення різальної кромки, коефіцієнта тертя, швидкості різання. Небезпечна точка, де вимірювались напруження, розташована на задній поверхні інструменту в його привершинній зоні. У випадку гострого леза з малим радіусом заокруглення $\rho = 10$ мкм еквівалентні напруження σ_{eq} ($> 3,00$ ГПа) перевищують величину границі міцності під час розтягування і при таких навантаженнях різальний інструмент буде пошкоджений.

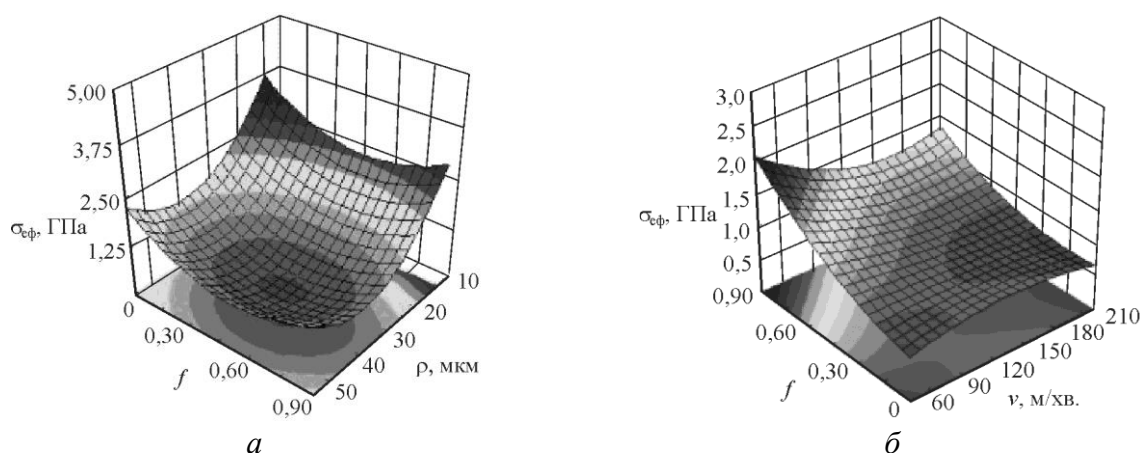


Рисунок 1 – Залежності еквівалентних максимальних напружень в небезпечній точці інструменту (контактна пара: сталь AISI52100, 53 HRC-РсВN борсиніт):

а – від радіусу заокруглення та коефіцієнту тертя ($v = 125$ м/хв.); б – від швидкості різання та коефіцієнту тертя ($\rho = 40$ мкм)

Пікові напруження в інструменті з $\rho = 50$ мкм сягають 1,10 ГПа. У той же час, у випадку, коли радіус заокруглення різальної кромки складає 30 мкм, у період врізання спостерігається поява напружень величиною до 1,35 ГПа. Таким чином у період врізання леза фрези в оброблюваний матеріал високої твердості величину радіусу заокруглення різальної кромки інструмента необхідно оптимізувати виходячи з критерію міцності матеріалу інструменту.

Швидкість різання розглядалася як окремий від коефіцієнту тертя фактор, що впливає на швидкість деформації та інтенсивність тепловиділення в зоні контакту. Цей параметр в умовах моделювання має найменший вплив на σ_{eq} , адже на етапі врізання (шлях різання 0,25 мм) суттєвого зниження механічних властивостей ще не відбувається.

Аналіз результатів моделювання напружено-деформованого стану леза інструменту показав, що в умовах, коли обробка виконується в умовах, де товщина зрізу досягає максимального значення, еквівалентні напруження в небезпечній зоні розташовані зі сторони передньої поверхні інструменту (0,72 ГПа), на від-

міну від випадку обробки в умовах ковзання інструмента та пластичного підми-
нання оброблюваного матеріалу. Отримані результати свідчать про можливість
обробки загартованих сталей інструментом з PcBN борсиніт (границя міцності
під час розтягування $R_m = 0,80$ ГПа).

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Инструменты из сверхтвердых материалов / под ред. Н.В. Новикова, С.А. Клименко.
– М. : Машиностроение, 2014. – 608 с.
- 2 Синтез и спекание сверхтвердых материалов для производства инструментов /
Н.П. Беженарь, А.А. Бочечка, Г.Д. Ильницкая и др.; под общ. ред. П.А. Витязя, В.З. Туркевича
– Мн. : Беларуська наука, 2021. – 337 с.
- 3 Высокопроизводительная чистовая лезвийная обработка деталей из сталей высокой тве-
рдости / С.А. Клименко, А.С. Манохин, М.Ю. Копейкина, и др.; под ред. С.А. Клименко. – К.
: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2018. – 304 с.

*Князев С.А., Субботіна В.В., Князева Г.О.,
Педченко Д.О., Сосонний О.В.*

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ЗМІНИ У СТРУКТУРІ НА АУСТЕНІТНІЙ СТАЛІ З ПОКРИТТЯМ НІТРИДУ ХРОМУ В ЯКОСТІ ДИФУЗІЙНОГО БАР'ЄРУ ПРИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Використання поверхневого модифікування матеріалів успішно викорис-
товується для вирішення різноманітних технічних задач. Такий метод дає змогу
отримати ефективний захист від корозії, ерозії або може використовуватися як
дифузійний бар'єр.

На даний момент існує досить велика кількість методів отримання тонких
плівки, як захисних бар'єрів. Основними типами є: PDV (physical vapor
deposition) фізичний метод випаровування; CDV (chemical vapor deposition) хімі-
чні методи випаровування; VDS (vapour deposition solidification) процес - являє
собойо вакуумний процес нерівноважної конденсації з пари рідкої фази з її пода-
льшим затвердінням [1, 2].

Одним із методів нанесення покриттів, який не погано себе показує в кате-
горії - ціна/якість є катодне розпилення. Отримані в присутності азоту нітридні
покриття забезпечують широке варіювання структури матеріалу шляхом зміни
розміру зерен, кристалографічної орієнтації, дефектів решітки, текстури, а також
фазового складу і мікроструктури поверхні та потенційно можуть бути викорис-
тані в якості дифузійних бар'єрів.

В якості матеріалу досліджень, на якому проводився експеримент, було об-
рано сталь AISI 304. На одній стороні нанесено тонкий шар нітриду хрому, друга

сторона вільна від нього. В якості агенту, що дифундує, було обрано бор. Дифузія відбувається в окисному середовищі термічної печі при температурі 800 та 1100 °С, протягом 5 годин.

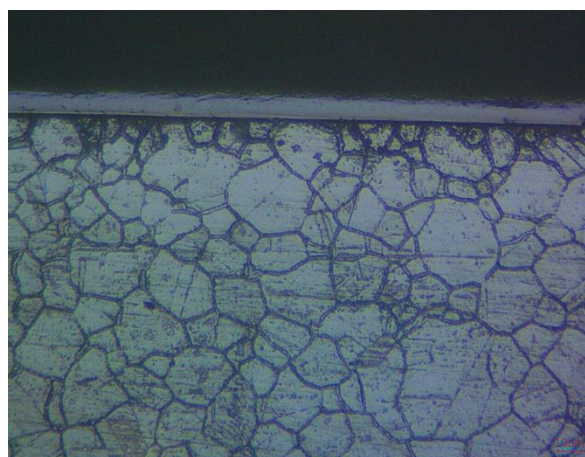
Мікротвердість отриманих покриттів нітриду хрому становить 16 - 26 ГПа. Товщина шару 23 мкм (рис. 1 а).

Після високотемпературного насичення при 800 °С суцільний шар нітриду хрому зберігається, при цьому помітна значна збиральна рекристалізація аустенітного зерна матеріалу підкладки (рис. 1 б).

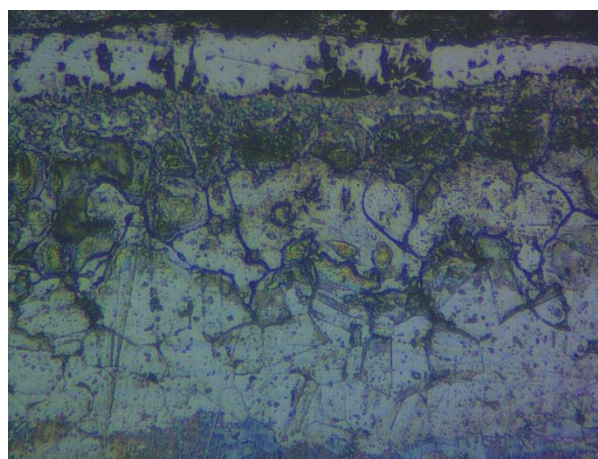
Після високотемпературного насичення при 1100 °С на поверхні аустенітної сталі присутня дифузійна активність, виражена у зміні структури, яка простягається на глибину щонайменше 130 - 150 мкм (рис. 1 в). Такі зміни можуть суттєво вплинути на механічні властивості тонколистового матеріалу (3 мм і менше). Зі сторони нітридного шару суцільний дифузійний шар становить не більше 20 мкм, а повний дифузійний шар, включаючи зону дифузії по границям аустенітних зерен - 100 мкм (рис. 1 г).



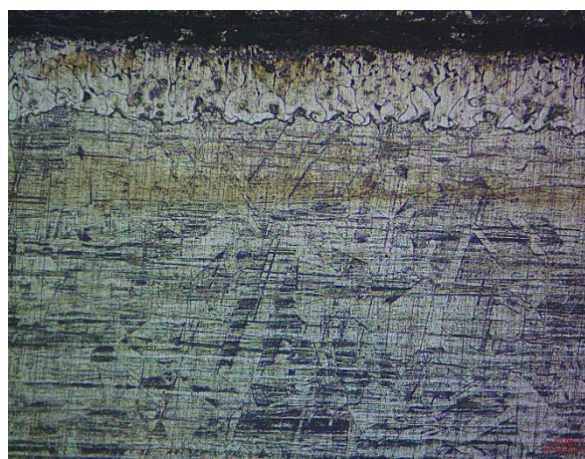
а (x500)



б (x500)



в (x500)



г (x100)

Рисунок 1 – Поперечний розріз станів поверхні

Таким чином, основні магістральні лінії проникнення дифузійного агенту у аустенітну сталь є границі зерен. При 1100 °С покриття нітриду хрому може суттєво затримати проникнення високо активного дифундуючого елемента і зменшити глибину проникнення у 1,3 – 1,5 разів, хоча слід визнати той факт, що

температура 1100 °С створює значні деструктивні умови перебування покриття з нітриду хрому.

ЛІТЕРАТУРА

1 Инженерия вакуумно-плазменных покрытий: Монография / Азаренков Н. А., Соболев О. В., Погребняк А. Д., Береснев В. М. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2011. – с. 343.

2 В. Tsizh, Z. Dziamski / Technological Methods of Forming Thin Semiconductor Layers Part 3. Cathode Sputtering / Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології, 2020, т. 22, № 93.

*Князева Г.О., Субботіна В.В., Князев С.А.,
Сосонний О.В., Педченко Д.О.*

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ТЕРМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ БАГАТОЕЛЕМЕНТНОГО ВИСОКОБОРИСТОГО СПЛАВУ З МАЛИМ ВМІСТОМ НІКЕЛЮ

Великий інтерес представляють термічно стабільні сплави. Під термічною стабільністю слід розуміти сплави, які за високих температур (вище 600 °С) мають мінімальні структурні зміни, а отже, слабо знижують механічні характеристики під час нагрівання. Таким чином, метою роботи було створення багатоелементного термічно стабільного сплаву з дисперсним розміром первинного зерна і використанням індукційної плавки.

Плавку проводили індукційним нагріванням. Шихта була сумішшю металевої стружки, борвмісної речовини і флюсу - активатора. Для дослідження використовувався оптико-емісійний елементний аналіз, металографічні дослідження, дюрOMETричні дослідження і рентгеноструктурний аналіз. Склад шихти підбирався теоретично. Результати елементного аналізу дають змогу оцінити ступінь засвоєння бору з шихти в сплав, що є підставою для розрахунків введення кількості бору в подальших експериментах. Цікавим є той факт, що простежується тенденція зменшення шкідливих домішок (сірки та фосфору) зі збільшенням кількості бору (таблиця 1). Бор є ефективним розкислювачем, який активно витісняє сірку та фосфор у шлак, оскільки є також відомим поверхнево-активним елементом.

Таблиця 1 – Результати елементного аналізу зразків

Зразок/Елемент	C	B	Cr	Mn	Si	Ni	S	P	Fe основа
Металева складова шихти	0,08	-	6,5	2,7	1,3	1,6	0,053	0,05	Решта
Плавка 1	0,03	0,05	6,4	2,6	1,1	1,6	0,051	0,039	Решта
Плавка 2	0,05	0,285	6,3	2,5	1,0	1,5	0,05	0,037	Решта
Після відпалу	0,03	0,27	6,3	2,3	0,95	1,5	0,05	0,037	Решта
Плавка 3	0,06	6,3	6,1	2,1	0,9	1,3	0,039	0,036	Решта

Металографічні дослідження показали істотні зміни в морфології структури в залежності від вмісту бору в сплаві.

За класичного вмісту бору (мікролегування 0,05 % бору) структура складається з матричного твердого розчину, який слабо травиться, і дрібних рідко розміщених дендритів. Так само спостерігається пористість.

При збільшенні бору в сплаві (0,285 % бору) характер структури змінюється. Структура складається зі світлих зерен (середній розмір 20,7 мкм), евтектичної структури (дисперсність елементів до 2,7 мкм) і чорних включень розміром 5,8 мкм. У результаті п'яти годинного відпалу за 1300 °С мікроструктура має незначні зміни. Головним чином трансформація відбувається в евтектичній складовій з певним огрубінням фаз (дисперсність до 7 мкм) (рис. 1).

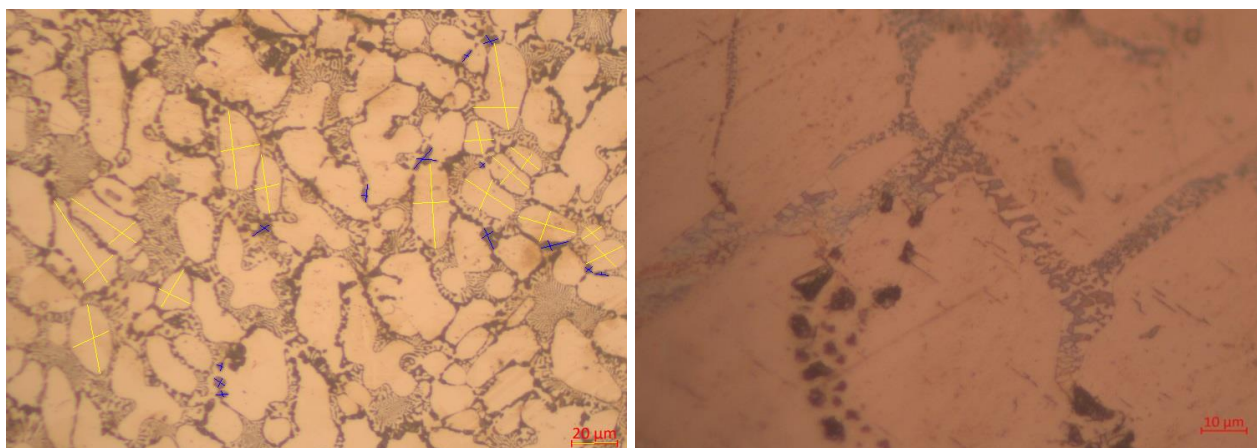


Рисунок 1 – Структура сплаву з 0,285 % бору у вихідному стані (x200) та після відпалу (x1000)

При збільшенні бору в сплаві до 6,3 % морфологія структури кардинально змінюється і стає схожою на структуру високоміцних чавунів з кулястим графітом.

ДюрOMETричні дослідження показали сильний вплив бору на макротвердість. Отримані результати характерні для інструментальних сталей. Після відпалу зразок із найменшим вмістом бору має твердість 25 HRC, а решта знижують твердість на 6 - 7 одиниць.

Мікротвердість окремих фаз висока. Для високобористого сплаву з 6,3 % бору матричною структурою є борид Fe_2B з характерною для нього твердістю 14 ГПа. Водночас твердість зерен сплаву з 0,285 % бору 7,4 ГПа є заниженою для бориду Fe_2B , але високою для твердого розчину. Проте рентгеноструктурний аналіз показав наявність для цього зразка бориду Fe_2B і твердого розчину на основі заліза як головних фаз.

Можна припустити, що зерна складаються з нестехіометричного бориду, який сформувався в умовах процесів індукційного плавлення, що швидко протікають. Невелика різниця між атомними діаметрами між залізом і бором призводить до малої дифузійної рухливості сплаву (бор є відомим аморфізатором), що призводить до формування нетипової структури для рівноважного стану. Такий борид повинен мати підвищену пластичність, ніж борид, отриманий у процесі однофазного борування.

Отримані сплави (особливо сплав плавки № 2) мають серйозні перспективи для розвитку та подальшого впровадження, проте їхні властивості потребуватимуть подальших поглиблених досліджень.

*Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Сидюк Д.М.
Донбаська державна машинобудівна академія*

ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

Життєвий цикл машинобудівного заводу включає чотири етапи: проектування, впровадження, експлуатація та оптимізація, але, починаючи з впровадження якість цих процесів суттєво впливає на досягнення проектних показників життєвого циклу кожного виробу машинобудівної промисловості.

Дизайн машинобудівних виробів. На етапі проектування машинобудівних виробів важливо врахувати всі фактори, які впливають на продуктивність, ефективність та якість продукції.

Конструювання вузлів. На цьому етапі визначаються геометричні параметри деталей, які задовольняють технічним вимогам. Для цього необхідно врахувати такі фактори, як міцність, точність, тип матеріалу, коефіцієнт безпеки, функціональні вимоги та сезонні варіації. Також на цьому етапі важливо провести аналіз впливу змін на результат за допомогою чутливого аналізу. Це допоможе виявити потенційні проблеми та оптимізувати рішення.

Розробка системи технологічної обробки. На цьому етапі розробляється конфігурація та планується типи обладнання для різних операцій. Важливо врахувати такі фактори, як кількість обробних верстатів, підйомно-транспортного обладнання, логістичні концепції та ефективне використання простору на площадці виробництва.

З метою системного аналізу різних можливих варіантів виробництва доцільно створити спеціалізовану бібліотеку моделювання машинобудівної продукції. Ця бібліотека повинна містити детальні моделі різних типів технологічного обладнання та операцій.

Використання моделювання. Моделювання є важливим інструментом для підвищення продуктивності, ефективності та якості машинобудівних виробів. Воно дозволяє:

- точніше оцінити різні стратегії та рішення;
- оптимізувати виробничий процес;
- виявити потенційні проблеми на ранніх етапах розробки.

Дослідники та виробники активно використовують моделювання для вирішення різних проблем у машинобудуванні. Однак, як правило, вони фокусуються на вирішенні окремих проблем, таких як ефективність обробки виробів,

оптимальне розташування робочих зон, вибір обладнання тощо. Теоретичні результати, отримані дослідницьким співтовариством, мають велике значення для комерційного сектору. Вони можуть бути використані для розробки нових підходів до підвищення продуктивності та оптимізації машинобудівної продукції.

Етап впровадження. Операційні системи для машинобудівних виробів (TOS) є важливим і критичним компонентом для машинобудівних підприємств. Впровадження нових TOS завжди було складним завданням, оскільки очікування від виробництва та якість TOS не завжди відповідали один одному.

Імітаційне моделювання. Для вирішення цієї проблеми можна використовувати імітаційну модель машинобудівного виробництва, яка включає у себе моделі машин, обладнання, операцій та діяльності. Такий підхід дозволяє провести глибоке тестування та оцінку якості систем TOS.

Емуляційне моделювання. Емуляційний підхід вимагає більш комплексних тестових сценаріїв, але забезпечує повністю інтегровану перевірку взаємодії між різними компонентами виробництва. Незважаючи на складність, цей підхід виявляється надзвичайно цінним для виявлення та виправлення помилок. Крім того, віртуальний виробничий процес надає змогу отримати ключові показники продуктивності, такі як ефективність обладнання та час очікування. Це стало значущим аспектом оцінки ефективності машинобудівних операцій. Таким чином, дизайн машинобудівних виробів та впровадження TOS є важливими етапами життєвого циклу машинобудівного заводу. Використання моделювання дозволяє підвищити ефективність цих етапів та забезпечити якісну продукцію.

Використання віртуальної реальності в машинобудуванні. Віртуальна реальність (VR) є потенційною технологією, яка може значно підвищити ефективність машинобудівних виробництв. VR може використовуватися для навчання персоналу, оптимізації експлуатації та контролю якості.

Навчання. Використання VR для навчання персоналу машинобудівних виробництв має ряд переваг перед традиційними методами навчання. VR дозволяє:

- більш точно відобразити реальні умови виробництва, що допомагає операторам краще зрозуміти принципи роботи обладнання та систем;
- створити більш захоплюючий і ефективний навчальний процес, що сприяє підвищенню мотивації персоналу;
- знизити ризики травмування під час навчання, оскільки оператори не працюють з реальним обладнанням.

Оптимізація експлуатації. VR також може бути використана для оптимізації експлуатації машинобудівних виробництв. Наприклад, VR можна використовувати для:

- налаштування параметрів системи управління виробництвом (СУВ) в режимі оптимізації, що дозволяє експериментувати з різними сценаріями та налаштуваннями, щоб визначити оптимальні параметри для конкретних умов виробництва;
- перевірки плану робочої зміни, що дозволяє перевірити, чи план відповідає оптимальним параметрам СУВ і чи він забезпечує ефективність виробництва.

Контроль якості. VR також може використовуватися для контролю якості машинобудівних виробів. Наприклад, VR можна використовувати для:

- відтворення реальних умов експлуатації, що дозволяє тестувати вироби в більш реалістичних умовах, ніж це можливо в лабораторних умовах;
- відтворення різних сценаріїв використання, що дозволяє оцінити надійність виробів в різних умовах.

Висновок. Використання VR в машинобудівному виробництві і наступним етапом експлуатації є перспективним напрямком, який має потенціал для значного підвищення управління життєвим циклом виробів. Однак, для того, щоб VR-технології могли бути ефективно використані в машинобудуванні, необхідно розробити спеціальні VR-платформи, які відповідають специфічним потребам машинобудівних підприємств.

Ковалевський С.В., Сидюк Д.М., Дятленко В.І.
Донбаська державна машинобудівна академія

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ОЦІНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Авторами розроблено методичний підхід, що базується на кодуванні інформації про технологічні системи і виявляється важливим в контексті аналізу та класифікації цих систем. Ефективність цього підходу пояснюється декількома ключовими факторами. По-перше, кодування структуровано представляє характеристики систем у вигляді числових значень або символів, спрощуючи подальший аналіз і порівняння. По-друге, цей підхід відкриває можливість застосування математичних методів, таких як алгоритми кластеризації, для обробки та групування схожих систем. Об'єктивність у оцінці забезпечується чіткими критеріями, знижуючи суб'єктивні впливи.

У табл. 1 представлені класифікаційні ознаки технологічних систем, а також оцінки у вигляді балів за кожною ознакою. Ознаки включають організаційно-структурні характеристики, ступінь автоматизації, характер виробництва, характер випуску продукції, ступінь впорядкованості та ентропія, ефективність, тип керування та ступінь інтеграції з інформаційними технологіями. Бали, надані кожній ознаці, відображають її важливість.

Цей підхід до бальної оцінки має обґрунтовану доцільність у нормалізації оцінок різних факторів. Використання однакового діапазону балів дозволяє уникнути переваги або недоліків певних категорій оцінок, створюючи об'єктивніші умови порівняння і аналізу різних аспектів технологічних систем.

Кодування в табл. 2 використовується для узагальнення комплексної оцінки технологічних систем і порівняння їх ефективності на основі важливих показників. Оцінка враховує ступінь автоматизації, характер виробництва, тип ке-

рування, інтеграцію з інформаційними технологіями та інші аспекти. Ця уніфікована бальна шкала дозволяє об'єктивно порівнювати різні технологічні системи.

Таблиця 1 – Бальна оцінка класифікації технологічних систем за ключовими характеристиками

Класифікаційна ознака	Вид	Бали
За організаційно-структурними ознаками: A	Прості технологічні системи (наприклад, одиночні верстати) – A1	4
	Складні технологічні системи (наприклад, виробничі лінії) – A2	8
	Інтегровані технологічні системи (наприклад, автоматизовані заводи) – A3	12
За ступенем автоматизації: B	Ручні системи – B1	3
	Півавтоматизовані системи – B2	6
	Автоматизовані системи -B3	9
	Роботизовані системи – B4	12
За характером виробництва: C	Дискретні виробничі системи (виробництво окремих виробів) – C1	6
	Континуальні виробничі системи (неперервний виробничий процес) -C2	12
За характером випуску продукції: D	Ексклюзивне виробництво -D3	4
	Серійне виробництво -D2	8
	Масове виробництво – D1	12
За ступенем впорядкованості та ентропією: E	Низька впорядкованість і висока ентропія (неструктуровані системи) – E1	6
	Висока впорядкованість і низька ентропія (структуровані системи) – E2	12
За ступенем ефективності: F	Низька ефективність – F1	4
	Середня ефективність – F2	8
	Висока ефективність (досягнення максимальних результатів при мінімальних витратах) – F3	12
За типом керування: G	Механічне керування – G1	4
	Електронне керування – G2	8
	Керування з використанням штучного інтелекту – G3	12
За ступенем інтеграції з інформаційними технологіями: H	Системи з низьким рівнем інформатизації – H1	4
	Інформаційно-керовані системи – H2	8
	Системи з використанням індустрії 4.0 технологій – H3"	12

Кодування, де кожна літера та цифра має своє призначення, є важливим елементом системи оцінки технологічних систем. Ця система дозволяє узагальнити комплексну оцінку та порівняти ефективність систем на основі ключових показників. Уніфікований діапазон балів допомагає об'єктивно порівнювати системи різної складності, враховуючи різні аспекти, такі як ступінь автоматизації, характер виробництва, тип керування та інтеграція з інформаційними технологіями.

Таблиця 2 – Загальні оцінки кодів технологічних систем

Технологічна система	Код	Загальна оцінка коду
Традиційні концентровані виробничі системи:	A1B1C2D2E1F1G1H1	45
Автоматизовані концентровані виробничі системи	A2B3C2D2E2F2G2H2	73
Інтегровані виробничі системи	A3B3C2D2E2F2G2H2	77
Мережеві виробничі системи	A3B3C2D2E2F2G2H3	81
Інтелектуальні мережеві виробничі системи	A3B4C2D2E2F3G3H3	82

З врахуванням цієї системи оцінки сформовані основні напрямки інноваційного розвитку у машинобудуванні. По-перше, важливо провести оцінку технічних та технологічних потреб галузі, включаючи аналіз сучасних методів, матеріалів і технологій для поліпшення виробничих процесів та створення високоякісних продуктів. Другим напрямком є фінансове планування та оцінка ресурсів, враховуючи обсяг фінансування для впровадження інноваційних технологій і розглядаючи різні джерела фінансування. Зрештою, розвиток інтелектуальних виробничих систем визначається як ключовий елемент у сфері машинобудування.

S. Kovalenko, R. Ponomarenko, Y. Ivanov
National University of Civil Protection of Ukraine

IDENTIFICATION OF THE IMPACT OF SURFACE WATER BODIES AT THE EXPENSE OF GROUNDWATER, WHICH PROVIDES EXCHANGE BETWEEN TRIBUTARIES

Given the close interconnectedness of individual environmental components, it is particularly important to establish comprehensive monitoring covering surface water and groundwater. Such monitoring should include environmental protection measures in industry and agriculture, including stationary observations at possible water body pollution sites. The physicochemical composition of groundwater depends, on the one hand, on the composition of geological rocks, and, on the other hand, on the composition of water seeping into it from the ground surface. Pollution of surface and groundwater can pose a threat to human health and ecosystems. The increase in the content of pollutants in water bodies is a result of the constant or accidental discharge of wastewater from industrial or municipal enterprises, agricultural runoff, pesticides and fertilizers. Drinking water is extremely important for human health and plays a key role in physiological processes: it is necessary to maintain the body's water-salt balance, dissolve and remove toxins, promote the distribution of nutrients, etc. According to the report "Analysis of the impact of climate change on water resources in Ukraine," the authors found that as of 2021, 65% of groundwater resources are concentrated in the northern and northwestern parts of Ukraine (Dnipro-Donetsk and Volyn-Podilskyi artesian basins), while the southern part of Ukraine, on the contrary,

has limited groundwater resources. The total renewable water resources of Ukraine amount to 175.3 km³ per year, of which 97% is formed by surface river runoff and only 3% (5 km³) by groundwater. An analysis of recent relevant publications and studies has shown that studies have been conducted on the quality of surface and groundwater in Ukraine and the causes of deterioration in their ecological condition have been identified, but insufficient attention has been paid to the impact of surface water bodies of upstream tributaries on those located downstream of the main river, taking into account the presence of groundwater.

In the Earth's crust, water mixing is often observed, which leads to a reaction between ions. Vernadsky's book *Biosphere* states that the source of cations and anions for surface and groundwater on continents is most often soils. The decomposition of plant residues in the soil supplies carbon dioxide to the water, which, when dissolved, produces the hydrogen carbonate anion HCO₃⁻. For river and lake waters, along with the decomposition of organic residues in the soils of the basins, the activity of the organisms inhabiting the water body is also important.

Chloride ions are one of the most important biogenic ion elements found in living organisms. Chloride ions have a wide range of applications, for example, in the production of hypochlorous acid, bleach, and chlorination of ores to produce non-ferrous and rare metals. In agriculture, chlorides are used in pest control products. Most chlorides are highly soluble in water, with the exception of silver chloride (AgCl), which is insoluble in water, and lead chloride (PbCl₂), which is slightly soluble. Chlorine-containing compounds are not consumed by biological organisms, they are not converted into other compounds, such as ammonium is converted into nitrite and nitrate as a result of the nitrification process. Chlorides can enter water bodies from water supply and wastewater treatment plants if active (gaseous) chlorine is used at the treatment plant to disinfect water for supplying drinking water to consumers through water supply networks. Since chlorides are a fairly stable compound, they were chosen to study the impact of surface water bodies, namely the Psel River on the Vorskla River downstream of the Dnipro River, taking into account the geological influence of one river on the other.

The purpose of the study is to determine the impact of groundwater exchange between tributaries on the ecological quality of surface water bodies within the sub-basins of the according to the basin principle of water resource management.

The impact of the Psel River on the water quality of the Vorskla River was studied at observation posts that are geographically located one below the other in the direction of the main river. The results showed that the influence of the upstream tributary on the water quality of the downstream tributary can be traced along the entire length of the tributary. Previous studies have shown that the trend of the Psel River's influence on the water quality of the Vorskla River has been maintained over the years. There is reason to believe that similar impacts of water flow on the formation of a certain level of ecological quality of surface water should be expected for other constituents present in the groundwater connecting the tributaries.

Thus, according to the conclusions of the analytical work, it is argued that when determining the factors that shape the composition of surface waters and assessing their

environmental quality, it is necessary to conduct additional research on the presence of geological influence along one river on another, taking into account the existing impurities in the waters of tributaries. In further studies, the results obtained can be used to develop and implement a reliable and effective model for predicting the ecological status of surface waters in the Dnipro subbasins.

Ковба М.О., Козуляк М.І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМ ОБ'ЄКТОМ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Дослідження системи керування тепловим об'єктом з використанням нечіткого регулятора та моделювання даної системи проводимо в програмі Simulink пакету MATLAB. У налаштуваннях блоку Fuzzy Logic Controller with Rule Viewer необхідно здійснити прив'язку до файлу нечіткого регулятора, сформованому в редакторі FIS Editor. Модель системи керування температурою на об'єкті з використанням нечіткої логіки зображена на рис.1 [1].

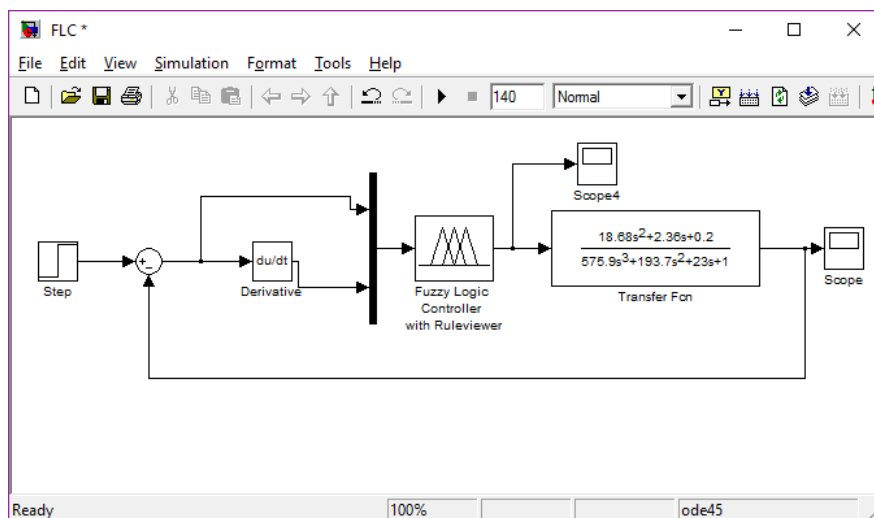


Рисунок 1 – Схема системи керування на базі нечіткої логіки

Натиснувши двічі на блок Scope, отримуємо зображення графіка залежності зміни температури від часу (рис. 2.).

Маючи даний графік перехідного процесу, можна визначити прямі показники якості регулювання за методикою як у попередньому розділі даної роботи. Таким чином, визначимо прямі показники якості системи : час перехідного процесу: $t = 64c$; еререгулювання: $\sigma = \frac{A_1}{x(\infty)} \cdot 100\% = \frac{1-1}{1} \cdot 100\% = 0\%$;
ступінь затухання: $\psi = 1 - \frac{A_3}{A_1}$.

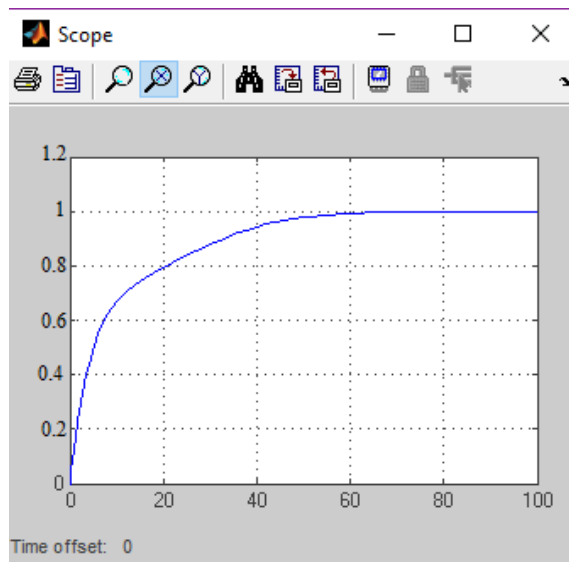


Рисунок 2 – Графік виходу системи (залежність зміни температури від часу)

Для аналізу якості системи керування при здійсненні на неї випадкових впливів, зокрема сигналу шуму в каналі завдання та сигналу збурення в каналі регулювання, переглянемо як змінився графік перехідної характеристики при введенні даних сигналів. Для моделювання даних сигналів в середовищі Simulink використовуємо блок Uniform Noise Generator. Розпочавши симуляцію, переглядаємо результат у вікні Scope.

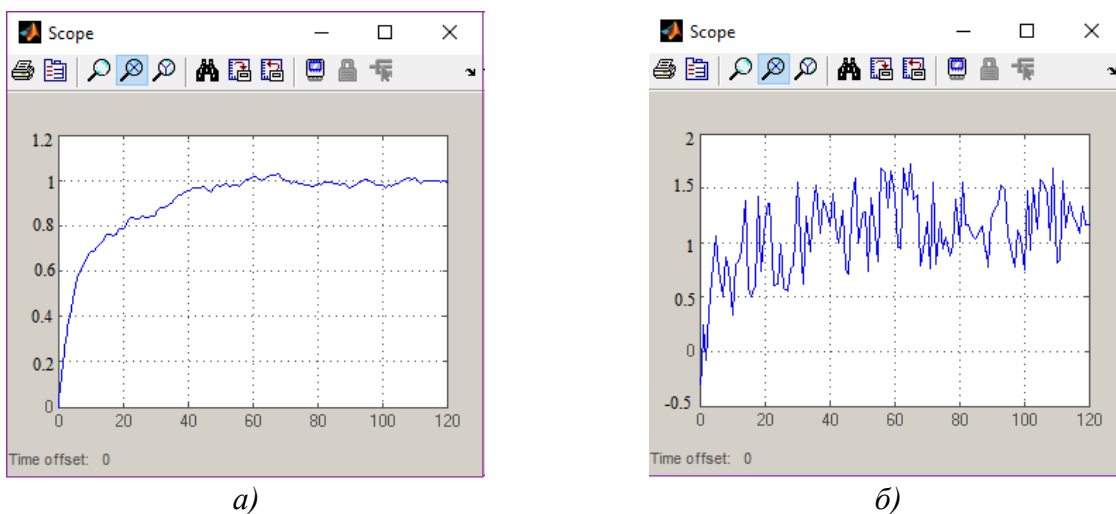


Рисунок 3 – Графік перехідного процесу системи керування з нечітким регулятором при введенні: а) шуму в канал завдання; б) збурення в канал регулювання [1]

Потім, вилучивши блок генератора шумів з каналу завдання, вводимо його в канал регулювання. У вікні Scope переглядаємо результат моделювання. На рис. 3 а), зображена перехідна характеристика системи керування при дії на сигнал завдання сигналу шуму певного рівня. На рис.3 б) наведено реакцію системи керування на введення додаткового сигналу збурення на рівні приблизно 35% по каналу регулювання.

На основі одержаних результатів дослідження, можна спостерігати хорошу якість системи керування на базі нечіткого ПД-регулятора. Порівнюючи якість регулювання даної системи та системи на базі традиційного ПД-регулятора,

можна відзначити, що в нечітій системі керування перерегулювання відсутнє і показник степені затухання рівний 1, однак час регулювання більший на третину.

ЛІТЕРАТУРА

1 Семенцов Г.Н., Чигур І.І., Шавранський М.В., Борин В.С. Фазі-логіка в системах керування: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2002. – 84 с.

Ковтун Д.Є.

Національний університет цивільного захисту України

ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЛУЧЕННЯ ЦІННИХ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ ІОНООБМІННИХ СМОЛ

Основними напрямками ресурсозберігаючих технології є процеси по зниженню енергетичних та ресурсних витрат промислових процесів. На сьогоднішній день актуальним, стає впровадження систем переробки відходів промисловості, за для отримання з них матеріалів, які в подальшому можна повторно використовувати у технологічному процесі.

Відомі методи вилучення коштовних речовин з відходів, такі як: пірометалургія, гідрометалургія, біогідрометалургія, електрохімічні технології, механохімічні технології, метод іонного обміну.

Недоліками відомих процесів є значні ресурсні та економічні витрати, утворення небезпечних речовин та низький відсоток вилучення цінних металів.

Перспективним є використання іонообмінних смол, в комплексі з гідрометалургійним, електрохімічним, або піролітичним процесом.

Під час роботи гальванічних цехів, утворюються стічні води до складу яких входять важкі метали. При використанні селективних іонообмінних смол, можна вилучати такі цінні елементи як Со. Підходящою буде іонообмінна смола з функціональною групою SO_3H .

Схема процесу вилучення кобальту виглядає наступним чином: стічні води гальванічного цеху подають на іонообмінний фільтр. Після повного насичення іонообмінної смоли іонами кобальту утворюється сполука SO_3Co . Далі іонообмінну смолу вилучають і обробляють сірчаною кислотою – процес елюювання. Отримана сполука є добре розчинною у сірчаній кислоті, з утворенням сульфату кобальту. Наступним кроком є отримання CoO , при термічному розкладі. Отриманий продукт в подальшому також можна перевести в металічну форму.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПЕЧІ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

Для покращення властивостей та структури металевих виробів необхідна термічна обробка, яка досить часто виконується у муфельних печах з електричним підігрівом. Створення математичної моделі печі термічної обробки невеликих заготовок доцільно провести за результатами активного експерименту з метою отримання точніших характеристик, які описують температурне поле в ній [1]. Принципова схема досліджуваної установки показана на рис.1а.

На рівні оператора розгорнута SCADA система Smart Revie з архівною станцією та мнемосхемою. Результати вимірювань температур у верхній та нижній точках взірця фіксувались за допомогою експериментального двоканального програмного регулятора температури МК-344 (виробництва ТОВ Мікрол) з покращеними метрологічними характеристиками вимірювального каналу. Точність вимірювання температури складає 0.05°C ТХА (К), що є важливою умовою застосування пристрою для підтримування температури в межах 1°C у відповідності до регламенту процесу.

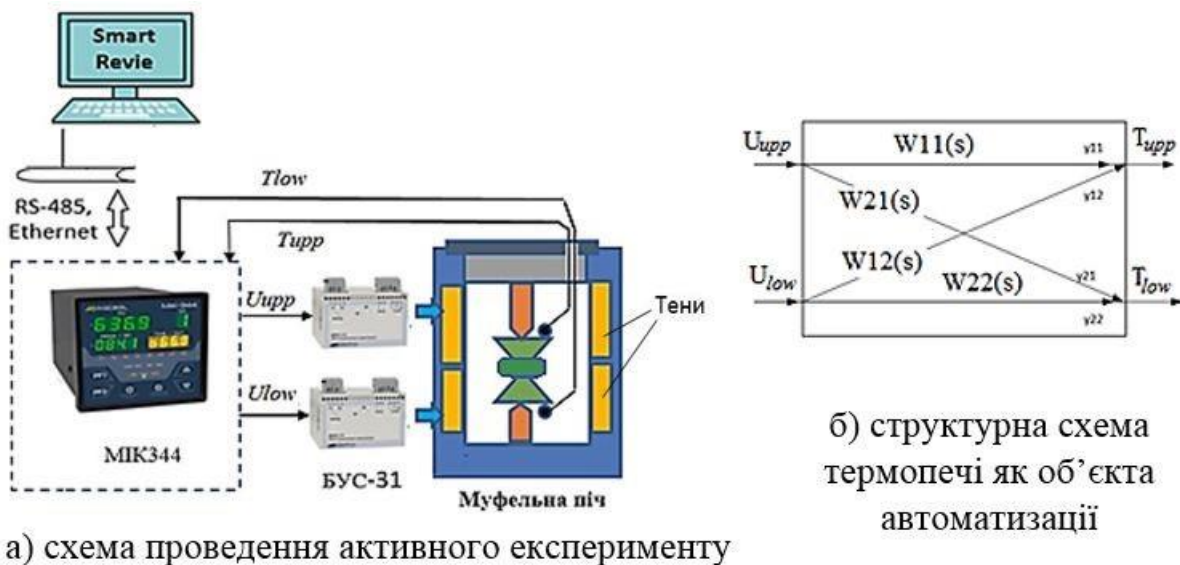


Рисунок 1 – Дослідження динамічних властивостей печі термообробки

Регулятор необхідно перевести в ручний режим і з його передньої панелі чи з панелі АРМ оператора стрибкоподібно змінювали потужність нагріву відповідного тону через симісторний підсилювач БУС-31 з число-імпульсним керуванням.

Муфельна піч з точки зору автоматизації представляє собою об'єкт з двома входами і виходами (рис.1 б). Оскільки в процесі термообробки важливо підтримувати стабільне температурне поле в контрольних точках металевого виробу (розбіжність температури по довжині виробу менше за 1°C для отримання необхідних характеристик металу, тому необхідно задіяти при нагріві обидва тени.

За результатами активного експерименту встановлено динамічні властивості по всіх каналах об'єкта керування. Нормовані передавальні функції мають структуру представлену залежністю (1), а відповідні коефіцієнти представлені в табл.1.

$$W(s) = \frac{k^* \cdot (1 + \sum_{j=1}^m b_j s^j)}{1 + \sum_{i=1}^n a_i s^i}. \quad (1)$$

Таблиця 1 – Параметри емпіричних моделей каналів управління тернопечі

Передавальні функції	k^*	Параметри чисельника ПФ			Параметри знаменника ПФ			
		b_0	b_1	b_2	a_0	a_1	a_2	a_3
$W_{11}(s)$	11.71	7828.23	97.77	1	559116.88	16854.16	206.53	1
$W_{12}(s)$	11.48	7724.32	97.20	1	612374.61	17821.93	211.50	1
$W_{21}(s)$	3.75	10401.34	136.80	1	1596016.46	34051.10	290.59	1
$W_{22}(s)$	4.322	9560.48	111.38	1	1133264.06	26531.02	254.91	1

З метою співставлення емпіричних моделей за різними каналами передачі сигналів з експериментальними даними похибка апроксимації обчислювалась як сума квадратів різниць між нормованими модельними і безрозмірними розгінними характеристиками. Для каналів з виходом T_{low} похибка не перевищує $7,435 \cdot 10^{-3}$, а для каналів з виходом T_{upp} - $3,333 \cdot 10^{-3}$. Отже знайдені емпіричні моделі адекватні експериментальним даним.

Для якісної оцінки взаємовпливу каналів керування в динамічному режимі використовується комплексний коефіцієнт зв'язаності $|K_{зв}(j\omega)|$

$$K_{зв}(j\omega) = \frac{W_{12}(j\omega) \cdot W_{21}(j\omega)}{W_{22}(j\omega) \cdot W_{11}(j\omega)}$$

При зміні ω в робочому діапазоні частот $[0 \dots \omega_p]$, коефіцієнт зв'язаності знаходиться в межах $0,59 < |K_{зв}(j\omega)| \leq 0,85$. Це свідчить про те, що основні та перехресні зв'язки є рівносильними і при синтезі систем регулювання слід враховувати вплив перехресних каналів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Горбійчук М. І., Лазорів Н.Т., Когутяк М. І., Мануляк І.З. Експериментальні дослідження динамічних властивостей муфельних печей // НАУКОВИЙ ВІСНИК Національного гірничого університету. 2023.№3(195).с.144-150.

ОСОБЛИВОСТІ СТІНОВИХ ЛИЧКУВАЛЬНИХ ПАНЕЛЕЙ ВИГОТОВЛЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ СТЕБЕЛ РІПАКУ

Актуальність теми. Проведений аналіз останніх досліджень з використання відходів сільськогосподарського виробництва для виготовлення продукції целюлозно-паперового виробництва та виробництва деревинних композиційних матеріалів дає підстави зробити висновок про те, що, окрім пшеничної та житньої соломи, є доцільним використання з цією метою і стебел ріпаку. Із соломи ріпаку (2-6 тонн з гектара) можна виготовляти папір, целюлозу, картон. [3].

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – встановити закономірності впливу технологічних параметрів на властивості личкувальних панелей, виготовлених на основі лігноцелюлозних композиційних матеріалів з наповнювачем із деревини та подрібнених стебел ріпаку.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити такі основні завдання:

- дослідити вплив складу вихідної композиції, розмірів ріпакових частинок на фізико-механічні властивості личкувальних панелей.
- встановити можливість і доказати доцільність використання стебел ріпаку у виробництві стінових личкувальних панелей з необхідними естетичними якостями;

Методика досліджень. Дослідження проводилися за трьома напрямками.

Перший напрямок дослідження був направлений на визначення впливу співвідношення ріпакових і деревинних частинок у вихідній композиції на фізико-механічні властивості арболіту.

Другий напрямок досліджень був присвячений визначенню впливу фракції ріпакових частинок на фізико-механічні показники та естетичні якості личкувальних панелей.

Третій напрямок досліджень був направлений на дослідження впливу вмісту клею на фізико-механічні властивості личкувальних панелей.

Змінними факторами при проведенні досліджень впливу основних технологічних параметрів сировини і матеріалів на властивості деревинних композиційних матеріалів прийняті: співвідношення деревинних і ріпакових частинок в різних пропорціях, % (75:25, 50:50, 25:75, 0:100), фракційний склад частинок та кількість клею у вихідній композиції, % (8, 10, 12). Експериментальні дослідження проводилися у лабораторії НЛТУУ на лабораторному обладнанні.

Процес виготовлення зразків складався з п'яти етапів: підготовки ріпакової сировини, приготування клею, змішування частинок з клеєм, формування брикета і пресування дослідних зразків.

Виготовлялись дослідні зразки розмірами 270×270 мм. Вологість готових панелей становила 7-8 %.

Результати досліджень. Отримано личкувальні панелі двох видів:

– неличковані – з дрібної і великої фракції із задовільними естетичними якостями;

– личковані луцценом шпоном та шпоном струганим цінних порід з відмінними естетичними якостями.

Висновки. Аналіз результатів експериментальних досліджень закономірностей впливу сировини і матеріалів на властивості личкувальних панелей дозволили зробити такі висновки:

1 Експериментально доведено, що деревинні личкувальні панелі, виготовлені за звичайною технологією, з додаванням у композицію до 25% ріпакових частинок мають механічні показники що відповідають вимогам державного стандарту ДСТУ EN 312-2:2003.

2 Міцність деревинних личкувальних панелей на статичний згин при збільшенні кількості клею збільшується, оскільки зменшується пористість плит і збільшується площа склеювання.

3 Личкувальні панелі, виготовлені з використанням ріпакових частинок крупної фракції (10/7), володіють достатньо високими естетичними і механічними показниками і не потребують личкування зовнішніх поверхонь.

4 Личкування панелей виготовлених на 100% із ріпакових частинок малої (5/7) та середньої(7/5) фракції луцценом чи струганим шпоном суттєво покращує їх естетичні якості та підвищує механічні показники і дає змогу зменшити витрату клею.

На основі результатів експериментальних досліджень запропоновано способи виготовлення стінових личкувальних панелей з використанням відходів ріпаку які дають змогу розширити сировинну базу для їх виготовлення завдяки залученню відходів сільськогосподарського виробництва, а саме ріпакової сировини, зменшити собівартість панелей і, відповідно, зекономити цінну деревинну сировину.

ЛІТЕРАТУРА

1 Бехта П. А. Технологія деревинних плит і пластиків. / П.А. Бехта. – К.: Основа, 2004 р. – 780 с.

2 Бехта П.А. Технологія деревинних композиційних матеріалів: Підручник. – К.: Основа, 2003. – 336 с.

3 Торгашов В.И. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур. / Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий // Химия растительного сырья. – Минск. – 2009. №4.

ЕКОЛОГОЕНЕРГЕТИЧНІ НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ЇХ РОЗВИТКУ. БІОЕНЕРГЕТИЧНА ГАЛУЗЬ УКРАЇНИ

Сучасні технології використання відновлюваних джерел енергії стають все більш доступними та ефективними. І Україна досягла помітних успіхів у даній сфері, що дозволяє сподіватись на подальший розвиток екологоенергетичних нетрадиційних технологій. У довоєнний час країна випускала енергію в суттєвих обсягах, достатніх для забезпечення власних внутрішніх потреб і продажу на експорт. В структурі виробництва електроенергії за типами електростанцій традиційно домінують атомна (55,1 %), теплова (29,3 %) та гідроенергетика (6,7 %).

Четверте місце в цьому рейтингу належить виробництву електричної енергії з відновлювальних джерел – СЕС, ВЕС та біомаси. Сукупна доля виробництва сонячної і вітряної електричної енергії, а також енергії біомаси сягнула до війни свого рекордного значення у 8 %. І це – досить потужна динаміка, оскільки ще у 2011 році цей напрямок не забезпечував ніякого ефекту. А вже 2012 року його вага складала 0,3 %.

У 2017 році даний показник став більш суттєвим, склавши 1,7 %. При цьому українські енергетики не зупинялись на своїх досягненнях, і забезпечили зростання долі виробництва електрики за рахунок відновлювальних джерел до 3,6 %, 7,3 % і 8,0 % у 2019, 2020 та 2021 роках відповідно. Збереження подібної динаміки є дуже гарною перспективою для енергетичної галузі і усїєї української економіки.

Ресурси сонячного випромінювання, вітру та фотосинтезу біомаси майже нескінченні. І біоенергетику слід розглядати, як один з найефективніших напрямків розвитку усїєї енергетичної сфери. Використання енергоресурсів біомаси дозволяє виробляти товарне паливо і енергію. Водночас зберігаються і атмосферний, і біосферний баланс однієї з найважливіших складових парникових газів – діоксиду вуглецю. А це – питання чистого повітря, екологічності та якості життя на всій планеті!

Сировиною для даного виду енергетики є біомаса, з якої складаються всі рослини і тварини. В основі унікальної сировини містяться органічні сполуки вуглецю, які активно виділяють теплову енергію під час взаємодії з киснем (згоряння) або природнього метаболізму. Створення органічних сполук і накопичування ними хімічної енергії відбувається під впливом сонячного випромінювання.

Це – всім відомий процес фотосинтезу, який супроводжується виділенням життєво необхідного кисню. Потік фотосинтетичної енергії на планету Земля складає $0,9 \cdot 10^8$ МВт, або 250 кВт на одну людину. При цьому енергетичний вміст, який щорічно накопичується завдяки фотосинтезу біомаси, сукупно складає 220 млрд. т по сухій речовині, або $4 \cdot 10^9$ ТДж. Ця цифра майже фантастична,

бо в 10 разів перевищує використання палива і енергії всією сучасною світовою спільнотою ($4 \cdot 10^8$ ТДж)!

Для України біоенергетика є надзвичайно перспективним напрямом. Саме тому у січні 2018 року було проведено засідання бюро Президії Національної академії аграрних наук з питання наукового забезпечення енергетичної автономізації агропромислового виробництва.

Процес доволі швидко зрушив з місця, і вже узимку 2019 року компанією «Кернел» було оголошено про будівництво чотирьох електростанцій на біомасі у Харківській, Одеській, Миколаївській і Полтавській областях. На цей проект компанією «Кернел» отримано всі необхідні кошти. І головним кредитором став Європейський банк реконструкції та розвитку. Сукупне річне виробництво електроенергії цими заводами може складати 338,5 тис. МВт електричної енергії, для чого знадобиться 228 тис. т соняшникового лушпіння.

Також планувалося зведення електростанції по виробництву енергії шляхом переробки соломи у Лісовогриневецькій ОТГ Хмельницької області. Це підприємство здатне генерувати 130 МВт теплової, або 46,4 МВт теплової потужності. Поставку необхідного обладнання взяла на себе данська компанія «Burmeister & Wain Scandinavian Contractor, BWSC».

Наявність іноземних інвесторів є вирішальною ознакою перспективності процесу розвитку біопаливних електростанцій в Україні. На мій погляд, розміщувати підприємства варто саме у західних областях, які знаходяться на максимальній відстані від зони воєнних дій. В майбутньому слід розвивати дану галузь, спочатку за рахунок іноземних спонсорів, а згодом – силами держави та українських підприємців.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Корчемний М.О. Біопаливо [Текст]/ М.О. Корчемний та ін. К.: 2004.
- 2 ДСТУ 3682-98 (ГОСТ 30583-98) Енергозбереження. Методика визначення повної енергоемності продукції, робіт та послуг [Текст] К.- 11с.
- 3 Корчемний М. та ін. Енергозбереження в агропромисловому комплексі/ М. Корчемний – Тернопіль [Текст]: Підручники і посібники, 2001 - 984 с.
- 4 Інформаційні матеріали української Вікіпедії

Копей В.Б., Корбеляк Р.В., Пронюк І.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОГО РОБОТА ЗА ДОПОМОГОЮ ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ

Колісна платформа є універсальною та широко використовуваною для мобільних роботів, але нерідко вимагає оптимізації конструкції задля збільшення прохідності.

Мета роботи – показати приклад оптимізації конструкції мобільного робота з колісною платформою за допомогою імітаційного моделювання та еволюційних алгоритмів.

Еволюційні стратегії – це алгоритми оптимізації, які використовують популяцію потенційних рішень і застосовують принципи еволюційної біології, такі як мутація, рекомбінація та добір. Ці алгоритми імітують процес природної еволюції, коли найбільш кращі і пристосовані рішення мають більше шансів вижити та розмножуватися, що з часом призводить до створення кращих рішень. Основні їхні області застосування: недиференційовані функції і неможливість обчислення градієнта, дуже велика кількість змінних, глобальна багатомодальна оптимізація, комбінаторна та дискретна оптимізація, зашумлені або стохастичні цільові функції. Основний їхній недолік – це обчислювальна складність. Проте вона практично завжди менша, аніж у сіткового методу грубої сили.

Авторами розроблено програму для імітації подолання роботом випадкової перешкоди (рис. 1-а) і оптимізації його конструкції. Програма побудована на основі Python-пакетів Nodebox for OpenGL (простий пакет високопродуктивної 2D-графіки) і Pymunk (симулятор 2D-фізики). За допомогою алгоритму диференціальної еволюції з пакету SciPy знайдено оптимальні параметри мобільного робота.

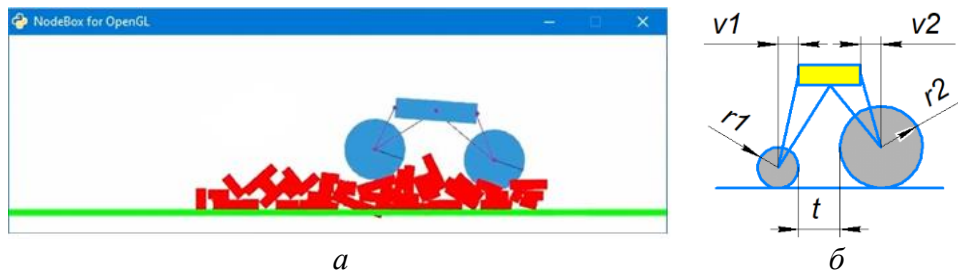


Рисунок 1 – Імітація подолання роботом перешкоди (а) та параметри для оптимізації (б)

Функція `differential_evolution` з пакету SciPy [1] намагається знайти глобальний мінімум функції багатьох аргументів. Її алгоритм запропонований Сторном і Прайсом [2]. Було використано цю функцію таким чином:

```
differential_evolution(f, bounds, args=(), strategy=best1bin,
maxiter=1000, popsize=15, tol=0.01, mutation=(0.5, 1), recom-
bination=0.7, seed=None, callback=None, disp=False,
polish=True, init=latinhypercube, atol=0, updating=immediate,
workers=1)
```

де f – функція, яка мінімізується. У нашому випадку цільова функція f має аргументи x , які є параметрами робота. Функція f повертає значення часу в секундах, за який робот долає перешкоду; `bounds` – послідовність, яка визначає границі значень змінних x .

Інші параметри функції описано в [1]. Параметри x робота, які оптимізуються (рис. 1-б): радіус заднього колеса, радіус переднього колеса, відстань між

колесами (мінімальна), виліт заднього колеса, виліт переднього колеса. У разі виклику

```
differential_evolution(f, bounds=[(20, 30),(20, 30),(5, 30),(0, 20),(0, 20)], maxiter=10)
```

отримуємо результати: мінімальне значення f (5,25), кількість викликів f (981) та оптимальні значення x (29,66; 29,95; 20,05; 14,41; 18,86).

Одним із варіантів пошуку мінімуму, може бути також класичний квазі-ньютонівський метод L-BFGS-B, що також реалізований у пакеті SciPy. Але цей метод не розв'язує цю задачу успішно, адже у нашій задачі багато параметрів і є стохастичність.

Програма [3] містить функцію для створення об'єкта мобільного робота за заданими параметрами x , функцію для створення перешкоди «цеглини» з випадковими розмірами, функцію для створення «дороги» та функцію, яка рисує кожен кадр анімації з одночасною симуляцією фізики. Якщо час поїздки більший за 10 секунд або робот проїхав до кінця, то симуляція припиняється. Також програма містить цільову функцію мінімізації $f(x)$, яка створює необхідні об'єкти, розпочинає симуляцію та повертає час, за який візок з параметрами x подолав перешкоду.

Розроблену програму легко адаптувати для оптимізації конструкції більш складних мобільних роботів, рух яких можна імітувати в 2D середовищі. Автори закликають приєднуватись до проекту на GitHub [3].

ЛІТЕРАТУРА

- 1 SciPy documentation. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/> (access 30.11.23).
- 2 Storn R., Price K. Differential Evolution - a Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces // Journal of Global Optimization, 1997, 11, P.341 - 359.
- 3 Оптимізація конструкції мобільного робота за допомогою Nodebox for OpenGL, Pymunk та differential_evolution. URL: https://github.com/vkopey/Pymunk_Nodebox_Examples/blob/main/5_2.py (access 30.11.23).

Коржов А.С., Баланюк Г.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ЗБУДЖЕНЬ ТА ПАРАМЕТРІВ ПРУЖНИХ ПІДСИСТЕМ НА ДИНАМІЧНУ ЯКІСТЬ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Зовнішні збурення на пружну систему верстата за відсутності різання є джерелами коливань при холостому ході, зниження рівня яких особливо важливе для прецизійних верстатів. Досить низький рівень коливань під час різання не може бути досягнутий, якщо не забезпечений відповідний рівень коливань при холостому ході верстата. Дослідження коливань оздоблювально-розточувальних

верстатів при холостому ході та при різанні виконані при цехових випробуваннях. Експерименти проводилися на оздоблювально-розточувальних верстатах моделей 2А715, 2706 та 2731. Вимірювалися коливання борштанг, корпусних деталей та електродвигунів при варіюванні розмірів борштанг та умов обробки. Розподілу амплітуд a_{xx} згинальних коливань борштанг в інтервалі 0,2...2 мкм відповідав розподіл амплітуд a_{piz} коливань під час різання в інтервалі 0,2...5 мкм. Співвідношення між a_{piz} і a_{xx} залежить від розмірів борштанги, стану різців, характеристик оброблюваного матеріалу та режиму обробки

Таблиця 1 – Порівняння коливань вузлів ОРВ при холостому ході та при різанні

Місце виміру коливань	Коливання			
	При холостому ході		При різанні	
	амплітуда, мкм	частота, Гц	амплітуда, мкм	частота, Гц
Стіл	0,1	250	0,1	250
Мостик	0,2	270	0,3	270
Головка	0,1	250	0,1	250
Борштанга	0,8	450	6,5	450

Спектральний аналіз коливань борштанг, корпусних деталей та електродвигунів призвів до виділення двох груп гармонік: низькочастотної (10...50 Гц) та високочастотної (200...1000 Гц). Низькочастотні коливання розвиваються переважно на частоті обертання ротора електродвигуна приводу обертання. Низькочастотні коливання корпусних деталей розвиваються у вигляді коливальної форми на опорах верстата і не виявляються в спектрах коливань борштанг щодо технологічних пристроїв. Найінтенсивніша гармоніка високочастотних коливань виявляється на власній частоті згинальних коливань борштанги. Джерелом високочастотних коливань борштанг є головним чином обурення в підшипниках опор шпинделя. Зв'язок коливань нестійкої форми, що розвивається при різанні в системі шпиндель-борштанга, з коливаннями корпусних деталей виявляється дуже слабким (табл.1): амплітуди коливань корпусних деталей зберігають значення, виміряні при холостому ході, навіть тоді, коли амплітуда коливань борштанги в 6-8 разів більше, ніж при холостому ході.

Це дозволяє рекомендувати оцінку коливань ОРВ при холостому ході за рівнем коливань борштанги у смузі частот, близьких до власної частоти шпинделя з борштангою.

В експериментах було отримано розподіл числа верстатів за інтервалами значень амплітуди коливань контрольної оправки та показано, що норми точності ОРВ класу В та вимоги до шорсткості обробленої поверхні $Ra \leq 0,5 \text{ мкм}$ виконується, якщо амплітуда коливань контрольної оправки не перевищує 1 мкм.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХЛІБА

Енергетика відноситься до найважливіших компонентів економіки, тому не дивно, що саме вона перебуває у центрі уваги громадськості, політиків, підприємців багатьох країн, останнім часом з багатьох міркувань. Енергетичний Союз, який поставив за мету підвищення енергетичної безпеки, сталості та конкурентоспроможності, розпочав активну діяльність у п'яти взаємодоповнюючих та взаємопов'язаних областях:

- забезпечення енергетичної безпеки, єдності та взаємодовіри;
- створення інтегрованого Європейського енергетичного ринку;
- збільшення ефективності використання енергії з метою зменшення обсягів електроспоживання;
- декарбонізація енергетики;
- проведення досліджень, впровадження інновацій, підвищення конкурентоспроможності.

Враховуючи те, що харчові технології, а саме, виробництво хлібопродуктів пов'язані із споживанням великих обсягів енергії, особливу увагу треба приділяти саме питанню щодо збільшення ефективності використання енергії з метою зменшення обсягів її споживання за рахунок активізації ферментаційних процесів із залученням біологічно активних та пребіотичних речовин (шроти олійних культур, овочеві соки, лактулоза), які виступають у якості стимуляторів росту та активізації бродильної мікрофлори, а також, заміною обладнання.

Актуальністю сьогодення є забезпечення населення України, особливо в умовах війни, якісними хлібопродуктами. Враховуючи те, що хліб для українців є найуживанішим щоденним продуктом, існує необхідність у впровадженні енергозберігаючих технологій його виробництва.

Мета роботи полягає в розробці сучасної енергоефективної біотехнології виробництва (рис.1) функціонального хліба з ферментованою борошняною складовою симбіозом чистих культур молочнокислих бактерій та збагаченням хлібобулочних виробів нутрієнтами для підвищення якості хлібопродукту та перебігу ферментаційних процесів.

На підставі аналізу техніко-технологічних показників роботи технологічного обладнання, яке використовується в технології виробництва функціонального хліба, розроблено комплекс енергоефективних технічних заходів, спрямованих на модернізацію окремих одиниць обладнання та активізацію перебігу процесів ферментації борошняної складової, реалізація яких дозволить скоротити споживання електроенергії на 28% в розрахунку на один виробничий цикл.

В класичних апаратурно-технологічних схемах виробництва хлібопродуктів традиційно використовуються стрічкові транспортери з барабаними приводами. З метою зменшення їх енергоспоживання пропонується модернізація

приводу. Технічний ефект досягається за рахунок того, що тягове зусилля конвеєрної стрічки передається не при коефіцієнті тертя ковзання (коефіцієнті зчеплення), а при коефіцієнті тертя спокою. Це забезпечується за рахунок того, що кожен фрагмент робочої поверхні приводного пристрою на куті його обхвату конвеєрною стрічкою не змінює свого положення відносно контактуючої з ним відповідної ділянки конвеєрної стрічки.

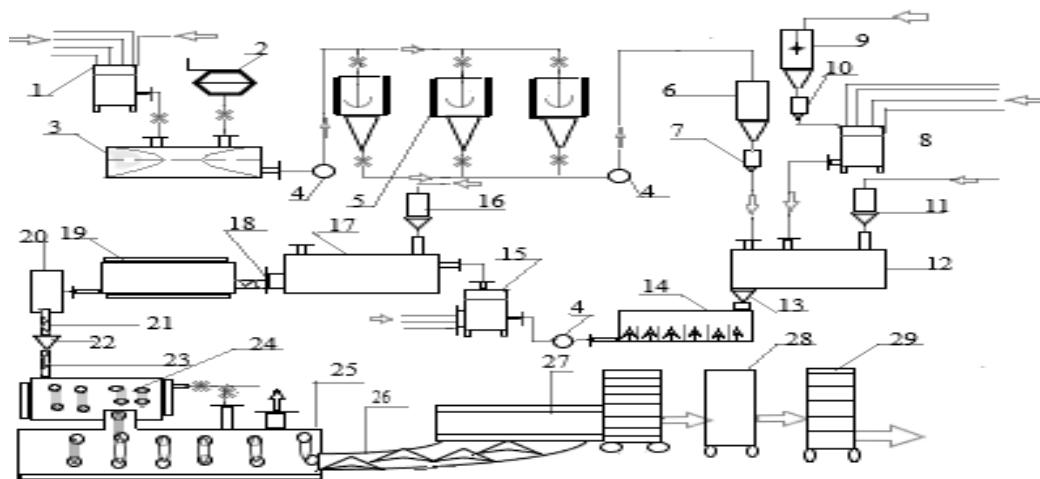


Рисунок 1 – Енергозберігаюча схема виробництва функціонального хліба: 1,8,15 – дозуюча станція, 2 – дозатор борошна, 3 – заварювальна машина, 4 – насос-дозатор, 5 – чан для ферментації з перемішуванням та підігрівом, 6 – витратний чан, 7,10 – дозатор черпачного типу, 9 – подрібнювач, 11,16 – дозатор сипучих компонентів, 12,17 – тістомісильна машина для опари та тіста, 13 – лопасний насос-дозатор, 14 – коритоподібна ємкість 6 секційна, 18,21 – транспортерна труба, 19 – бункер для бродіння, 20 – приймач тіста, 22 – тісто-укладач, 23 – транспортер, 24 – вистійна шафа, 25 – ротаційна піч, 26 – конвеєр, 27 – хлібоукладальний агрегат, 28 – розподільна каретка, 29 – вагонетка для хліба

Результати виконаних розрахунків свідчать, що найбільшим споживанням енергії характеризуються технологічні процеси транспортування сировини та напівфабрикатів, ферментації закваски у чані, тістомісильному укладачу. Зокрема, запропоновано змінити конструкцію приводу барабанів транспортерів, встановити частотний перетворювач для приводу мішалки ферментаційного ану, замінити газову піч на ротаційну з використанням твердого деревинного палива. Реалізація запропонованих рішень дозволить на 28 % зменшити енергоспоживання технологічної установки з виробництва функціонального хліба та здійснювати оперативний перехід між різними джерелами енергії при роботі ротаційної пічі взаємозалежності від вартості енергоносіїв на ринку України.

ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

На сьогоднішній день гостро стоїть питання щодо переробки та утилізації продуктів життєдіяльності людини. Існуючі нині підходи до знищення високо-токсичних речовин шляхом їх спалювання, поховання, хімічної та біологічної переробки дуже дорогі і не універсальні. В промислово розвинених країнах ведуться роботи з розробки і впровадження у різних галузях перспективної інноваційної технології SCWO (SCWO – Supercritical water oxidation). Вона ґрунтується на використанні унікальних властивостей води при надкритичних параметрах температури та тиску ($T > 374\text{ }^\circ\text{C}$ і $P > 22,1\text{ МПа}$).

Дослідження у напрямі вивчення та застосування технології SCWO протягом останніх десятиліть ведуться, наприклад у Європі - SCFI Group (Ірландія), яка комерціалізує процес Aqua Critox SCWO. AquaCritox® - це перша у світі технологія, яка забезпечує стійке рішення для обробки різних міських та промислових відходів. Компанія Aquarden (Данія) розробила технологію SCWO SuperOx®, для знешкодження небезпечних органічних сполук, які утворюються в різних галузях промисловості. Декілька компаній у США (Foster Wheeler Development Corporation, General Atomics), Японії (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd), Кореї (Hanwha) працюють над комерціалізацією надкритичних реакторів для знищення небезпечних відходів. Компанія Turbosystems Engineering (США) активно комерціалізує свій запатентований реактор SCWO (TWR), приділяючи особливу увагу його застосуванням для відновлюваних джерел енергії. Надзвичайно цікавою є система 374Water AirSCWO™ компанії 374Water (США). Ця перспективна нова технологія може зробити революцію в очищенні стічних вод. Система високоефективна, енергоефективна, масштабована та економічна. Вона має низку переваг у порівнянні з традиційними методами очищення стічних вод.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень показано, що SCWO може претендувати на високу екологічну та економічну ефективність та демонструє при цьому універсальність, забезпечуючи повне одностадійне окиснення будь-яких органічних речовин до нешкідливих продуктів та виділення з розчину неорганічних сполук у вигляді солей чи оксидів без небезпеки забруднення довкілля. Однією з основних переваг SCWO є відсутність стадії попереднього сушіння вихідної сировини. Відходи можуть подаватися в реактор у вологому стані, наприклад, у вигляді водної суспензії, пульпи або розчину. Об'єктами застосування технологій SCWO можуть бути комунальні, промислові та інші рідкі стоки, що містять відходи нафтопереробної, хімічної, целюлозно-паперової, харчової, біологічної та фармацевтичної промисловості. Швидкість реакції SCWO співмірна зі швидкістю реакції горіння палива на повітрі при температурі фронту горіння $\sim 2500\text{ }^\circ\text{C}$. Встановлено, що реакція надкритичного водного окиснення органіки екзотермічна і за наявності лише 15–20% органічної речовини

процес переробки відходів стає автотермічним. Утилізація органічних відходів при надкритичних параметрах водного середовища призводять до отримання високоентальпійної парогазової суміші, яка може бути використана у схемах автономного енергетичного комплексу (при згорянні 1 кг бензину виділяється 40 Мдж тепла, а при окислюванні 1 кг будь-якої органіки до 20 Мдж тепла). Таким чином, органічні відходи можуть стати альтернативним паливом.

Автором пропонується когенераційна установка (КУ), що забезпечує знешкодження органічних відходів SCWO з вирішенням проблеми автономного електро- і теплопостачання промислових та житлових об'єктів.

Ефективність будь-якої технології, у тому числі і технології SCWO багато в чому залежить від складу обладнання, що використовується. Нестандартним обладнанням цієї технології є реактор - посуд високого тиску, який працює у квазіпроточному режимі. Розробка та виготовлення таких реакторів вимагають нестандартних конструкторських і технологічних рішень, оскільки надкритичне водне середовище гарантовано досягається при тиску більше 22 МПа і температурі не нижче 374°C. Найбільшого ефекту у вирішенні проблеми теплообміну можна досягти конструкторськими рішеннями при вдосконаленні конструкції реактора, а саме збільшенням загальної поверхні теплообміну шляхом створення більш дрібних об'ємів реакційних камер всередині реактора. В основі пропонованої розробки лежить заміна однотрубного на коаксіальний багатотрубний реактор, в якому не менше двох реакційних камер. Така конструкція реактора суттєво розширює температурні та барометричні експлуатаційні характеристики, дозволяє збільшити поверхню теплообміну і температуру всередині реактора, наблизивши її до зовнішньої температури поверхні стінки реактора при збереженні продуктивності.

Процес SCWO органічних відходів здійснюється у замкнутому технологічному циклі з виведенням у зовнішнє середовище лише продуктів остаточного знешкодження. Залежно від призначення КУ об'єм реактора вибирається від 1 до 25 л. Час перебування реакційної суміші в ньому від 15 до 120 секунд, тому навіть при невеликому об'ємі реактора продуктивність КУ досить велика. Проведені дослідження свідчать про можливість подальшого розвитку технологій SCWO, як щодо забезпечення підвищених параметрів процесів, так і в частині розробки все більш надійних, продуктивних і безпечних в експлуатації типів реакторів. З'являється можливість здійснення процесів деструкції органічних речовин та відходів у реакторі при температурі більше 400 °C та тисках 35 - 40 МПа.

КУ має значний ринковий потенціал. Її можна виготовляти з використанням відомих у промисловості матеріалів, устаткування та інструментів. Збільшення ККД досягається оснащенням КУ цифровою системою керування і кількома реакторами, що працюють паралельно. Природно, що при виборі конкретних форм практичного здійснення КУ можливі доповнення і/або уточнення з використанням звичайних знань фахівців.

ПЕРСПЕКТИВНА ОПОЗИТНА МАШИНА ОБ'ЄМНОЇ ДІЇ

У техніці широко використовують машини об'ємної дії (МОД), які містять щонайменше одну циліндричну робочу камеру, витісняючий орган, наприклад поршень, виконаний з можливістю прямолінійного зворотно-поступального руху, і перетворювач напрямку руху (ПНР), здатний сприймати прямолінійний зворотно-поступальний рух з перетворенням його в обертання вала і навпаки. У провідних країн світу проводяться науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи спрямовані на підвищення ефективності МОД, їх надійності і довговічності, зменшення ваги і габаритів, поліпшення екологічних показників, зниження витрати палива тощо. Розробка кінематичних схем і конструкцій нових механізмів і МОД є надзвичайно актуальним завданням.

Відомо багато конструкцій двигунів внутрішнього згоряння, що працюють за циклом Отто - бензинові двигуни, циклом Сабате - дизельні двигуни. Відомі двигуни дво- і чотиритактні з рядним, V-подібним, опозитним, зіркоподібним та іншими розташуваннями циліндрів, з водяним та повітряним охолодженням. Переважна більшість МОД, що застосовуються в даний час, будуються на принципі перетворення поступального руху поршня на обертальний за допомогою колінчастого вала, при цьому в кожному циліндрі розташований один поршень.

Особливе місце в конструкції МОД займають двотактні двигуни з двома поршнями, що рухаються назустріч, в одному циліндрі і з прямоточним продуванням циліндрів. Ці двигуни мають високі показники: високий ККД, низьку витрату палива, врівноваженість сил інерції першого і другого порядку, високий середній ефективний тиск, велику літрову потужність. Основним недоліком цього типу двигуна є складність конструкції у здійсненні перетворення зустрічно-поступального руху двох поршнів в одному циліндрі в обертальний рух вихідного елемента. Так, у цьому випадку потрібно або два колінвали, синхронно пов'язані між собою силовою передачею, або два комплекти різновеликих шатунів, що передають рух на один колінвал.

Проведено комплекс теоретичних і експериментальних досліджень з розроблення МОД модульної конструкції з використанням оригінальної конструкції перетворювача обертального руху в зворотно-обертальний і навпаки на основі сферичного кривошипно-повзунного механізму.

Автором пропонується МОД, яка виконана по модульній схемі, містить двигун або пристрій відбору потужності, наприклад електричний генератор, оснащена двома оборотними перетворювачами напрямку руху, виконаними на основі сферичного кривошипно-повзунного механізму, у якому геометричні осі усіх установлених з можливістю обертання деталей перетинаються в одній "центральної" точці. В корпусі перетворювача руху в двох протилежних співвісних підшипниках встановлено вал, який оснащено маховиком. Рознімний кривошип, жорстко зв'язаний з валом у його середній частині і оснащений посадочним

місцем для внутрішнього кільця підшипника, площина симетрії якого нахилена до геометричної осі вала під кутом, що перевищує 0° , але менший 90° , і містить згадану "центральною" точку. Повзун, виконаний на основі зовнішнього кільця підшипника. Коливальна кінематична ланка, виконана у вигляді обойми, яка з безперервним зазором вільно охоплює повзун, має щонайменше один стрижневий проміжний елемент кінематичного зв'язку з ним і жорстко зв'язана з двома, установленими на підшипниках, співвісними напіввалами, які виступають за межі корпусу з протилежних сторін. Вали перетворювачів руху жорстко з'єднані між собою, а напіввали механічно пов'язані щонайменше з одним опозитним модулем об'ємної дії і здатні приводити його поршневі (плунжерні) або мембранні (діафрагмові) витісняючі органи при обертанні вала з кривошипом у прямолінійний зворотно-поступальний рух і навпаки.

ПНР, виконаний як окремий модуль, легко поєднується з різними конструкціями опозитних модулів об'ємної дії. Це сприяє створенню МОД з поліпшеними експлуатаційними якостями, зручною компоновкою, кращими властивостями щодо вібрації, врівноваженості, частотного спектра і розширеними функціональними можливостями, істотно спрощує їх виготовлення, технічне обслуговування і ремонт,

Проведені дослідження, оборотного ПНР на основі сферичного кривошипно-повзунного механізму показали, що кутові прискорення робочого органу (обойми) в крайніх положеннях малі. Така властивість є надзвичайно позитивною. Обойма плавно підходить до упора і різко розганяється в місцях, близьких до середнього положення обойми, де виникає максимальна кутова швидкість. Такий режим коливання робочого органу (обойми) не вимагає установки гальм (демпферів). Тому оборотний ПНР на основі такого механізму істотно надійніший і має більш високий ККД у порівнянні з рівнем техніки.

МОД можна виготовляти з використанням відомих у промисловості матеріалів, устаткування та інструментів. Вона може працювати як двигун внутрішнього і зовнішнього згоряння, насоси, компресори, вакуумні машини, пневмо- і гідродвигуни. Опозитні МОД завдяки своїй компактності, врівноваженості, максимальному літражу при обмежених розмірах і високому ККД можуть знайти широке застосування на спеціальних машинах, де потрібні потужні і економічні силові установки невеликих розмірів, а також можуть використовуватися для автономного вироблення теплової та електричної енергії в когенераційних установках малої потужності. Вони значно кращі традиційних і забезпечують технологічний прорив в конструюванні МОД.

Пропоновані технічні рішення в галузі машинобудування з використанням оборотного ПНР на основі сферичного кривошипно-повзунного механізму є прогресивними і дозволяють створити за одною схемою уніфікований ряд модульних конструкцій МОД, суттєво знизити їх вартість і отримати значний економічний ефект.

ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ КОМУТАЦІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

Надійна робота електромеханічного комутаційного апарату залежить перш за все від безвідмовної роботи його контактної системи. Контакти в процесі експлуатації піддаються впливу численних факторів, внаслідок чого можуть відбуватися неналежне функціонування апарату, передчасне зношення контактів, порушення електропровідності та інші негативні явища. Тому, визначення шляхів, які в залежності від умов та режимів роботи, можуть забезпечити стабільність функціонування та необхідний ресурс служби є важливою задачею при розробці контактних систем комутаційних апаратів.

Одним із напрямків удосконалення конструкції електричного апарату є розробка контактного матеріалу з тими властивостями, які необхідні для належного функціонування при визначених умовах експлуатації.

Срібло і його сплави широко використовуються, як матеріал для контактів електричних апаратів напругою до 1000 В.

В зв'язку з дефіцитністю та дороговизною срібла існує необхідність в підвищенні електроерозійної стійкості контактів на основі срібла.

Відомі спечені електроконтактні матеріали на основі срібла типу SrKdIn72,5 та КМК А-10 мають недостатню електроерозійну стійкість та високу токсичність, через наявність в своєму складі кадмію. Цей матеріал потрапив до переліку матеріалів, не рекомендованих до застосування європейською Директивою (RoHS directive – Restriction of Hazardous Substances) 2002/95/EU, яка обмежує застосування небезпечних речовин, для забезпечення захисту здоров'я людей та навколишнього середовища. Також Державні санітарні правила та норми України (ДСанПіН 2.2.7. 029-99) відносять кадмій та його сполуки до першого класу токсичних речовин.

Мета дослідження – розробка композиційного матеріалу на основі композиції AgSnO_2 для комутаційних електричних апаратів із покращеними експлуатаційними характеристиками.

Електричну ерозію, механічний знос контактів можна контролювати структурою матеріалів. Принципи структуроутворення для розривних контактів передбачають наявність в електропровідній і теплопровідній матриці домішок з відповідними фізико-механічними властивостями. Такі домішки можуть виконувати різні функції: зміцнювати матрицю, гасити дугу, змінювати роботу виходу електрона, яка впливає на рухливість основи дуги. При переміщенні дуги з одного окремого взятого включення на інше, відбувається дисипація енергії дуги і зменшується кількість енергії, яка поглинається контакт-деталлями. Така структура перешкоджає утворенню розплавленого кратера і знижує викидання матеріалу при дії електричної дуги.

Основним критерієм домішок є висока термодинамічна стабільність, яка характеризується відсутністю хімічної взаємодії з матричним металом і малою схильністю до коалесценції, коли виникає розчинно-осадовий процес матеріалу при високих температурах. Цим вимогам відповідають розглянуті нижче окиси металів.

Основними критеріями при виборі інгредієнтів контактного матеріалу були висока термодинамічна стабільність, відсутність хімічної взаємодії з матричним металом – сріблом, низька схильність до коалесценції при високих температурах. Виходячи з експлуатаційних вимог до контактів комутаційних апаратів та вимог щодо структуроутворення композиційного матеріалу, для проведення дослідження були обрані такі складові: Bi_2O_3 , WO_3 , Cr .

Для виготовлення дослідних зразків було запропоновано комбіновану технологію виготовлення, а саме: поєднання хімічних процесів (відновлення оксидних порошків та їх повторне внутрішнє окислення) для отримання необхідного гранулометричного складу та структури вихідних порошків та процеси порошкової металургії. В результаті досліджень було розроблено склад металокерамічного матеріалу для електричних контактів, який включає такі складові: 81,75 % мас. Ag + 11% мас. SnO_2 + 2,25% мас. Bi_2O_3 + 4,5% мас. Cr + 0,5% мас. WO_3 .

Випробування на електричну ерозію автоматичних вимикачів серії ВА 88-32 ($I_n = 125 \text{ A}$) із серійними та досліджуваними контактами проводилися при характеристиці «С» вимкнення струмів короткого замикання, при якій $I_{к.з} = 625 \text{ A}$. Випробування на електроерозійну стійкість проводилися згідно з ДСТУ 2993-95 при силі струму 125 А, напрузі 380 В, $\cos \phi = 0,35$, кількості комутацій 50 тис. циклів.

Експериментальні дані електроерозійної стійкості розробленого матеріалу перевищують аналогічний показник серійного матеріалу типу КМК-А10м в 1,5 рази.

Розроблений матеріал збільшує ресурс експлуатації комутаційних електричних апаратів у складі технологічного устаткування, є екологічно безпечним, володіє достатнім рівнем контактних властивостей і рекомендується для заміни серійних контактів типу КМК А-10.

Кохановський В.О., Лобан І.Л.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ 3D ТА 4D ТЕХНОЛОГІЙ ДРУКУ У ВИРОБНИЦТВІ

Тривимірний друк з моменту свого винайдення швидко привернув увагу та став новою виробничою технологією, в тому числі і в поліграфії. З точки зору

комп'ютерного забезпечення 3D-друк має програмний продукт управління, програмні характеристики, короткий час процесу програмування і виведення, низьку вартість витратних матеріалів, легкість драйверного і програмного налаштування, доступний матеріал друку. 3D-друк забезпечує високоефективну програмну підтримку платформ для дизайнерів, друк складних інженерних, будівельних та інших структур.

Комп'ютерна технологія 3D-друку відома як «адитивне виробництво» або «швидке виробництво», яке використовується для виготовлення виробів шляхом послідовного нанесення шарів. 3D-друк в основному класифікується на твердий, рідкий і енергетичний методи на основі вхідного матеріалу. Зараз на ринку доступні різні конфігурації 3D та 4D-принтерів. Звичайна технологія 3D-друку використовується для друку статичних конструкцій, котрі не мають використання у динамічних інженерних структурах.

Комп'ютерна поліграфія 4D, хоч і нагадує стандартну 3D, де об'єкт створюється шар за шаром, має свою особливість. Основна відмінність виявляється після завершення друку, коли об'єкт починає трансформуватись. Ці зміни визначаються матеріалом, який може реагувати на воду, тепло, світло, механічні впливи або навіть бути попередньо налаштований на конкретні реакції. Таким чином, можна розглядати 4D-друк як надання надрукованій структурі можливості змінювати свою форму або функціонал з часом під впливом зовнішніх подразників, таких як температура, ультрафіолетові (УФ) промені, тиск, магнітна енергія, тощо.

Комп'ютерна і програмна підтримка 4D-поліграфічних систем базується на пакеті програмного забезпечення «4D_Additive Manufacturing Software Suite». Так 3D-моделі з усіх поширених форматів САПР можна зчитувати та готувати для процесів адитивного виробництва.

В майбутньому, найбільш реальними і перспективними сферами використання 4D-друку будуть:

1. Автомобільне виробництво. За задумом інженерів, кузов автомобіля складатиметься з рухомих секцій, надрукованих на 4D-принтері. Такі деталі матимуть інтегровану функціональність, яка досягається шляхом випуску різних деталей та збиранням з них одного механізму. Завдяки використанню спеціальних матеріалів, схожих за характеристиками з вуглеволокном, кожна секція з моменту виробництва матиме запрограмовані функції. Наприклад, частина покриття обслуговуватиме колісні ніші, створені для кращої аеродинаміки. Під час повороту трикутні секції розтягуються і шини не труться об арки.

2. Зміна форми виробів. Інженери лабораторії «Self-Assembly Lab» (MTI) розробили 2D-шаблон, який при зануренні у воду складається у куб. Для друку використовують 4D-принтер, що працює з використанням різних матеріалів (включаючи гумоподібні та поліпропіленові). Так можуть бути створені багато різноманітних виробів, здатних самостійно набувати потрібної форми або самозбиратися. Сьогодні є експериментальні моделі: шнурки, які самі себе зашнурують, та предмети меблів, які самостійно розкладаються.

3. Космічний захист. За допомогою 4D-друку може бути створена металева тканина для захисту супутників від пошкоджень і радіації, а також для виробництва гнучких антен. Тканина є своєрідною «кольчугою», створеною зі шматочків срібла та інших металів. Матеріал можна багаторазово згинати, розгинати, розтягувати та стискати. Кожна сторона тканини має власні властивості, відображає або поглинає світло і тепло. Попри гнучкість, тканину дуже важко розірвати. Планується, що в захисний матеріал упакуватимуть супутники перед їх виведенням у космос, або з його допомогою екрануватимуть скафандри та модулі.

4. 4D-друк для військових потреб. Передбачається, що 4D-друк дозволить створювати нові хімічні та біологічні датчики, конструкції та матеріали для мікрочипів. Чотиривимірний принтер стане основою нового покоління інструментів для розробки архітектур, у яких матеріали, що формують функціональні компоненти електроніки, можуть бути поєднані з біологічними об'єктами.

5. Пам'ять форми. Може застосовуватися методика 4D-друку, включивши полімерні волокна з ефектом пам'яті форми в композитні матеріали, що використовуються у традиційному 3D-друку. Як приклад застосування цієї технології – сонячні батареї, здатні згортатися і розвертатися, автомобільні покриття, що адаптуються до середовища, а також військова форма, що змінює тип камуфляжу, або ефективніше захищає від газу або уламків.

6. Друк у медицині. 4D біодрук показав новітній спосіб виготовлення стентів із матеріалів, що реагують на стимули. Розроблено кілька методів і матеріалів 4D біодруку для стентів. Після трансплантації накладаються подразники, і стенти самодеформуються до потрібного розміру і форми. Виготовлені структури можна налаштувати відповідно до анатомії кожного пацієнта, антропометричних розмірів, розташуванню в організмі. З часом вони розкладаються в організмі людини.

*Кравець В.О., Кравець О.М., Фролов В.К.,
Лапковський С.В.*

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЙ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Застосування промислових роботів – безальтернативний шлях підвищення якості та продуктивності сучасного виробництва. Аналіз розробок всесвітньо відомих фірм-виробників промислових роботів та фірм-виробників захватних пристроїв дозволив сформулювати перелік основних вимог, яких слід дотримуватись при проектуванні конструкцій захватних пристроїв промислових роботів. Вони полягають у наступному.

1) захватний пристрій по можливості повинен бути легким;

- 2) захватний пристрій повинен мати мінімальні габарити;
- 3) захватний пристрій повинен мати максимальну жорсткість;
- 4) бажано, щоб захватний пристрій міг використовуватися для роботи з різними деталями;
- 5) конструкція захватного пристрою повинна забезпечувати максимальне зусилля затиску;
- 6) конструкція захватного пристрою повинна забезпечувати можливість його швидкої заміни (повної або компонентів, що входять до його складу) із використанням мінімальної кількості інструментів (гайкових ключів, викруток тощо);
- 7) варто використовувати однакові кріпильні вироби;
- 8) необхідно передбачити напрямні штирі, шпонкові канавки або риски, що полегшують заміну, точне встановлення і суміщення деталей;
- 9) в конструкції не слід використовувати елементи з гострими крайками та кутами для запобігання стиранню та перерізуванню кабелів і шлангів, а також зменшенню ймовірності травм;
- 10) допустимий вигин кабелів та шлангів має забезпечувати можливість граничних переміщень маніпулятора по всіх осях;
- 11) бажано використовувати легкі матеріали або передбачити технологічні отвори і порожнини для полегшення конструкції захватного пристрою;
- 12) для захисту від зношування слід передбачити тверде покриття легких матеріалів і використовувати загартовані накладки для м'яких матеріалів;
- 13) рекомендується розробити і порівняти кілька варіантів конструкції захватного пристрою;
- 14) у разі потреби конструкція захватного пристрою повинна забезпечувати додаткові ступені рухливості останнього;
- 15) слід забезпечити багатофункціональність захватного пристрою;
- 16) необхідно передбачити датчики, що контролюватимуть фіксацію деталі під час переносу (кінцевий вимикач, далекомірний датчик, пневмоструменевий датчик);
- 17) слід проаналізувати реакцію захватного пристрою на випадкове відключення силового живлення та передбачити засоби, що забезпечують безпеку (захватний пристрій із запірним пристроєм або стопорний клапан);
- 18) для захисту найбільш дорогих елементів захватного пристрою та зменшення часу простою слід передбачити штифти або поверхні, що зрізуються;
- 19) необхідно передбачити зручність технічного обслуговування та швидкої заміни зношених деталей;
- 20) у конструкції захватного пристрою рекомендується використовувати підшипники з ущільненням;
- 21) слід передбачити змінні вкладиші або пальці для роботи з деталями різних розмірів;
- 22) приводи та клапани для захватного пристрою слід монтувати на передпліччі робота;

23) якщо промисловий робот повинен утримувати гарячі деталі, то слід передбачити тепловідведення або екран для захисту захватного пристрою та робота;

24) для визначення стану захватного пристрою («відкрито», «закрито» тощо) в нього необхідно вбудувати спеціальні датчики;

25) при розробці захватного пристрою слід враховувати сили інерції, положення центра ваги при граничному навантаженні, відцентрові сили та інші динамічні параметри;

26) необхідно передбачити вимоги до переміщення деталі під час її захоплення (захватний пристрій з одним рухомим пальцем повинен розвивати достатнє зусилля для зміщення деталі в одному напрямку, захватний пристрій з трьома та чотирма пальцями – у декількох);

27) при використанні в конструкції захватного пристрою електромагніту необхідно врахувати можливість залишкового намагнічування деталі та прилипання стружки;

28) при використанні захватного пристрою для складання слід проаналізувати зусилля, що розвиваються промисловим роботом по різних осях;

29) при використанні захватного пристрою з вакуумними присосками для транспортування замаслених деталей вивільнення деталі із захватного пристрою потребує додаткового наддуву;

30) необхідно забезпечити збереження орієнтації деталі в захватному пристрої або за рахунок зусилля стиснення та сил тертя, або шляхом застосування спеціальних засобів (наприклад, стопорів).

Кравцов М.М., Куроп'ятник М.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РОЗВИТОК ТА ЗНАЧИМОСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ УКРАЇНИ З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Розвиток електричних і гібридних транспортних засобів з гібридною силовою установкою (ГСУ) є напрямком, який несе серйозні зміни для традиційної автомобільної промисловості України, її конструкторської та технологічної бази. Ці фундаментальні перетворення забезпечують більші великі науково-технічні прориви, ніж реалізація будь-яких нових проектів в рамках традиційних форм. Великий інтерес при цьому представляє собою рішення задачі взаємодії електромобілів і відповідної структури електропостачання. Крім того, існують проблеми забезпечення якості і надійності таких автомобілів через відсутність спеціальних інструментів орієнтованих на даний сегмент транспортних засобів.

Футуристи малюють картини найближчого майбутнього. Гібриди та електрокари отримують приблизно стільки ж електроніки, як авіалайнер. Системи автопілотування візьмуть під управління тисячі електрокарів, перетворивши потік

на організовану зграю, що підпорядковується командам супермозку. Через електронні хмари потечуть терабайти інформації, а забезпечувати енергією це господарство мають тисячі зарядних станцій імплантованих в асфальт. Навантаження на електростанції зростає у тисячі разів. І зі зростанням потоків енергії підніметься тло електромагнітного випромінювання. Чи не погрожуємо ми людей у гонитві за "екологічним транспортом" [1]?

Дослідження електромагнітних полів у електрокарах та гібридах проводяться з моменту їх появи. Причому навіть у тих країнах, де цей транспорт не дуже поширений. В огляді Інституту земного магнетизму, іоносфери та поширення радіохвиль ім. Н. В. Пушкова наведено цікаві дані. Найбільш сильні поля спостерігаються в гібридах, у яких батарея розташована у багажнику та під заднім сидінням, а мотор-генератор спереду. Струм тече через весь автомобіль до акумуляторів і назад. Виходить не автомобіль, а заряджений контур, який рухається у просторі та генерує електромагнітне випромінювання (ЕМВ), максимальне поле якого знаходиться в області тазу водія. Фахівці Технічного університету швейцарського міста Біль дійшли дещо інших даних. Їх дослідження встановили, що під час інтенсивних прискорень і рекуперативних гальмувань, коли поля генерувалися з більшою силою, місце на задньому сидінні виявилось в'ятеро небезпечнішим за водійське. Страшно навіть уявити, яку порцію ЕМВ отримує дитина, яка сидить там у дитячому кріслі.

Чим потужніший електромобіль, тим сильніший він фонить. За результатами досліджень, проведених армійською групою Army TACOM у співпраці з Chrysler, з'ясувалося, що потужні гібриди при силі струму 200 А під час розгону генерують поле 120 мкТл в районі заднього сидіння, а просторові градієнти сягають 1000 мГ. Тим, кому ці цифри нічого не кажуть, скажемо, що приблизно стільки ж випромінювання одержують машиністи електропоїздів за цілу зміну. Спочатку здається, що це нісенітниця. Ми вже більше століття їздимо у трамваях, тролейбусах, електропоїздах метро та в приміських електричках, а поля генеруються холодильниками, пральними машинами та іншими побутовими приладами. І здається, що людина давно звикла до них. Проте не все так просто. Не так важлива сила і величина магнітного поля, скільки його мінливість. Якщо від промислових установок йде використана літераостійне тло, то низькочастотні поля в електрокарах та гібридах змінюються у тисячі разів за одиницю часу залежно від прискорення та рекуперативного гальмування. У цьому й полягає головна небезпека електротранспорту" [2]. Організм спочатку звикає до одного рівня ЕМІ, потім намагається підлаштуватися до іншого. А потім зовсім дезорієнтується. І навіть невелике за потужністю та частотою поле суттєво впливає на стан людини [3].

Таким чином, очевидно, що інтенсивність техногенного електромагнітного впливу на людину в подальшому буде тільки зростати. Науковий досвід вивчення тисяч експериментальних робіт і епідеміологічних досліджень електромагнітних взаємодій ще не готовий дати відповідь на всі питання, але безперечні факти свідчать про полісистемність та поліорганный вплив електромагнітних випромінювань транспортних засобів на організм людини.

ЛІТЕРАТУРА

1 Бажинов О. В., Кравцов М. М., Ілічук О. В. Методика вимірювання впливу електромагнітних випромінювань автотранспортних засобів на людину та навколишнє середовище. Вісник ХНАДУ, вип. 86, 2019, т. 1. С.66 – 73.

2 О. В. Бажинов, М. М. Кравцов. Електромагнітна безпека транспортних засобів. Монографія. Видавн. "Форт". м. Харків. 2021 р. С. 132.

3 Адей, В. Р. (1981). Взаємодія тканин з неіонізуючими електромагнітними полями. *Physiol. Ред.* 61, 435-513.

Кравцов М.М., Ткаченко О.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ

Машинобудування в Україні, як сучасна галузь технічних наук, зазнає сталих змін та розвитку у контексті швидкозмінних технологій та глобальної конкуренції. У цих тезах розглянута низка ключових наукових питань, які визначають напрямки досліджень в галузі машинобудування, а також їхні тенденції та перспективи.

Однією з провідних тенденцій у сучасному машинобудуванні є акцент на інновації та впровадження передових технологій. Дослідження у цьому напрямі спрямовані на розробку та вдосконалення нових методів виробництва, а також на використання передових матеріалів для створення більш продуктивних та ефективних машин та обладнання.

З розвитком суспільства стає важливим завданням зменшення впливу виробництва на довкілля. Тому велика увага приділяється дослідженням у галузі енергоефективності та екології, зокрема розробці нових технологій, спрямованих на зменшення викидів та оптимізацію використання енергії.

Наукові дослідження в області матеріалознавства та конструкцій грають ключову роль у вдосконаленні технічних характеристик машин. Вивчення нових матеріалів та конструкцій спрямоване на створення легших, міцніших та економічно вигідних компонентів.

Разом із впровадженням цифрових технологій та розширенням Інтернету речей виникають нові можливості для підвищення ефективності та створення "розумних" систем у машинобудуванні. Дослідження у цьому напрямі охоплюють використання даних, аналітику та автоматизацію процесів.

Питання безпеки та надійності продукції є важливим етапом наукових досліджень. Вивчення нових технологій та розробка надійних систем забезпечують стабільність та безпеку використання машин та обладнання.

З розвитком технологій автоматизації та роботизації виробництва, дослідження в цьому напрямі стають більш актуальними. Спрямовані на підвищення ефективності виробничих процесів, вони дозволяють знижувати витрати та підвищувати точність виробництва.

Аналіз конкурентоспроможності галузі на світовому ринку та розробка стратегій розвитку нових ринків є необхідним елементом наукових досліджень в машинобудуванні. Глобалізація вимагає від галузі швидкого адаптування до змін у світовій економіці.

Вивчення стандартів та розробка нормативів — це ще один важливий аспект наукових досліджень. Створення єдиної системи стандартів дозволяє забезпечити високий рівень якості та безпеки виробленої продукції. Нормативна база також є основою для впровадження нових технологій та стандартів безпеки.

Освіта та розвиток людських ресурсів є необхідною умовою для забезпечення наукових потреб галузі. Нові технології вимагають висококваліфікованих фахівців, тому наукові дослідження у сфері освіти та розвитку кадрів є актуальними та важливими.

Таким чином - усі ці аспекти наукових досліджень у галузі машинобудування об'єднуються в єдину мету — створення технологічно високорозвинених, конкурентоспроможних та екологічно чистих продуктів. Важливість подальших досліджень у цих напрямках не тільки визначає майбутнє галузі, але й впливає на розвиток технічного прогресу загалом. Розширення співпраці між науковими установами, виробниками та освітніми закладами є ключовим чинником для досягнення нових висот у машинобудуванні України.

ЛІТЕРАТУРА

1 Закон України “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної підтримки автомобілебудівної промисловості України” від 15.2001 року. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2779-14#Text>

2 Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення 19.10.19)

3 Зарічна Т. С., Тарасова К. І. Машинобудування України: сучасний стан, структура та тенденції розвитку галузі. Статистика – інструмент соціально-економічних досліджень : збірник наукових студентських праць. Випуск 5. Частина І. ОНЕУ. Одеса, 2019. С. 68–76.

4 Кривоконь М.О. Машинобудування України: стан, динаміка та перспективи розвитку з використанням ефективних концепцій антикризового управління / М.О. Кривоконь // Інтелект ХХІ. 2016. № 5. С. 182–186

5 Шапуров О.О. Стан і тенденції розвитку машинобудування // Актуальні проблеми економіки. – 2009. – №3. – С. 57–63.

6 УкрАвтопром. Асоціація автовиробників України. URL: <http://ukrautoprom.com.ua>.

7 Експортна стратегія для сектору машинобудування. Міністерство економіки України. Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=ukUA&id=e3fd3be0-7146-48ac-8fa4-162b6e543a26&tag=SektorMashinobuduvannia>

IMPROVEMENT OF METHODOLOGICAL PROVISION OF NDP FOR MASTER'S STUDENTS IN COMPUTER SCIENCES

The ability of students to conduct scientific research and apply their results in practical activities allows to ensure the compliance of the national education system with the requirements of the Bologna process. Among the most important applications of computer science and information technologies, it is worth highlighting the computerization of human activity in new and non-traditional technologies in resource and energy saving, engineering, business and medicine, which is most clearly manifested in the design and creation of new objects and technologies of the artificial environment, as well as in computer support of creative processes and decision-making processes at various stages of the life cycle of objects and systems that are designed or operated.

An urgent problem of training specialists for these areas in the field of new technologies is the formation and development of general and professional competencies that contribute to the graduate's social stability and mobility in the labor market after obtaining higher education, which will allow him to successfully design, develop, implement and research of software complexes that automate data processing in technical, organizational, economic and medical systems. Constantly growing requirements for the terms and quality of manufacturing new technical objects and socio-economic and medical systems make their design impossible without the use of modern means of scientific research and technologies of automated design. An important role in this process is played by production practices, in particular scientific research (NDP) and scientific-pedagogical (NPP), but the methodological substantiation of these types of practice, especially for masters, and even in the absence of direct contact between the supervisor and the master's student, is still insufficient [1 - 5].

The purpose of the work is to highlight the algorithm and main methodological approaches to the formation of the content and scope of the NDP.

Job tasks: - determination of positions in which graduates can work; - development of a structural and logical scheme and determination of the place of the NDP in the relevant curriculum; - determination of competencies and program learning skills that higher education applicants receive after mastering the discipline. The main methodological approach to the development of educational and methodological materials of the discipline of the NDP is the competence approach, which is implemented according to the following algorithm: 1. Positions that can be held by the graduate are determined. 2. Stakeholder requests for these positions are determined. 3. Stakeholder requests are aligned with the general and professional competencies of the national education standard. 4. Specific topics that will be included in the methodical guide for conducting NDP and NPP are determined.

In the labor market, according to the requests of stakeholders, graduates can work in the following positions: - 2131.1 - research assistant (computer systems); - 2131.2 - research engineer in computerized systems, which corresponds to the existing directions - "technical master" and "master scientific"; - 2310.2 - teacher of a higher (professional) educational institution. In accordance with the Bologna system, the volume of the educational and professional program for the Master of Science is 90 ECTS credits, and the volume of the educational and professional program for the Master of Science is 120 ECTS credits.

This allows us to present the structurally logical place of the NDP in the form of two modules, the first of which includes general scientific training, and the second, based on the first, a specialized specialty in accordance with the research topic of the final master's thesis and the possibility of continuing education in postgraduate studies, combining it with pedagogical activity. Moreover, the first module is mandatory for both types of master's degree and sufficient for technical master's degrees. The main feature of the second module is the presence of a pedagogical component in the NDP process. As a result of mastering the basic module of this discipline, masters will receive knowledge, skills and abilities that correspond to the integral competence to solve complex scientific and practical problems in the field of computer science, which involves the application of theories and research methods of information technologies for implementation of innovations in the field of computerized design and modeling. It should also be noted the acquisition of general scientific skills such as the ability to communicate: both orally and in writing in national and foreign languages; - with representatives of other fields of knowledge and activities; - the ability to abstract thinking, critical analysis, the ability to rethink the existing and create new holistic knowledge; - independently set and solve problems, including own scientific research. Further direction of research on working out methodologically motivated topics of graduation master's theses.

REFERENCE

- 1 Research program [El. resource]. Access mode: https://www.sgu.ru/sites/default/files/education/practice/23_nauchno-issledovatelskaya_rabota.pdf
- 2 Kravchenko V.I. Improving the training of computer science specialists with a bioengineering profile at the mechanical engineering university Alma mater (Higher School Bulletin). – 2020. – No. 7. P. 40-47 [El. resource]. Access mode <https://almavest.ru/ru/archive/3249>
- 3 Tarasov, O. F., Sagayda P. I., Podlaski S. V., Vasilieva L. V. Formuvannya multidisciplinary osut programs for learning students it specialties in the region bogener. Suchasni informatsiyni Technologii, zasobi Avtomatizatsiya TA elektroprivod. Mater IALI III all-Ukrainian science and technology conference 18-20 kvitnya 2019 roku For zag. ed. O. F. Tarasova Kramatorsk DDMA 2019.
- 4 Work program of scientific research practice for students specializing in 122 computer science galusi knowledge 12 information technology master's degree [El. resource]. Access mode <http://www.tsatu.edu.ua/kn/wp-content/uploads/sites/16/robocha-prohrama-naukovo-doslydna-2021.pd>
- 5 Guidelines for filling out an individual form. [Eat. resource]. Access mode.. <https://www.istu.edu> > faculty > institute_entrails > bjd > magistr > my_pl

SIMULATION OF THE DYNAMICS OF THE SYMMETRICAL ROLLING STATE

In the coming years, metals and their alloys will continue to be the main structural material, despite the progress made in the use of non-metallic materials. The increase in the production of machines makes it urgent to save costs for the production of metals by reducing scrap during the rolling of metal blanks. Rolled metal is widely used in automobile and aircraft construction, civil and industrial construction, etc. Ukraine is a highly developed industrial country that produces tens of millions of tons of rolled metal and designs and manufactures rolling equipment. The main and one of the 3 largest manufacturers of rolling mills in the world is the Novokramatorsk Machine-Building Plant, as well as the Starokramatorsk Machine-Building Plant, which specializes in the manufacture of cold rolling mills. Scientists S.I. Gubnin, A.I. Tselikov, A.P. Chekmaryov, P.I. Polukhin, as well as chief designers V.I. Ponomarev [NKMZ], A.P. Samarin [SKMZ], A.M. Kogosom and others [1]. Based on their scientific achievements, methods for determining the dynamic parameters of rolling equipment and the rolling process have been developed at metallurgical enterprises.

However, the high labor-intensiveness of manual calculations, their low accuracy and the impossibility of error-free work, which leads to an increase in defects in the production of rolled products, makes the issue of automating calculations, increasing their accuracy and the productivity of designers' work urgent.

The purpose of the work is to improve the system of calculations of dynamic characteristics of rolling equipment and the rolling process due to the use of modern information technologies.

Work tasks: development of a mathematical and informational model; development of original software.

The analysis of known software analogues and the needs of the industry showed that it is expedient to review the specifics of solving the problems for the process of symmetrical rolling of relatively thin strips on a reversible rolling mill.

The software implementation of mathematical and informational models gives an opportunity not only to increase the accuracy of calculations, but also is the basis of the optimization of the rolling process due to the equalization of the rolling effort. This will make it possible to carry out rolling with the same deflections of the rolls in each pass, which is the basis for designing the profile of the rolls and rolling strips with minimal cross-thickness variations and will lead to a reduction in the percentage of defects during rolling.

REFERENCE

1 Vasiliev Y.D., Minaev A.A. Theory of longitudinal rolling. - Donetsk: UNITEK, 2010-456p.

USE OF THE STUDENT SOCIAL NETWORK FOR INTERDEPARTMENTAL SCIENTIFIC CIRCLE

One of the components of the modern stage of the development of the engineering education system is the training of future specialists in the basics of research work, including conducting field experiments and conducting theoretical research. Methodologically, the work of the group was built taking into account the in-person attendance of classes by students of various specialties (departments) and was aimed at the complex solution of tasks, the final result of which were inventions and publications [1 - 3].

But this form of education in the new conditions of quarantine and state of emergency requires adjustment towards the transition from face-to-face to distance learning and expansion of the field of theoretical research due to in-depth study of mathematical topics, for example "Research of methods, models and information technologies of time series forecasting". The purpose of the work is to improve the training of personnel with the help of modern information technologies of remote access. Tasks: - study and analysis of modern means of remote access: - development of the concept of a social network of bloggers - listeners of the circle. The analysis of the existing software (software) showed that from the point of view of speed of access to the network, it is advisable to use stream - direct broadcast over the Internet using a specially created student social network with a donation service. In the educational plan, it can be a message (demonstration) that is broadcast in real time by the leader of the circle to the listeners with the support of the network developer. Thus, the development of the social network will facilitate the communication of Gurtkiv bloggers with the audience, increase the quality of engineering training through the sustainable acquisition of competence research. The further course of research is the creation of software.

REFERENCE

1 Kravchenko V.I. Software product "Alpinist" / V.I. Kravchenko, O.V. Zhartovskyi, Zh. G. Karyagin // Certificate of copyright registration for the work No. 80323 Date of registration 07/18/2018. COPYRIGHT AND RELATED RIGHTS, Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine, Official Bulletin No. 50, (The information contained in this bulletin is considered published on October 26, 2018) KYIV - 2018, p. 139.

2 Patent 134942 Ukraine, IPC(2006) G01R 21/00 Method of measuring the power and energy of an electric current pulse. 2019

3 V. Kravchenko. Innovative computer technology in the creationsspecialized social network for bloggersin institutions of higher education / V. Kravchenko, A. Altukhov, A. Avraimov// Modern education - accessibility, quality, recognition. Collection of scientific papers of the XIV international scientific and methodical conference, November 9 2022, Kramatorsk / - Kramatorsk: DDMA, 2022. - 216 p. Q. 46-48.

МЕТРОЛОГІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ТА СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЇ: ПЕРСПЕКТИВИ МАЙБУТНЬОГО

Важливість вимірювань у галузі безпеки праці вкрай велика, оскільки вони дозволяють ефективно оцінювати різноманітні параметри робочого середовища, ідентифікувати небезпечні фактори та розробляти стратегії для їх управління та мінімізації. Одними із важливих аспектів є вимірювання шкідливих виробничих факторів, таких як рівень шуму, концентрація шкідливих речовин у повітрі, температура та вологість. Вчасне та точне вимірювання цих параметрів може допомогти визначити, чи виконуються нормативні вимоги щодо безпеки на робочому місці, а також визначити можливі зони ризику [1-3]. Визначимо ключові аспекти ролі метрології у забезпеченні безпеки праці:

1. Забезпечення точних та надійних вимірювань. Однією з основних функцій метрології є розроблення та підтримка стандартів вимірювань конкретних параметрів, які важливі для безпеки праці, таких як рівень шуму, концентрація хімічних речовин, температура тощо. Це забезпечує, що вимірювання є однаково точними та порівнянними в будь-якому контексті.

2. Оцінка ризиків та визначення відповідних стандартів. Метрологія грає ключову роль у визначенні та оцінці ризиків на робочому місці та надає наукову основу для розробки стандартів. Вимірювання параметрів довкілля дозволяють ідентифікувати потенційні небезпечні фактори та визначити, чи вони відповідають нормативам та стандартам безпеки.

3. Забезпечення якості та надійності обладнання. Метрологія також важлива для калібрування та валідації вимірювального обладнання, що використовується для моніторингу безпеки праці. Це допомагає забезпечити правильність та надійність роботи вимірювальних пристроїв, що є критично важливим для точних вимірювань.

4. Постійне оновлення та адаптація до нових викликів. Світ та технології постійно змінюються, і метрологічні дослідження активно адаптуються до нових викликів та технологій, які виникають у сфері безпеки праці. Розвиток сучасних сенсорів, інтернету речей (IoT-рішення) та аналітичних методів дозволяє збільшити точність вимірювань та забезпечити реальний час моніторинг.

5. Підтримка інновацій у безпеці праці. Метрологія також сприяє розвитку нових методів та технологій для поліпшення безпеки праці. Вона дозволяє проводити ефективні дослідження, розробляти інноваційні вимірювальні рішення та забезпечує їх відповідність стандартам та вимогам.

У табл. 1 ми розглядали, як точність вимірювань впливає на безпеку праці.

Таблиця 1 – Вплив точності вимірювань на безпеку праці та приклади
[авторська розробка]

Аспект	Вплив точності вимірювань на безпеку праці	Приклади
Правильна ідентифікація небезпечних факторів	Допомагає уникнути недооцінки ризику через неточні вимірювання	Вимірювання концентрації шкідливих речовин
Справедливість оцінки ризиків	Визначає точність оцінки ризиків та необхідних заходів безпеки	Вимірювання температури робочого середовища
Моніторинг ефективності заходів безпеки	Допомагає вчасно виявляти невідповідність ефективності заходів безпеки	Вимірювання рівня шуму, вібрації на робочому місці
Забезпечення дотримання нормативів та стандартів	Важливо для безпеки праці та уникнення юридичних наслідків	Вимірювання ефективності захисних окулярів

Смарт-вимірювання, що використовують сучасні технології, мають як свої переваги, так і виклики (табл. 2).

Таблиця 2 – Переваги та виклики смарт-вимірювань у галузі безпеки праці
[авторська розробка]

Переваги смарт-вимірювань	Виклики смарт-вимірювань
Збільшена точність	Вартість
Реальний час	Приватність та безпека даних
Збір великої кількості даних	Комплексність систем
Автоматизація та аварійна реакція	Енергоспоживання
Збільшена ефективність робочих умов	Сумісність та стандартизація

Загалом, сучасні технології смарт-вимірювання мають значний потенціал для поліпшення безпеки праці, але вимагають уважної розробки, впровадження та обслуговування, щоб впевнитися в їх ефективності та безпеці.

ЛІТЕРАТУРА

1 Буц Ю.В., Крайнюк О.В., Козодой Д.С., Барбашин В.В. (2018) Оцінка надзвичайних подій під час перевезення небезпечних вантажів у контексті техногенного навантаження регіонів *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*, 27-35, 2018.

2 Крайнюк О.В., Буц Ю.В., Діденко Н.В., Барбашин В.В. (2023). Метрологічне забезпечення атестації робочих місць за умовами праці. *Комунальне господарство міст*, 4 (178), 286–292. DOI:10.33042/2522-1809-2023-4-178-286-292.

3 Крайнюк О.В., Буц Ю.В., Барбашин В.В., Северинов О.В. (2022). Використання технологій віртуальної та доповненої реальності для забезпечення безпеки праці. *Комунальне господарство міст*, 2022, том 4, випуск 171.- С. 165-172.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРОКАТКИ СМУГ НА СТАНІ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ 1680 ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Вихідною продукцією для холодної прокатки служать рулони гарячекатаної штаби товщиною 1,5...6,0 мм, що надходять з широкоштабових станів гарячої прокатки [1]. Безперервний 4-х клітьовий стан 1680 складається з 4-х послідовно розташованих клітей Кварто та допоміжного обладнання. Стан оснащений системами контролю товщини смуги, контролю профілю робочих валків та протизгинання робочих валків, регулювання товщини смуги в поздовжньому напрямку.

Оптимізація технологічних режимів обтиснення при холодній прокатці відноситься до найважливіших факторів, що забезпечують підвищення техніко-економічних показників процесу прокатного виробництва загалом.

Безпосередньо як цільові функції при оптимізації технологічних режимів обтиснень були використані математичні моделі процесу холодної прокатки, організовані на виконанні критеріїв повного завантаження механічного обладнання.

Програмне забезпечення вирішення поставленої задачі оптимізації було здійснено на основі алгоритмічного методу цілеспрямованого перебору варіантів, аналітичний опис якого може бути представлений у вигляді [3]:

$$\Delta h_{i(k+2)} = \Delta h_{ik} + A_h \text{sign}([x] - x_{ik}),$$

де h_i – величина абсолютного обтиснення смуги в i -му проході; k – порядковий номер чергового циклу ітераційної процедури рішення; Δh – крок зміни величини абсолютного обтиснення, кількісна оцінка якого була прийнята змінною залежно від ступеня застосування проміжних результатів до вихідного; $[x_i]$ – задані значення параметрів $[P_i]$, $[N_i]$, $[M_i]$ безпосередньо пов'язаних із прийнятим критерієм оптимальності;

Враховуючи викладене вище та виходячи з логіки функціональних зв'язків між величиною абсолютного обтиснення та енергосиловими параметрами процесу прокатки, розв'язання задачі оптимізації за умовою повного завантаження механічного обладнання можна надати у вигляді послідовних покрокових прирощень $\Delta h_{i(k+1)} = \Delta h_{ik} + 0,01 \cdot h_{0i}$ у разі одночасного виконання кожної з умов: $P_i \leq [P_i]$, $M_i \leq [M_i]$, $N_i \leq [N_i]$.

У разі невиконання хоча б однієї з цих умов змінимо величину покрокового збільшення

$$\Delta h_{i(k+1)} = \Delta h_{ik} - 0,01 \cdot h_{0i},$$

де h_{0i} – вихідна товщина смуги в даному проході.

Таким чином, може бути визначено абсолютне обтиснення, що відповідає умові забезпечення максимально допустимого завантаження i , як наслідок,

умови досягнення максимальної продуктивності механічного обладнання конкретних прокатних станів. Числові результати розрахунку наведено у таблиці 1, а графічні – на рис. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку енергосилових параметрів

Номер кліті	h_0 , мм	h_1 , мм	ε	λ	V , м/с	P , МН	N , МВт
I	2.7	1.85	0.315	1.46	2.19	16	2.65
II	1.85	1.35	0.27	1.37	3.00	18.5	3.23
III	1.35	1.0	0.26	1.35	4.05	19.5	3.66
IV	1.0	0.8	0.2	1.25	5.06	18.1	2.74

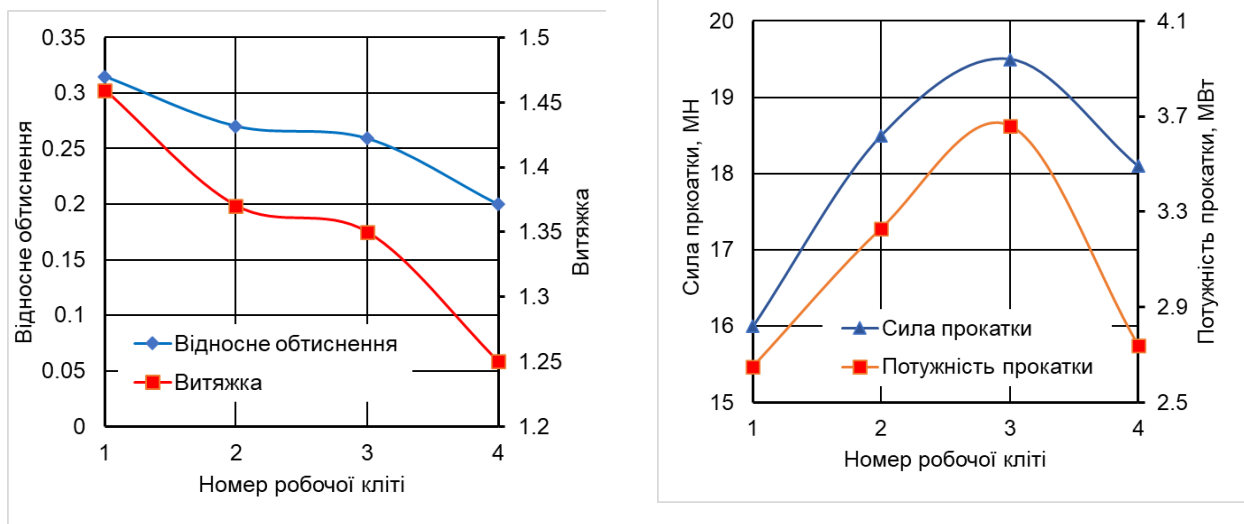


Рисунок 1 – Розподіл деформаційних (а) та енергосилових (б) показників по робочих клітях

За допомогою ЕОМ був розрахований раціональний режим обтиснень, визначені швидкісні режими прокатки та енергосилові параметри процесу.

Висновок: на основі автоматизованого розрахунку технологічних режимів прокатки визначено режими, що дозволяють здійснити прокатку смуги в один пропуск з врахуванням потужності електродвигунів головного приводу та забезпечити продуктивність стану на рівні 817 тис. тон на рік.

ЛІТЕРАТУРА

1 Zhao J., Jiang Z. Rolling of Advanced High Strength Steels: Theory, Simulation and Practice. Taylor&Francis: Routledge and CRC Press, 2021. 644 p.

2 Грибков Е. П.. Основи автоматизованого проектування технологічного обладнання. Лабораторний практикум : посібник [для студентів технічних спеціальностей], Краматорськ : ДДМА, 2021. 67 с.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГНУТИХ ПРОФІЛІВ

Актуальність. В наш час збільшується потреба в економічних конструкціях, які відповідають сучасним вимогам. Найбільшою мірою цим вимогам відповідають сталеві конструкції, виконані з гнутих профілів, оскільки даний вид профілів має значні конструктивні переваги. Гнуті профілі є альтернативою гарячекатаному сортовому прокату у багатьох видах металокопункцій. Розширюється застосування гнутих профілів у якості елементи будівельних конструкцій, що несуть навантаження. При цьому механічні властивості сталевих підкату, який застосовується при виробництві гнутих профілів, переносять на механічні властивості готових профілів без урахування впливу технологічних деформацій.

Мета роботи. Визначення можливості полегшення металокопункцій за рахунок використання деформаційного зміцнення металу.

Задачі роботи. Розробка методики оцінювання якості гнутих профілів з урахуванням реальних властивостей міцності гнутих профілів. Оцінка впливу довкілля на роботоздатність конструкцій з цих профілів.

Основний зміст роботи. Крім геометричних показників при оцінці якості гнутих профілів були обрані такі показники механічних властивостей, як межа плинності, показник міцності та показник холодостійкості.

Результати оцінки якості гнутих профілів показують, що з метою створення ефективного впливу на якість продукції в першу чергу слід звернути увагу на показник відносного подовження, який характеризує пластичні властивості.

Одним із заходів, що дозволяють підвищити пластичні властивості, є пластичне обтиснення місць згинання при профілюванні.

При пластичному обтисканні місць вигину не тільки створюється схема деформації всебічного стиснення,

Після пластичного обтиснення місць згинання гнутого профілю периметр швелера b збільшується на величину довжини майданчика обтискання δ (рис. 1):

$$b = b_{заг} + \delta \quad (1)$$

де $b_{заг}$ – периметр поперечного перетину заготовки, мм.

Розрахункові величини обтискання місць згинання при профілюванні в залежності від товщини заготовки представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Розрахункові величини обтискання місць вигину при профілюванні залежно від товщини заготовки

S, мм	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
ϵ , %	20,00	18,95	18,00	17,10	16,40	15,60	15,00

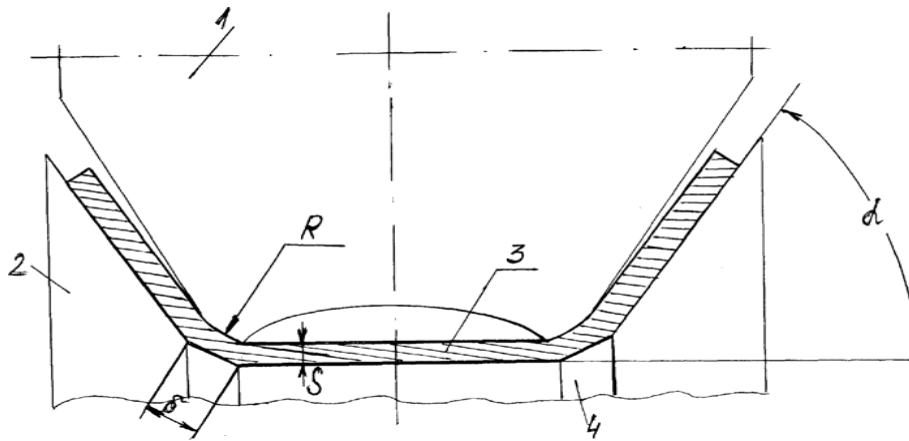


Рисунок 1 – Кліть профілезгинального стану для профілювання швелера з використанням пластичного обтиснення місць згинання: 1 і 2 – валки; 3 – профіль; 4 – елемент, що обтискається; R – радіус місця згинання; S – товщина смуги; α – кут нахилу утворюючої конічної поверхні нижнього валка; δ – довжина майданчика обтискання

У розглянутому випадку при формуванні швелера 180x80x6,0 мм величина раціонального ступеня обтиснення місць вигину, при якій буде запобігти тріщиноутворення при профілюванні малопластичних марок сталі становить $\varepsilon=16,4\%$ при $S=6$ мм, тобто $\Delta h=0,984$ мм.

Виходячи з експериментальних даних допустимий ступінь деформації не повинен перевищувати 8–12 %, тобто формула (1) дає завищені результати порівняно з експериментальними, оскільки при формуванні швелера ступінь обтиснення становить 16,4 %. Для урахування в подальших розрахунках обтискання місць згинання отримано формулу, що забезпечує більш точне визначення ступеня обтиснення місць згинання при профілюванні:

В результаті експериментальних досліджень отримано наступну розрахунково-експериментальну залежність для визначення ступеня обтиснення ε місць згинання:

$$\varepsilon = \frac{1,45}{S + 10} 100 \quad (2)$$

розрахунки за якою при $S=6,0$ склали $\varepsilon=9$,

Висновки.

1. Оцінка якості гнутих показала, що основною проблемою є недостатня пластичність металу при профілюванні, внаслідок чого можливе утворення тріщин у місцях згинання.

2. Пластичне обтиснення місць згинання забезпечує запобігання тріщиноутворення, оскільки при цьому створюється схема всебічного стиснення. але разом з цим відбувається «розкриття» поздовжніх подряпин, які збігаються з місцем згинання профілю, що зменшує концентрацію напружень в осередку деформації.

3. У роботі отримано уточнену розрахунково-експериментальну залежність для визначення ступеня обтиснення місця згинання.

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Інновації є завершеним результатом інноваційної діяльності, вираженим у формі нового чи вдосконаленого продукту або технологічного процесу. Цей результат володіє якісними перевагами в сферах проектування, виробництва, збуту, що сприяє його ефективному використанню у практичній сфері. Крім того, інновація має важливу суспільну перевагу, що підкреслює її значущість у сучасному світі.

Інновації у фізкультурі – це впровадження новаторських ідей, методів, технологій та підходів з метою поліпшення якості фізичного виховання, спортивної діяльності та загального здоров'я. Цей процес спрямований на створення ефективних та цікавих методів, які забезпечують максимально позитивний вплив на фізичний стан та загальне самопочуття людей. Використання інноваційних технологій у фізичному вихованні здобувачів освіти під час занять фізичною культурою дозволяє викладачу відповідати вимогам сучасного навчального процесу та фізичного виховання. Це досягається завдяки поєднанню освітньої направленості з високою компактністю, динамічністю та емоційністю занять, що стимулює активність та зацікавленість здобувачів у фізичних вправах.

Фізична культура є і завжди була незамінним чинником фізичного, морального, інтелектуального та духовного розвитку особистості, та важливим засобом зміцнення здоров'я. Процес реформування української освіти передбачає використання інноваційних технологій у фізичному вихованні і спорті. Саме тому спостерігається підвищення уваги до різного роду інновацій щодо проблем фізичного виховання здобувачів. Інновація є перетворенням, що засноване на нових ідеях та знаннях, та задовольняє визначені запити людини, суспільства і держави [3, с. 157].

Хочемо зауважити про неодмінну складову плідного навчання, а саме про інтерактивне навчання. Інтерактивне навчання – це спосіб вчити, коли на занятті не лише передає знання викладач, а й здобувачі беруть активну участь. Вони обговорюють, працюють у групах, вирішують завдання разом. Мета – зробити заняття цікавішим і залучити всіх до навчання.

Особливістю інтерактивного навчання є підготовка молодої людини до життя і громадянської активності в громадянському суспільстві й демократичній правовій державі на заняттях з будь-якого предмета навчальної програми. Заняття мають захоплювати здобувачів, пробуджувати в них інтерес та мотивацію, навчатися самостійному мисленню та діям. Ефективність і сила впливу на емоції та свідомість здобувачів у великій мірі залежать від умінь і стилю роботи кон-

кретного викладача. Застосування інтерактивних технологій висуває певні вимоги до структури занять, які викладені в цьому орієнтованому варіанті. Як правило, структура таких занять складається з п'яти елементів:

1. Мотивація: мета – сфокусувати увагу здобувачів на проблеми й викликати інтерес до занять, знань.

2. Оголошення, представлення теми та очікування навчальних результатів: мета – забезпечити розуміння здобувачами змісту їхньої діяльності, чого вони повинні досягти на занятті; чого від них чекає викладач.

3. Надання необхідної, достатньої інформації, завдань, вправ для того, щоб на її основі виконувати основне завдання.

4. Інтерактивна вправа – центральна частина заняття, метою якої є засвоєння навчального матеріалу.

5. Підбиття підсумків, оцінювання результатів [1, с. 305].

Звернемо увагу на інноваційні технології в навчальному середовищі. Інноваційні технології, у контексті загальної оптимізації навчально-виховного процесу, спрямовані на задоволення таких першочергових потреб: формування особистості, яка вміє пристосовуватися до динамічних умов сучасного світу; розвиток комунікабельності майбутнього фахівця своєї справи; само-актуалізація та самореалізація особистості; формування творчої особистості, професіонала, який в майбутньому буде прагнути займатися неперервною самоосвітою.

Інноваційний розвиток фізичного виховання відбувається, якщо є ознаки реальних змін: нова освітня діяльність та новий зміст освіти; новизна укладу життя, організація освітнього процесу; нові завдання й засоби педагогічної діяльності; тенденція до збереження здоров'я та розвиток індивідуальності унікальності зростаючої особистості; толерантне ставлення до носіїв потенціально критичної інформації, здатних генерувати нові ідеї, ламати стереотипи [2, с. 131].

На нашу думку, інноваційна програма може бути розроблена з метою поліпшення фізичного, психологічного здоров'я та загального благополуччя здобувачів. Така програма може включати в себе різноманітні стратегії, які будуть спрямовані на стимулювання фізичної активності: введення нових спортивних секцій, прогулянки на свіжому повітрі та ін.; розвиток спортивних навичок, формування здорового способу життя та необхідну підтримку соціально-психологічного розвитку здобувачів вищої освіти. Щодо психологічного розвитку, він дуже необхідний на рівні з фізичним, бо тільки в гармонії зі своїми думками, людина зможе бути в гармонії зі своїм тілом.

ЛІТЕРАТУРА

1 Шаповаленко В. І. Інтеграція інноваційних елементів та інтерактивних технологій в освітній процес фізичного виховання / В. І. Шаповаленко, С. В. Гаркуша // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Сер. : Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. – 2013. – Вип. 112(2). – С. 304–308.

2 Ваколюк А., Шелюк В., Симонович Н. Інноваційні технології у системі фізичного виховання здобувачів вищої освіти // Інноватика у вихованні. – 2021. – №. 14. – С. 128–134.

3 Греб Д., Рубан А. Інноваційні технології у фізичному вихованні різних верств населення // Сучасні технології в оздоровчій діяльності: Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів ви-

Ганна Лавренчук, Олександр Узунов
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ НЕЗБАЛАНСОВАНОЇ ОДНОВІСНОЇ ПЛАТФОРМИ

Вступ. Автоматизовані платформи, що використовують в галузі логістики, відіграють важливу роль при перевезенні вантажів та автоматизації складів. Найбільш поширеними із них є роботи-штабелери, самохідні візки, сортувальні конвеєрні машинки та дрони. Останні зазвичай використовують для відеоспостереження, але й транспортувати вантажі з їх допомогою теж можливо. Автоматизований транспорт часто виготовляють на основі раніше вироблених та досліджених засобів, модернізуючи їх під свої умови використання. В роботі розглянуто питання моделювання дії незбалансованої платформи, яка використовується в одновісних транспортних засобах. Метою є визначення динамічних характеристик платформи для подальшого вибору і розрахунку механізму балансування при заданому максимальному куті її нахилу.

Опис досліджуваної проблеми. Одним з відомих одновісних транспортних засобів є гіроборд, який працює на основі реакції гіроскопічних датчиків на відхилення від центру рівноваги об'єкту пересування. Якщо об'єктом переміщення є людина, то проблема балансування вирішується людиною, яка керує цим засобом. У разі транспортування неживих об'єктів, наприклад вантажу певної маси, балансування засобу стає проблемою. Для її вирішення на початковому етапі необхідно дослідити динамічні процеси при повертанні платформи відносно своєї осі.

Математичний опис процесу. На рис. 1 представлено розрахункову схему поверненої платформи під дією зовнішніх сил на вантаж, які виникають при відхиленні вантажу на певну відстань «с» від центру рівноваги.

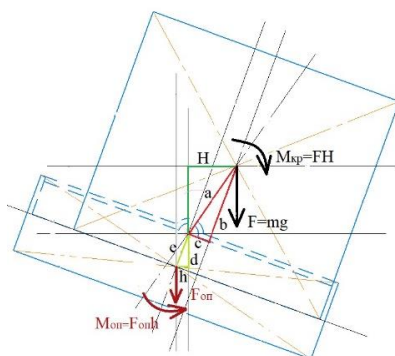


Рисунок 1 – Розрахункова схема навантаженої платформи.

Дослідження спрямоване на визначення змін кута нахилу платформи в залежності від часу при різних заданих відхиленнях «с» та величинах маси. Для цього розроблено математичний опис (1-5) процесу, який відбувається після завантаження платформи.

$$\varepsilon = \frac{M_F - M_{оп} - M_{супр.}}{J_{заг.}} \quad (1)$$

$$M_F = F \cdot H, \quad (2)$$

$$M_{оп} = F_{оп} \cdot h, \quad (3)$$

$$M_{супр.} = k \cdot \omega, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт тертя підшипників кочення; ω – кутова швидкість.

$$J_{заг.} = (J_B + m_B \cdot a^2) + (J_{п.} + m_{п.} \cdot e^2), \quad (5)$$

де $J_B / J_{п.}$ – момент інерції вантажу / платформи; $m_B / m_{п.}$ – маса вантажу / платформи; a / e – відстань центру мас вантажу / платформи відносно осі обертання.

Визначивши всі необхідні константи та представивши рівняння за допомогою засобів візуального програмування побудовано математичну модель в середовищі MATLAB Simulink (рис. 2).

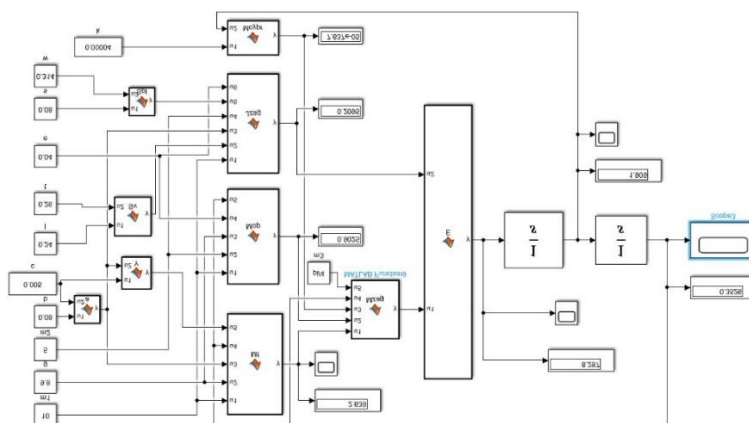


Рисунок 2 – Математична модель повертання платформи.

Результати дослідження. Моделювання процесу дозволило визначити зміну кута, кутової швидкості та прискорення при повертанні платформи (рис. 3) та провести дослідження залежності часу, за який платформа досягає максимального значення кута, від параметру «с» та маси (рис. 4).

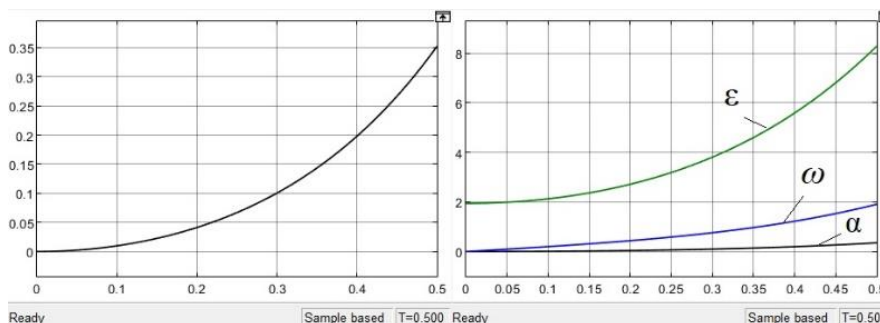


Рисунок 3 – Графіки зміни кута, кутової швидкості та прискорення платформи.

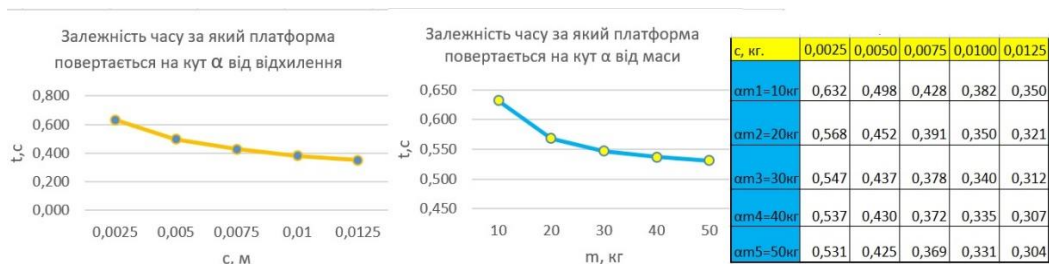


Рисунок 4 – Результати досліджень залежності часу, за який платформа досягає кут α , від параметру «с» та маси, опрацьовані в Excel.

Висновок. Виконане дослідження дозволило визначити динамічні характеристики незбалансованої платформи і визначити час повертання платформи на заданий кут при різних варіантах навантаження, що дає можливість в подальшому розрахувати та дослідити характеристики пристрою для її балансування.

*Валерій Лавріненко, Володимир Полторацький,
Олександр Бочечка, Григорій Петасюк,
Олег Пасічний, Валерій Скрябін*

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

Володимир Солод

Дніпровський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ З АЛМАЗАМИ ІЗ БАГАТОКОМПОНЕНТНИМИ ПОКРИТТЯМИ НА ОСНОВІ СУМІШЕЙ ІЗ ОКСИДАМИ ТА КАРБІДАМИ

Експлуатаційні характеристики алмазного шліфувального інструменту у значній мірі залежать від якості алмазів, що застосовуються для його виготовлення. Покриття зерен алмазів є одним з важливих факторів впливу на зміну його властивостей та підвищення утримання у зв'язуючому робочому шару шліфувального круга. В даній роботі нами зупинена увага саме на сучасних розробках в отриманні різних захисних оксидних та карбідних покриттів на алмазах, які би дозволяли підвищити їх термостійкість.

З літератури відомо [1], що алмазні частинки покривалися оксидом алюмінію методом атомно-шаруватого осадження. Як наслідок, температура, при якій починається розкладення алмаза до CO_2 , змістилося в бік більш високих температур (прирошення $\approx 50 \text{ K}$) внаслідок захисної дії Al_2O_3 . Автори [1] стверджують, що хоча величина покращення є доволі малою, щоби її можливо було застосувати для високотемпературних застосувань, але ці результати свідчать, що саме таке захисне покриття можливо застосовувати для захисту алмаза від окислення. Це в певній мірі знайшло підтвердження і в статті [2], де були досліджені захисні покриття з карбїду титана-бора на алмазних частинках. Результати засвідчили, що вміст бора є важливим для адгезії Ti у покритті Ti-B-C . При відпалу

алмаза з покриттям в повітрі апріорно утворені V_2O_3 та TiO_2 захищали алмаз від окислення, виступаючи у якості кисневонепроникних шарів. Крім того, наявність TiO_2 забезпечує тривалий захист за рахунок зменшення випаровування V_2O_3 [2].

Зважаючи на ці публікації нами були досліджені експлуатаційні характеристики алмазних кругів із шліфпорошками синтетичного алмазу марки АС6 125/100 з багатокомпонентними термостабільними зносостійкими покриттями на основі оксиду (V_2O_3), як і в поєднанні з оксидами (TiO_2 та SeO_2), так і карбідами (V_4C). Для обробки був вибраний важкооброблюваний вольфрамо-титано-кобальтовий твердий сплав марки Т15К6 з розмірами зразка 63x15x7 мм. Режими шліфування: швидкість обертання круга – 18 м/с, поперечна подача – 0,05 мм/пдв. хід, повздовжня подача – 0,29 м/хв. (для продуктивності обробки 100 мм³/хв.), 0,57 м/хв. (для продуктивності обробки 200 мм³/хв.) та 1,14 м/хв. (для продуктивності обробки 400 мм³/хв.). Шліфування провадилося без охолодження, щоби не вносити додаткових збурень в процес обробки, оскільки невідомою на даний момент є можливість ймовірної взаємодії оксидів із складниками технологічної рідини, що може бути предметом подальших досліджень. Оцінювалася зносостійкість шліфувального інструменту за показником відносних витрат алмазів та шорсткість обробленої поверхні (Ra).

Звернемо увагу, на те, що нами порівнювалися показники кругів з зернами з покриттями із кругом з непокритими зернами шліфпорошку АС6 125/100. Спочатку розберемо результати з точки зору зносостійкості алмазного інструменту. Відразу звернемо увагу на те, що багатокомпонентне покриття поверхні алмазних зерен сполученням оксидів V_2O_3 та SeO_2 фактично не покращує зносостійкість алмазного круга за всіх продуктивностей шліфування. Тобто це сполучення для покриття поверхні алмазних зерен не є ефективним. А яке багатокомпонентне покриття дозволяє підвищити зносостійкість алмазного круга? По-перше, сумішшю оксиду та карбіду ($V_2O_3+V_4C$). По-друге, це сумішшю двох оксидів ($V_2O_3+TiO_2$). Розташуємо вказані багатокомпонентні модифікування в ряд по мірі збільшення зносостійкості:

$(V_2O_3+ SeO_2)$ – Без покриття – $(V_2O_3+ TiO_2)$ – $(V_2O_3+ V_4C)$.

Різниця в зносостійкості для другої (без покриття) і останньої (для $V_2O_3+V_4C$) ланки вказаного ряду складає 1,42 для продуктивності шліфування 100 мм³/хв. Тобто зносостійкість алмазного круга при покритті комбінацією $V_2O_3+ V_4C$ підвищується у 1,42 рази. Цей ряд для продуктивності 100 мм³/хв.

А що буде при збільшенні продуктивності в 4 рази? Фактично по розташуванню вказаний вище ряд не зміниться. Але для більш високої продуктивності обробки у 400 мм³/хв. різниця в зносостійкості для другої (без покриття) і останньої (для $V_2O_3+ V_4C$) ланки вказаного ряду складає вже 1,76, тобто зносостійкість алмазного круга при багатокомпонентному покритті комбінацією $V_2O_3+ V_4C$ підвищується у 1,76 рази.

Тобто, покриття поверхні алмазних зерен комбінацією оксиду і карбіду ($V_2O_3+V_4C$) гарантовано майже у 1,5 рази збільшує зносостійкість алмазних кругів, як за невеликої, так і за підвищеної продуктивності обробки.

Звернемо увагу на шорсткість шліфованої поверхні. Так, при продуктивності 400 мм³/хв. круги із наступними покриттями поверхні алмазних зерен розташовуються в наступному ряду по мірі зменшення параметра Ra) :

Без покриття – $(B_2O_3+CeO_2)$ – $(B_2O_3+B_4C)$ – $(B_2O_3+TiO_2)$.

Тобто проведені дослідження засвідчили, що багатоконпонентне покриття алмазних зерен сумішшю як оксидів та карбідів $(B_2O_3+B_4C)$ так і двох оксидів $(B_2O_3+TiO_2)$ дає можливість досягнення більшої зносостійкості алмазних кругів та зниження шорсткості обробленої поверхні.

ЛІТЕРАТУРА

1 Enhancing the oxidation resistance of diamond powder by the application of Al₂O₃ conformal coat by atomic layer deposition / D.Dominguez, H.Tiznado, H.A.Borbon-Nuñez, F.Muñoz-Muñoz, J.M.Romo-Herrera, G.Soto // *Diamond and Related Materials*. – 2016. – V. 69. – pp. 108–113.

2 Enhancement of oxidation resistance via titanium boron carbide coatings on diamond particles / Youhong Sun, Chi Zhang, Jinhao Wu, Qingnan Meng, Baochang Liu, Ke Gao, Linkai He // [*Diamond and Related Materials*](#). – [Volume 92](#), February 2019, – pp. 74–80.

Валерій Лавріненко

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

КНИГА «ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ: ВІД ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ДО ШТУЧНИХ АЛМАЗІВ» – СУЧАСНЕ НАУКОВО-ПОПУЛЯРНЕ ВИДАННЯ ДЛЯ ФАХІВЦІВ-ТЕХНОЛОГІВ

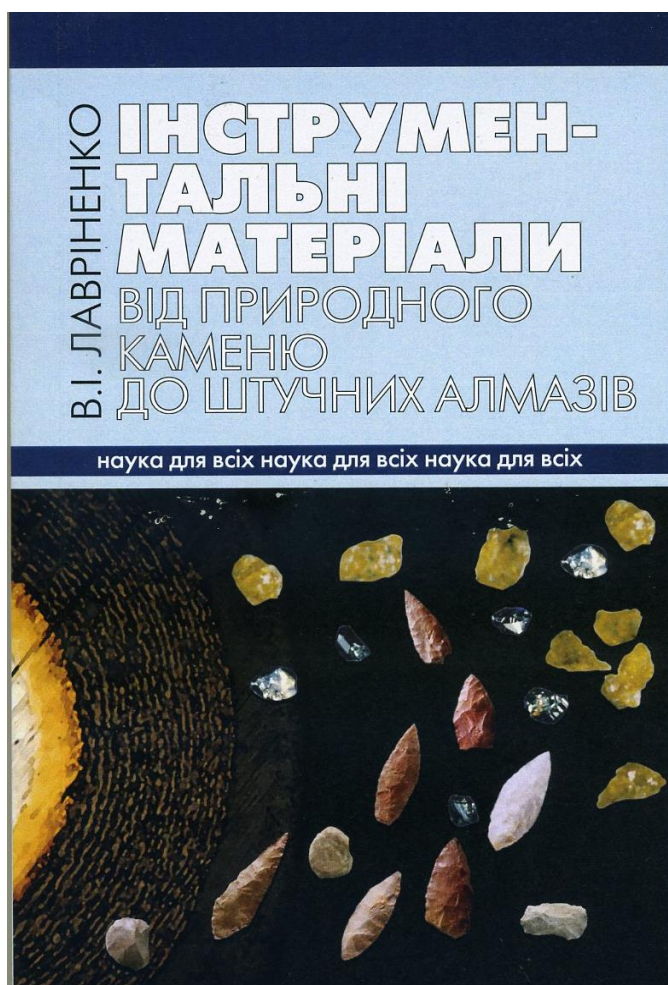
Відомо, що у зв'язку із входженням України до європейського освітнього простору вища освіта в країні зазнає докорінних змін. Одним із пріоритетних завдань модернізації національної освіти є перебудова її згідно з вимогами Болонського процесу. Реформування системи освіти стимулює до пошуку інноваційних підходів у підвищенні рівня підготовки висококваліфікованих фахівців, конкурентоспроможних на сучасному ринку праці. На погляд автора, це у значній мірі треба робити за рахунок популяризації новітніх розробок НАН України. Тому метою книжки «Інструментальні матеріали: від природного алмазу до штучних алмазів», як видана в «Академперіодиці» у 2023 р. в рамках проекту НАН України «Наука для всіх», і було у популярному розрізі висвітлити новітні питання про особливості, склади та властивості, як самих інструментальних матеріалів, так і інструментів, у яких вони застосовуються, а також відомості по процесам обробки з їх використанням.

В цілому в книжці висвітлені основні принципи вибору інструментальних матеріалів для процесів обробки виробів в машинобудуванні та переліку вимог до інструментальних матеріалів, наведена їх класифікація з урахуванням таких факторів як: склад і структура, властивості, особливості отримання матеріалу та його технологічність, вартість матеріалу. Викладені відомості про новітні: інструментальні та швидкорізальні сталі, тверді сплави, інструментальні кераміки,

полікристалічні лезові алмазні та cBN матеріали, абразивні алмазні і cBN матеріали.

Ця книжка є третьою, заключною, книжкою автора, що вийшли в серії НАН України «Наука для всіх».

Спочатку автор написав книжку-посібник «Надтверді матеріали: посібник для допитливих», що надрукована у 2017 році. В ній викладені в популярному вигляді відомості про історію пошуку, знахідок і отримання на даний момент найбільш твердих в природі матеріалів (алмазів і кубічного нітриду бора). Наведені у концентрованому вигляді найбільш основні відомості про властивості, склади і області застосування надтвердих матеріалів (НТМ).



Подані у популярному вигляді сучасні уявлення про процеси обробки абразивними інструментами з надтвердих матеріалів. Систематизовані довідникові дані про властивості абразивних НТМ, абразивних композитів, що містять надтверді матеріали, показники різального шару шліфувальних кругів з НТМ. Okремо показані особливості застосування додаткового впливу (електричного, плазмового, лазерного, ультразвукового) на зону обробки інструментом з надтвердих матеріалів. Наведені відомості про якість поверхні, що піддається інструментами з НТМ.

Наступна книжка «Алмазно-абразивна обробка: як подолати усталені міфи» вийшла у 2021 році. Викладено відомості про низку усталених міфів та хибних припущень, що склалися за останні 50 років, в наукових та практичних дослідженнях процесів алмазно-абразивної обробки при застосуванні найт-

вердіших матеріалів (алмазів і кубічного нітриду бора). Показані шляхи подолання таких міфів, що дозволить підвищити ефективність процесів обробки та більш реально будувати теоретичні засади подальшої розробки нових процесів із застосуванням інструментів з надтвердих матеріалів.

Книжка, про яку згадано на початку «Інструментальні матеріали: від природного каменю до штучних алмазів» є логічним завершенням вказаного вище напрямку. В ній викладено відомості про еволюцію інструментальних матеріалів від природного каменю, до сталевих виробів, твердих сплавів, керамік, надтвер-

дих полікристалічних та кристалічних матеріалів, що склалися за тисячоріччя розвитку людського суспільства. Показаний розвиток та вдосконалення кожного з типів інструментальних матеріалів та необхідність переходу до нового типу інструментального матеріалу у зв'язку із розвитком військової та суспільної промисловості. Розкрито сучасні уявлення про процеси обробки сучасних інструментальних матеріалів сучасними абразивними інструментами з надтвердих матеріалів, особливості їх ефективного застосування на прикладі розробок установ Національної академії наук України. Автор висловлює щире вдячність рецензентам за доброзичливі критичні зауваження, що сприяли поліпшенню змісту книжки: доктору технічних наук, професору В.С. Антонюку та доктору технічних наук, доценту В.І. Сідорку, а також голові секції Вченої ради Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, члену-кореспонденту НАН України, доктору технічних наук, професору Клименку С.А. за корисні поради та зауваження при написанні даної книжки. Книжку призначено допитливим студентам, інженерно-технічним працівникам, яких цікавить правильне та ефективне використання інструментальних матеріалів для обробки різноманітних матеріалів у побуті та виробничих умовах, а також автор має надію, що вона буде корисною для викладачів та аспірантів вищих навчальних закладів.

Всі вказані вище книги викладені у загальному доступі на сайті НАН України. За придбанням паперових примірників можна звернутися до Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Лазарев Д.О., Баланюк Г.В.
Національний університет «Одеська політехніка»

ОСНОВНІ СПОСОБИ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНО- РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Існує три основних способи розточування отворів на горизонтально- розточувальних верстатах а) розточування контрольними оправками (рис.1 а); б) розточування борштангою з використанням опори задньої стійки (рис.1, б); в) розточування в кондукторах при шарнірному з'єднанні розточувальних оправок зі шпинделем верстата (рис.1, в). Подача при кожному при цих способів може здійснюватися шпинделем або столом.

При розточуванні консольної оправленням, у порівнянні з розточуванням борштангою, полегшується установка ріжучого інструменту, установка й вивірка самої консольної оправки і вимір оброблюваного отвору, що призводить до скорочення допоміжного часу.

При розточуванні консольним оправленням при подачі шпинделем виліт інструменту безперервно збільшується, і отже, збільшується пружне переміщення (віджим) інструменту; крім того, при великих вильотах починає відбуватися «провисання» інструменту і шпинделя. Все це призводить до появи похибок

форми і розміру отвору який розточується. Тому цей спосіб слід застосовувати при розточенні коротких отворів, використанні жорстких оправок і незначному загальному вильоті інструменту.

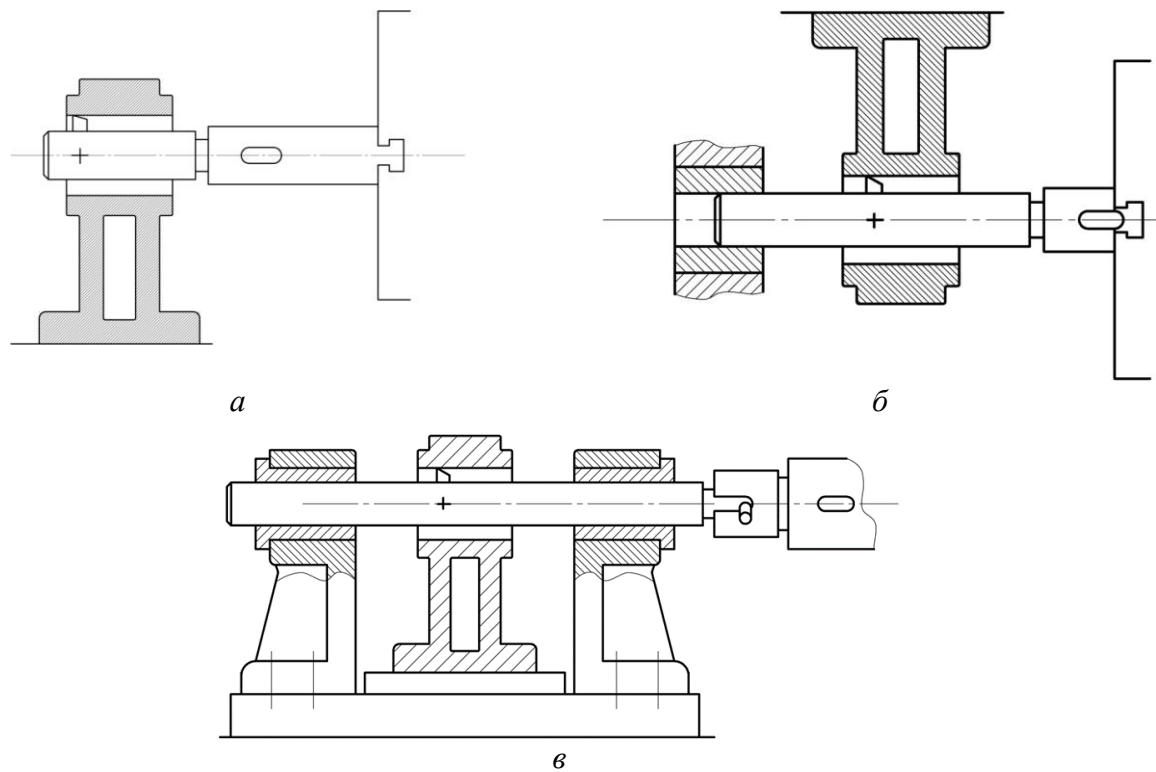


Рисунок. 1 – Основні способи розточування отворів на горизонтально-розточувальних верстатах: а – розточування консольними оправками; б – розточування борштангою з використанням опори задньої стійки; в – розточування в кондукторах при шарнірному з'єднанні розточувальних оправок зі шпинделем верстата

Розточування консольною оправкою з подачею, здійснюваною столом, застосовують при незмінному вильоті інструменту; при цьому похибки розточування будуть значно менші. Вони можуть виникнути внаслідок непрямої руху столу по напрямних станини.

Розточування борштангами з використанням опори задньої стійки застосовують при обробці великих важких деталей, що мають отвори в протилежних стінках, або при обробці отворів, що мають довжину, що значно перевищує їх діаметр. У цьому випадку опора задньої стійки і шпиндель повинні бути соосні. Після установки деталі в оброблювані отвори вводять борштангу; вона встановлюється в опорі задньої стійки і з'єднується зі шпинделем. Після цього вивіряють правильність відносного положення борштанги у вертикальній і горизонтальній площинах, встановлюють інструменти і проводять розточування.

У серійному виробництві широко використовують розточування в спеціальних пристроях - кондукторах. При розточуванні в кондукторах з шарнірним з'єднанням оправок зі шпинделем геометричні похибки верстатів практично не впливають на точність обробки; точність обробки в цьому випадку буде визначатися точністю розточувальних кондукторів, точністю оправок і направляючих втулок і величиною зазорів між оправками і втулками.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛУНЖЕРНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ В САМ-СИСТЕМАХ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

Процес плунжерного фрезерування кардинально відрізняється від традиційного фрезерування. Під час плунжерного фрезерування оброблення здійснюється не периферійною, а торцевою частиною різального інструмента. Це істотно перерозподіляє напрямки зусиль різання з радіальних на осьові, що зменшує ризик радіальної деформації різального інструмента. Операції плунжерного фрезерування використовуються також у тих випадках, коли застосування традиційних способів металооброблення неможливе через надмірні вібрації.

Перевагами плунжерного фрезерування є його застосування за наступних умов [1-3]:

- 1) при значенні вильоту фрези більше, ніж 4 діаметри останньої;
- 2) при недостатній жорсткості фрезерного верстата;
- 3) при недостатньому крутному моменті фрезерного верстата;
- 4) при недостатній потужності фрезерного верстата;
- 5) при операціях напівчистового оброблення глибоких закритих пазів, кутів, вибірок, карманів тощо;
- 6) під час оброблення важкооброблюваних матеріалів, наприклад, титану.

Але дотепер не всі САМ-системи можуть здійснювати підтримку операцій плунжерного фрезерування. Так, із 21-ї проаналізованої САМ-системи, процес плунжерного фрезерування не підтримують 6, а саме Alphacam, CamBam, FeatureCAM, Fusion360, HSMWorks, Vectric.

У тих випадках, коли САМ-система не має змоги підтримувати плунжерне фрезерування, пропонується схема забезпечення траєкторії руху плунжерної фрези, яка полягає в наступному:

- 1) призначення припуску на чистове оброблення;
- 2) формування сітки отворів в межах контуру порожнини або іншої поверхні, що обробляється;
- 3) розроблення на основі сітки отворів програмного коду для введення фрези в кожний із отворів у відповідності із заданими координатами;
- 4) ручне програмування відведення плунжерної фрези від стінок.

Процедура застосування процесу плунжерного фрезерування для обмежених САМ-систем при обробленні закритого карману представлена на рис. 1-4.

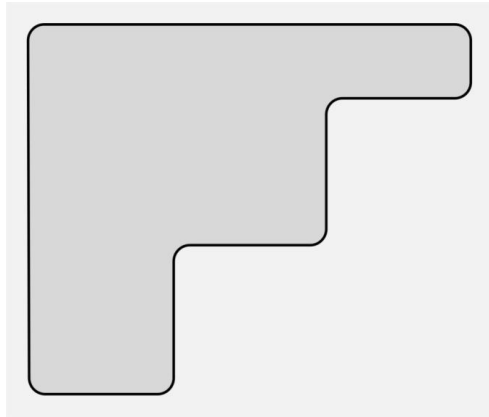


Рисунок 1 – Призначення припуску на оброблення

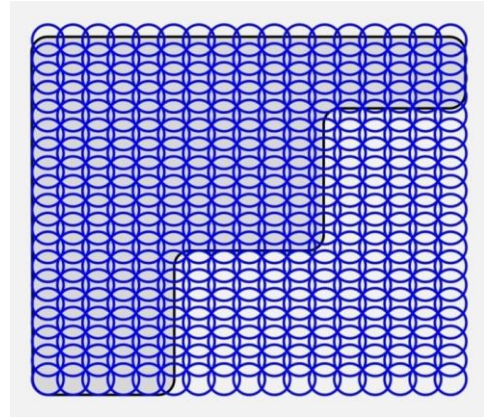


Рисунок 2 – Створення масиву отворів з кроком по координатах X та Y

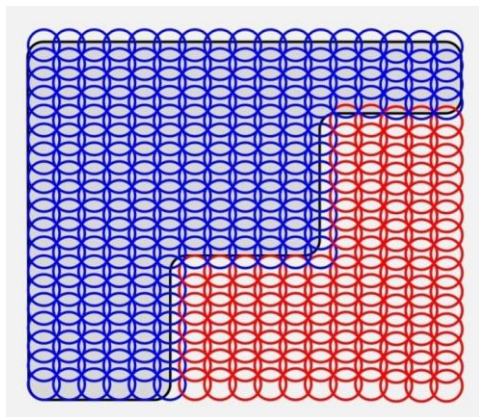


Рисунок 3 – Видалення всіх отворів, частина яких виходить за межі контуру порожнини

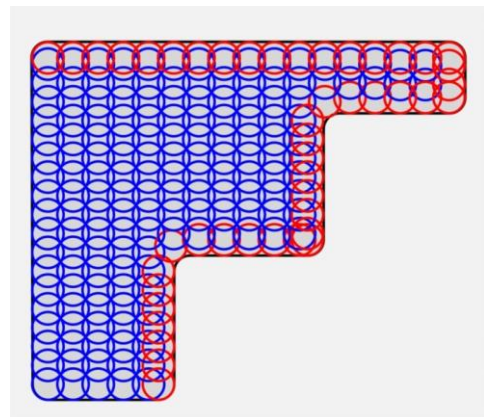


Рисунок 4 – Корегування положення залишених отворів так, щоб вони торкалися всіх контурів порожнини, які вони перетинають

Запропонований алгоритм дій дозволить застосовувати процес плунжерного фрезерування, використовуючи САМ-системи з обмеженими можливостями.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Plunge milling. What is successful plunge milling? <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/milling/milling-holes-cavities-pockets/plunge-milling>
- 2 Danis, I, Wojtowicz, N, Monies, F, Lamesle, P, Lagarrigue, P (2013). Cutting Conditions and Surface Integrity During Dry Plunge-milling of a Wrought Magnesium Alloy. Procedia Engineering. 63, p. 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.213>
- 3 Han, F.Y., Zhang, D.H., Luo, M, Wu, B.H. (2014). Optimal CNC plunge cutter selection and tool path generation for multi-axis roughing free-form surface impeller channel. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 71(9–12), p. 1801–1810. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5608-y>

Larshin V.P., Gushchin A.M., Verpivskiy S.M.
Odessa Military Academy
Lishchenko N.V.
Trinity College Dublin
Buchka Y.V.
Odesa Polytechnic National University

INTELLIGENT MECHATRONIC MECHANISMS

Mechatronic mechanisms (MM), created for machining by cutting of materials with anisotropic structure or increased physical and mechanical properties, have passed the stage of formation and have shown their positive distinctive features and possibilities of their further improvement. In this regard, it is necessary to focus on a very important property of MM – the ability to adapt in an unpredictably changing working environment (cutting zone) and, departing from the set program (machine tool CNC system), to make their own decisions on adjusting the technological process, for example, to change the tool feed during machining.

This property of MM (lower control level) implies that it has freedom of choice between the operator's commands (upper control level) and the CNC device (middle control level). The operator has great authority, but not enough information about the cutting zone situation. Such a principle of hierarchical intelligent control systems is known as the Saridis' one [1]. This principle can be applied to a CNC device whose program cannot foresee all the nuances of the constantly changing state of force contact interaction between the tool and the workpiece [2].

At the same time, the MM's own algorithm is corrected by the commands of the control computer, whose continuous signals determine the machining strategy, i.e., in the hierarchy of automatic process control the roles are distributed as follows (Fig. 1):

- 1) process execution strategy – the operator and the CNC system;
- 2) process execution tactics – MM system.

There have already been created MM designs capable of simultaneously perceiving and processing information in digital form (computer) and analogue (cutting zone), which is one of the signs of intelligence (acquisition and processing of information, decision-making) although primitive. It is meant that within the limits of contact interaction in the system “tool – workpiece” the MM's behavior is “reasonable”, and in everything else (tool wear, its heating, vibrations, etc.) it has no “intelligence”, because the mechanism has no other sensory organs, except for power tactile sensations.

The authors see further improvement of MM design in the direction of increasing the level of its intellectualization in equipping MM with sense organs, but not those inherent in a living organism, but those necessary for monitoring and controlling specific processes (drilling, milling, grinding). In this case, the sensory organs may be not sensors as they are, but appropriate devices (surveillance camera, microphone, thermal imaging camera, etc.), the information from which corrects the program of the technological process.

surfaces of turbine blades, where in circular machining it is necessary to change the values of cutting forces tens and hundreds of times in different parts of the blade aerodynamic profile (blade back, inlet and outlet edges).

The reciprocating movements of the spindle 4 (Fig. 2), in case of deviations of the actual cutting forces from the programmed ones, are provided by the movable armature 6, the winding 7 of which is powered from the source 9 through the adjustable resistance 10. The MM designs also include a field winding 11, which laid on a magnetic core 12 and creates (when switched on) a magnetic flux of the desired direction and magnitude. Therefore, the ferromagnetic body 8, winding 11, and magnetic core 12 create a magnetic flux that penetrates winding 7 perpendicular to its turns. This causes the emergence of an electrodynamic force that presses the armature 6 against the stops 5 and provides their mechanical “contact” which determines the moment of transition from machining strategy to tactics and vice versa. Therefore, the “contact” is an element of machining strategy consisting in the transition of control from the lower level to the upper one, and breaking the “contact” is an element of machining tactics.

MM functional intelligence, implies:

- 1) the commonality of energy and information processes in living nature and technology;
- 2) the necessity to learn from living nature the methodology of building intelligence from its primitive forms (simplest organisms) to highly organized ones (man).

Proceeding from these postulates, we should pay special attention to the phenomenal property inherent in living organisms – the instinct of self-preservation. In order to test the action of the instinct of self-preservation in the intellectual MM, the following experiments were carried out.

The MM operation control system uses a device representing a video surveillance camera (“vision”) and a microphone (“hearing”) as observation equipment, which (both devices) perceive signals from the environment (primarily from the cutting zone). When the set threshold value of the light and sound signals is exceeded, the corresponding units of the system can be switched on. In the experiments simulating natural disasters (lightning and thunder), incandescent flashes were used, the intensity of light emission of which can be adjusted and a sound speaker with adjustable sound volume.

To the above mentioned it is necessary to add very important aspects of actual problems of creation of artificial intelligence, solved in the process of equipping MM with self-preservation instinct:

- 1) decentralization of the hierarchical control system;
- 2) simultaneous and parallel control of MM functioning processes;
- 3) simultaneous and parallel existence of computing processes in the control system having different physical nature (from computer – digital calculations, from observation devices – analogue signals);
- 4) transformation of information about the state of the external environment into force action on the change of its properties.

The conducted experimental studies emphasize three fundamental MM properties:

- 1) the presence of an inbuilt instinct of self-preservation in MM;
- 2) the possibility of reversing the direction of motion of a solid body in space without changing the directions of vectors of action of driving forces;
- 3) tactile-sensitive mechatronic mechanisms having analogues of human sense organs.

It should be especially noted that the MM sensory organs should be understood not only as those organs that are inherent to living organisms, but also as the whole range of the equipment that can register and process the information coming from the environment, including information inaccessible to humans, such as radiation, infrared and ultrasonic radiation.

REFERENCES

1 Lima, P. U., Saridis G. N.: Design of intelligent control systems based on hierarchical stochastic automata. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore (1996).

2 Larshin, V. P., Gushchin, A. M.: Mechatronic technological system information support. Applied Aspects of Information Technology. Publ. Nauka i Tekhnika. Odessa: Ukraine. Vol.4 No.2: 153–167 (2021). DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.02.2021.3>.

Лебедєв В.О.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

УПРАВЛІННЯ ДУГОВИМ МЕХАНІЗОВАНИМ ЗВАРЮВАННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРЕДИКТНОГО СПОСОБА

Основними завданнями механізованого дугового зварювання є розширення можливостей і підвищення продуктивності праці за рахунок зварювального обладнання, що впливає на процеси в зоні горіння дуги. Це стосується управління переносом електродного металу. Робота устаткування для вирішення такого завдання полягає в регулюванні процесу за допомогою управління напругою і струмом, зокрема і подачі зварювального електрода.

Одним з основних способів управління зварюванням з впливом на систему подачі є реалізація імпульсної подачі, що дозволяє керувати перенесенням крапель електродного металу і веде до впливу на характеристиками зварного з'єднання, знизити енергетичні та матеріальні витрати.

В ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України розроблено спосіб зварювання, з керуванням рухом дроту за станом параметрів дугового процесу (струм, напруга). Запропоновано алгоритм функціонування електроприводу, який дає можливість порційно подавати дріт залежно від значень зварювального струму чи напруги [1].

На рис.1 представлена осцилограма струму та напруги при наплавленні найбільш складного горизонтального валика розробленим способом порошковим дротом на вертикальній площині в автоматичному циклі роботи. На рис 2 дані характерні горизонтальні валики на вертикальній площині, виконані при звичайній подачі та за вищеописаним алгоритмом з одними і тими ж інтегральними значеннями струмів і напруг.

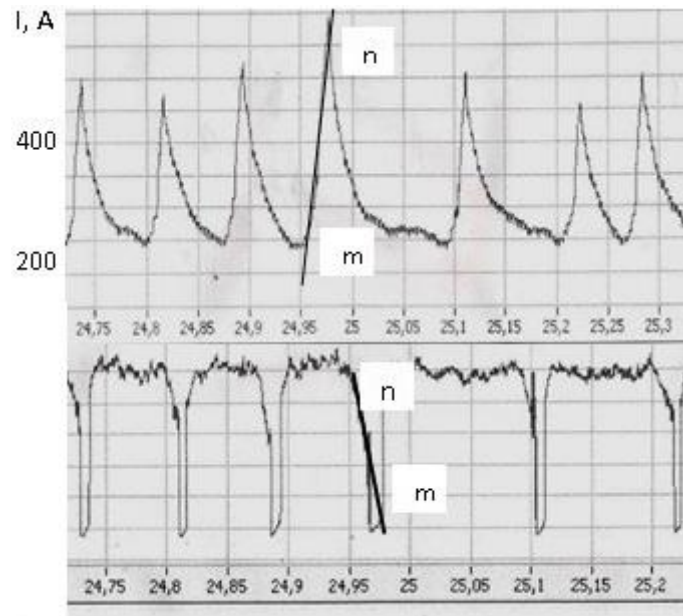


Рисунок 1 – Осцилограми процесу зварювання



Рисунок 2 – Наплавлені валики під час механізованого процесу:
1-звичайна подача; 2, 3 – з новим способом

Для реалізації вказаного алгоритму руху дроту з частотою 10-50 Гц потрібен швидкодіючий високомоментний безредукторний електропривід, а основним завданням розробки з управлінням переносом електродного металу дроту є досягнення максимальної швидкодії системи подачі.

Вирішити це можна шляхом використання принципу регулювання за прогнозом (предиктне регулювання) [2]. В загальному випадку прогнозуюча передатна функція $W_{пр}(p)$ має вигляд

$$(p) = e^{p\tau_{пр}} \quad (1)$$

де $\tau_{пр}$ – час прогнозування

Застосовуючи розкладання функції (1) до ряду Тейлора, а також побудови на рис. 3 знайдемо регульовану величину напруги $U(\tau_{пр})$, яка буде досягнута в прогнозований момент у досить простому вираженні

$$U(\tau_{\text{пр}}) = U(\tau)(1 - c) + cU(\tau - \Delta\tau) \quad (2)$$

де c – коефіцієнт, що визначає збільшення часу прогнозу порівняно з часом реального виміру напруги зварювання.

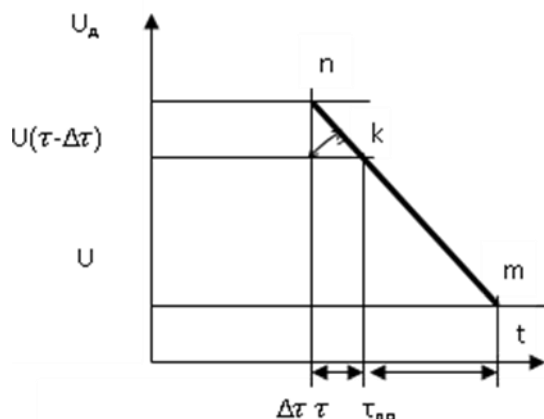


Рисунок 3 – Лінеаризована ділянка зміни напруги зварювання $m-n$ по осцилограмі рис. 1.

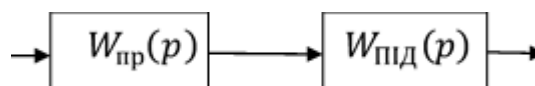


Рисунок 4 – Структурна схема прогностичного регулятора електроприводу механізму подачі

Рівняння (2) використовується при виборі параметрів керування у процесі програмування електроприводу.

Так як в електроприводі зазвичай використовують ПІД регулювання, спрощену структурну схему регулятора з предиктним управлінням дано на рис 4.

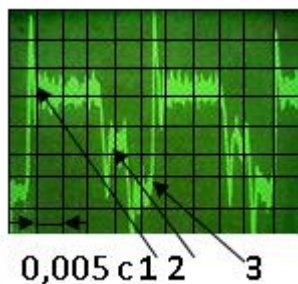


Рисунок 5 – Осцило-грама швидкості імпульсної подачі з ПІД регулятором: 1 – імпульс; 2 – пауза; 3 – реверс

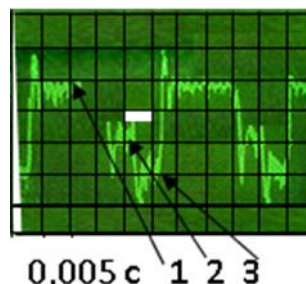


Рисунок 6 – Осцилограма швидкості імпульсної подачі при предиктному (прорегулюванні): 1 – імпульс; 2 – па-уза; 3 – ре-верс

Підвищення швидкодії електроприводу механізму подачі при використанні предиктного управління як це видно з рис. 5 дозволило збільшити неспотворену частоту імпульсної подачі практично на 20 %. Це дає нові можливості в управлінні переносом електродного металу та формуванням шва.

ЛІТЕРАТУРА

1 Лебедев В. А., Жук Г. В. Система управления дозированной подачей электродной проволоки при механизированной электродуговой сварке. Электротехнічні та комп'ютерні системи. 2018. № 28. С. 79–87

2 Пикина Г.А. Реализация принципа управления по прогнозу в автоматических системах регулирования // XII СОВЕЩАНИЕ ВСПУ-2014, Москва 16-19 июня 2014 г., -С.200-211

ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЗВАРЮВАННІ ТА НАПЛАВЛЕННІ

Механізоване обладнання для зварювання та наплавлення як в захисному середовищі суцільними електродними дротами так і застосуванням порошкових самозахисних електродних дротів та технологій з їх використанням мають луже широке розповсюдження з стійкою тенденцією до подальшого росту, вдосконаленню та розвитку. Все це дає підстави для більш широкого кола досліджень обладнання та технологій з метою надання їм нових властивостей щодо поліпшення якості швів які зварюються та валиків та шарів які наплавляються.

Але є проблеми рішення яких має велике значення це забезпечення енерго та ресурсозбереження. Тому нами виконаний цикл дослідницьких робіт щодо виявлення впливу деяких способів дугових механізованих процесів на енергетичні характеристики зварювання та наплавлення. При цьому вивчалися способи зварювання різної полярності та вплив імпульсної подачі електродного дроту на споживання електроенергії на процес.

Споживання електроенергії оцінювалось як попитомі показники.

Критерієм оцінки було взяте порівняння вкладеної енергії у зварювання при розході (витраті) електрода певною довжиною $l = 1,0$ м.

В експериментальних дослідженнях був задіяний універсальний блок управління подачею електродного дроту, розробка якого виконана в ІЕЗ ім Є.О. Патона НАН України [1], який разом з системою подачі на основі швидкоколючого електропривода з вентильним електродвигуном може забезпечити практично любий вид руху дроту включаючи імпульсні практично злюбими алгоритмами, при цьому в процес формування імпульсів включений зворотній зв'язок по параметрах дугового процесу. Є можливість забезпечення руху електродного дроту з постійною швидкістю.

В якості засобу визначення електроенергії дугового процесу був використаний спеціально розроблений пристрій, який детально описаний в роботі [2] і який вимірює потужність зі складовими будь якої форми.

Зварювання суцільним дротом Св08Г2с діаметром 1,2 мм проводилось в середовищі CO₂ зразків сталі Ст3. Режими процесу вибиралися з огляду на стабільність процесу та задовільність формування шва

Параметри процесу зварювання дротом Св08Г2с та результати вимірювань представлені в табл.1.

Зварювання порошковим самозахистним електродним дротом діаметром 1,6 мм проводилось також на зразках сталі Ст3. Режими процесу вибиралися також з огляду на стабільність процесу та задовільність формування шва. Відповідні параметри ведення процесу та виміри приведені в табл.2.

Таблиця 1 – Дані по зварюванню електродним дротом Св08Г2с

Пряма полярність	Зворотня полярність
Звичайна подача $v_e = 350$ м/час; $v_{зв} = 40$ м/год; $U_{xx} = 31$ В; $U_{зв} = 27$ В; струм $I_{зв} = 140$ А.	
$I_{зв} = 140$ А; $l = 1,68$; $P_1 = 12,78$ кВт $P_1/l = 7,89$	$I_{зв} = 200$ А; $l = 1,7$; $P_1 = 18,73$ кВт $P_2/l = 11,6$
Імпульсна подача з зворотнім зв'язком по струму $v_e = 400$ м/час; $v_{зв} = 28$ м/год; $U_{xx} = 34$ В; $U_{зв} = 28$ В	
$I_{зв} = 140$ А; $l = 0,69$; $P_3 = 5,47$ кВт $P_1/l = 7,92$; $I_{зв\ max} = 170$ А; $I_{зв\ min} = 130$ А	$I_{зв} = 200$ А; $l = 0,77$; $P_4 = 7,05$ кВт $P_1/l = 9,15$; $I_{зв\ max} = 220$ А; $I_{зв\ min} = 180$ А

Експериментальне зварювання у вигляді наплавлення валиків проводилась у нижньому положенні

Таблиця 2 – Дані по зварюванню порошковим електродним дротом ПП-АН

Пряма полярність	Зворотня полярність
Звичайна подача $v_e = 220$ м/час; $v_{зв} = 30$ м/год; $U_{xx} = 32$ В; $U_{зв} = 28$ В	
$l = 0,5$; $P_5 = 5,92$ кВт $P_5/l = 11,84$	$l = 0,5$; $P_4 = 7,05$ кВт $P_4/l = 12,1$
Імпульсна подача з зворотнім зв'язком по струму $v_e = 400$ м/час; $v_{зв} = 28$ м/год; $U_{xx} = 34$ В; $U_{зв} = 29$ В	
$I_{зв} = 200$ А; $l = 0,6$; $P_3 = 6,48$ кВт $P_1/l = 10,8$	$I_{зв} = 190$ А; $l = 0,5$; $P_8 = 6,6$ кВт $P_8/l = 13,2$

В таблицях введені наступні позначення: $I_{зв}$ – струм зварювання; l – виліт дроту; $P_1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ – потужності відповідно до процесів (таблиці); v_e , $v_{зв}$ – швидкості подачі та зварювання відповідно; U_{xx} , $U_{зв}$ – напруги холостого ходу та зварювання відповідно.

Попередні деякі висновки вказують на те, що дуговий процес з використанням порошкового дроту потребує більше витрат питомої потужності. Зварювання з використанням імпульсної подачі суцільного електродного дроту в CO_2 на зворотній полярності, яка є переважною, вілзначається дуже суттєвим зниженням потужності і це є однією з переваг цього способу зварювання та наплавлення.

ЛІТЕРАТУРА

1 Лебедев В. А., Жук Г. В. Система управления дозированной подачей электродной проволоки при механизированной электродуговой сварке. Електротехнічні та комп'ютерні системи. 2018. № 28. С. 79–87

2 Лебедев В. А. Энергосбережения при электродуговой механизированной и автоматической сварке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматизация и современные технологии. 2014. №1. С.34-38.

ЦІЛЕСПРЯМОВАНИЙ ВПЛИВ СИСТЕМ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ НА СТРУКТУРУ МЕТАЛА ШВА

Одним з основних критеріїв ефективного застосування дугового механізованого обладнання є отримання шва чи наплавленого валика (шара) з певними механічними характеристиками, які як відомо, залежать в тому числі від кристалічної будови металу

Вплив на процес кристалізації може бути виконаний рядом способів, основні з яких, наступні:

- вибір електродних матеріалів;
- встановлення прийнятних режимів ведення процесу (струм, напруга, швидкість переміщення зварювального інструменту);
- застосування раціональних конструкцій (товщина, довжина, положення та умови ведення процесу);
- застосування основних (імпульсна дія джерела живлення дуги, системи подачі електродного дроту, механізми переміщення) та додаткових зовнішніх впливів (електромагнітні поля, потоку захисного газу, вібрацій виробу та електродного дроту, локальні охолодження виробу).

В цій роботі розглядається особливостей підвищення показників міцності та зносостійкості при цілеспрямованому застосуванні у зварювальному процесі керованих вібраційних впливів у вигляді імпульсних рухів електродного дроту та коливань виробу.

В ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України та НУК імені адмірала Макарова виконано великий комплекс наукових досліджень які стосуються впливу періодичної керованої зміни параметрів роботи основних та додаткових систем механізованого та автоматичного зварювального обладнання з формуванням структури металу шва, колошовної зони та наплавлених вадиків. Серед них:

- низькочастотні вібрації (модуляція струму, коливання виробу, коливання зварювального інструменту каретками);
- високочастотні імпульсні коливання електроду (повздовшні та поперечні за рахунок додаткових пристроїв),
- імпульсний алгоритм роботи джерела зварювального струму

Є способи впливу на кінцеві результати зварювання та наплавлення з різним рівнем впливу на міцнісні параметри шва або валика. Це стосується і характеристик зношування. Деякі з них в більшому ступені впливають на інші характеристики. Імпульсна подача в керованому режимі [1] та примусовий керований режим коливання зварювальної рідкої ванни [2] – це одні з найбільш дієвих способів впливу на міцнісні характеристики металу, який зварений чи наплавлений.

На сьогодні є ефективні розробки технічних засобів які можуть реалізувати ці технологічні способи ведення дугового процесу.

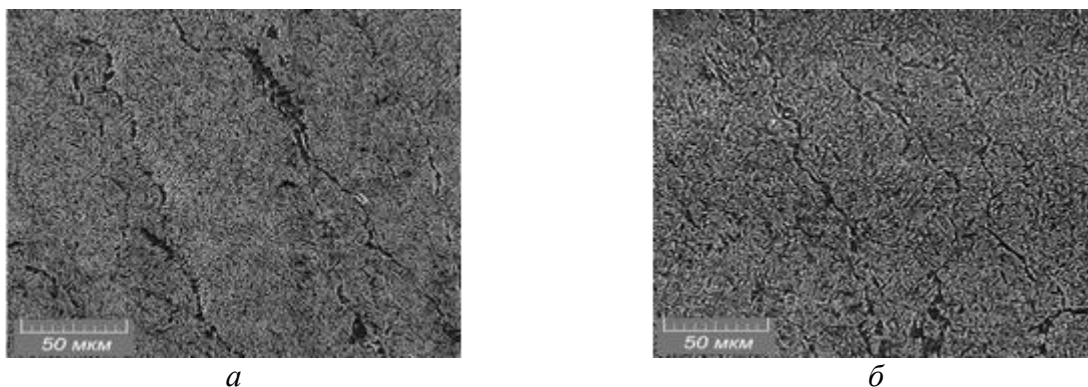


Рисунок 1 – Мікроструктура наплавленого CO₂ металу 30ХГСА, дані електронної мікроскопії $\times 1000$ при способах подачі: а – класична; б – імпульсна

Вплив на ці характеристики відбувається за рахунок зміни кристалічної структури металу під дією коливань. Відбуваються обмеження в рості кристалітів, та їх дезорієнтація, що значній мірі сприяє зміні характеристик міцності металу, його спротиву зношуванню.

На рис 1 показана різниця в структурі металу при задіянні імпульсної подачі електродного дроту. В табл. 1 показані характеристики кристалітів при різних способах подачі виміряні спеціальним способом. Аналогічний результат можна бачити на порівняльних структурах металу при використанні способу наплавлення з коливаннями розплаву.

Таблиця 1 – Характеристики кристалітів

КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ФОРМИ КРИСТАЛІТІВ У НАПЛАВЛЕНОМУ В CO ₂ МЕТАЛІ В CO ₂ 30ХГСА		
Спосіб подачі дроту	Ширіна кристалітів, мкм	Коефіцієнт форми кристалітів
Класичний	97,5	6,8
Класичний	70,0	4,56

Зносостійкість наплавленого металу зазначеними способами суттєво підвищується, що можна оцінити по даним табл. 2

Таблиця 2 – Характеристики зносу

№	Частота f , Гц	Шпаруватість	Темп зносу, мм ³ /км
1	1	1	7,3
2	15	3	3,8
3	60	3	6,5

Всі вимірювання продились по оригінальним методикам на спеціально розробленому атестованому обладнанні.

ЛІТЕРАТУРА

1 Лебедев В.А. Обеспечение качества сварных соединений и наплавленных слоёв при механизированных дуговых процессах //Научноёмкие технологи в машиностроении. 2015. №8. С.11-16

Лещенко О.І.

Приазовський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЯВИ ДЕФЕКТНИХ ЗОН ПРИ БЕЗЦЕНТРОВОМУ ШЛІФУВАННІ МЕТОДОМ МОДЕЛЮВАННЯ

Шліфування є основним економічно обґрунтованим методом точної обробки валів, у процесі якої остаточно формується поверхневий шар деталей, що визначає їх експлуатаційні властивості виробу. Поширеним методом остаточної обробки точних і відповідальних валиків невеликих розмірів є безцентрове шліфування, проте даному процесу притаманні певні недоліки, пов'язані з динамічною зміною умов у зоні різання - силовим впливом на інструмент та заготовлю, а також високою температурою, що досягає до 1600 °С. За такого впливу поверхневий шар металеві деталі може перевищити критичну температуру алотропічних змін. У цьому випадку нагрітий метал, взаємодіючи з охолоджувальною рідиною набуває підвищеної або зниженої твердості поверхневого шару, формуючи зони якісного дефекту, які у виробничій практиці називають «припалами». Їх поява може призвести до значного зниження твердості обробленої поверхні, її втомної міцності, зносостійкості і, як наслідок, довговічності деталей машин.

Суть безцентрального шліфування (рис. 1, а), при якому оброблена заготовка 1, в процесі обробки не фіксується в затискних пристосуваннях, а розміщується між двома обертовими абразивними кругами - провідним 2 і ріжучим 3 (половина умовно «прихована»). Нижня частина заготовки спирається на спеціальний ніж 4, який діє як підтримка деталі. Вісь обертання деталі, що важливо, розташовується кілька вище осі абразивних кіл на величину h .

З метою унеможливлення появи дефектних зон такого типу було проведено дослідження їх появи в залежності від параметрів налагодження на безцентрово-шліфувальну операцію.

SOLIDWORKS Simulation надає зручне середовище для віртуальних випробувань з приладу рішення цієї задачі: визначити шляхом моделювання оптимальне перевищення h центру деталі над лінією центрів шліфувальних кругів, при якому якісний шар шліфованої поверхні і його геометрія залишається в межах нормованих параметрів.

Створюємо «Дослідження» як об'єкт SW Simulation. CAD редактором будуємо модель зони шліфування: абразивні круги 24А – електрокорунд білий, деталь «валик», матеріал ст. 20 [σ] = 8.1e+8 (кН/м²). Для визначення умов експлуатації моделі вказуємо необхідні обмеження, від яких безпосередньо залежать результати аналізів. Для валів осей шліфувальних кругів (частина абразивного

круга умовно прихована) – фіксування їх торців Т. Опорний ніж зафіксований, проте деталь вагою $F=180$ Н може переміщатися по "ножу", отже в цьому випадку накладено зв'язок «ролик повзун». Розрахована сила різання $P_y = 154.98$ Н – сила тиску на деталь.

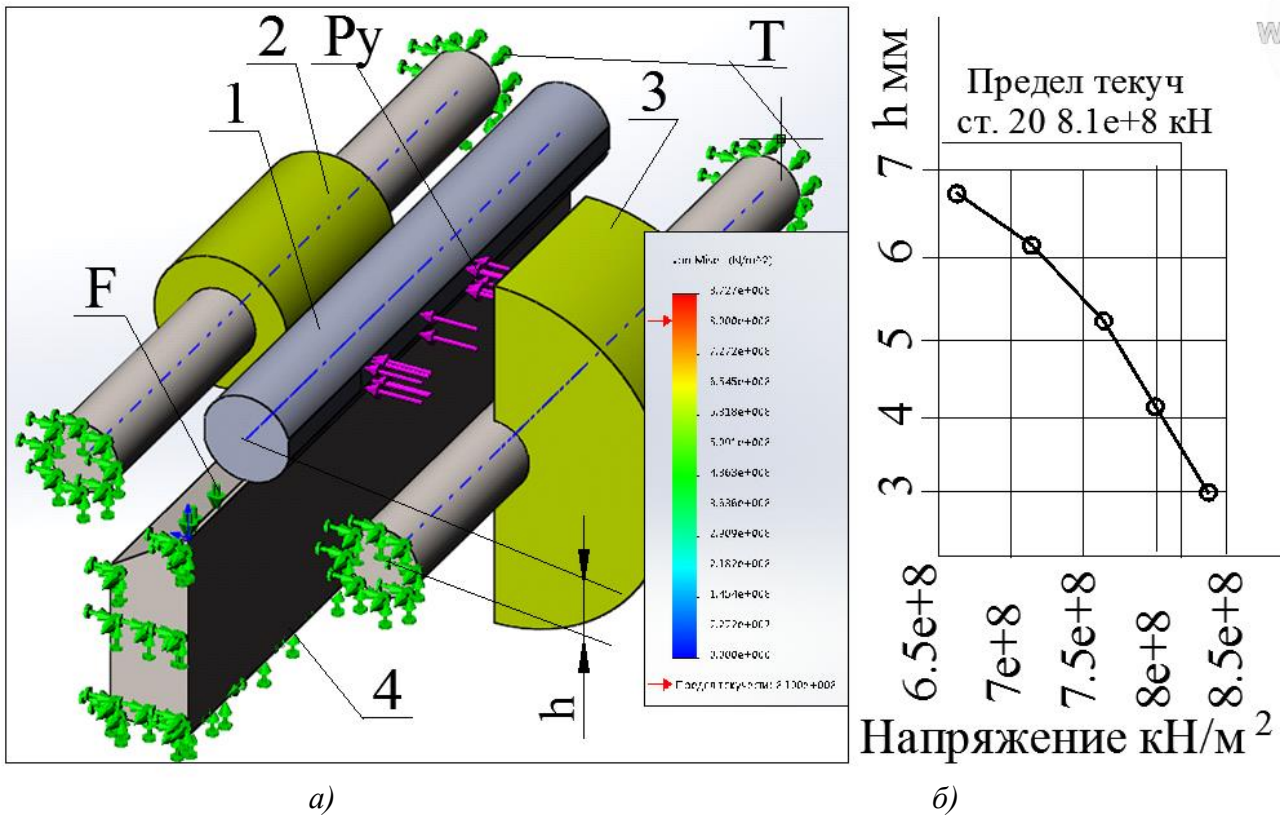


Рисунок 1 – Моделювання напруги при безцентровому шліфуванні (а) та графік зміни його при варіюванні положення осі деталі над віссю шліфувальних кіл (б)

У процесі моделювання послідовно «опускаємо» над лінією центрів шліфувальних кругів (рис. 1, б), центр деталі на величини $h = 7, 6, 5, 4, 3$ (мм), спостерігаємо збільшення напруг σ , що виникають. При зменшенні $h < 3$ мм поточне σ стає менше межі плинності ст. 20 – матеріалу валу $\sigma < [\sigma]$.

Дослідження було пов'язане з обробкою нежорсткого валика ($\varnothing 30f7, L249$) для якого після токарної обробки спостерігалася похибка форми, особливо некруглість (овальність).

При безцентровому шліфуванні використовують опорний ніж, який має нахил у бік провідного шліфованого круга, що сприяє швидшому отриманню необхідної геометричної форми деталі. У цьому випадку при контакті деталі з опорною поверхнею ножа провідним кругом центр деталі піднімається вгору похилою поверхнею ножа, при цьому шліфувальний круг знімає з протилежного боку виступу менший шар матеріалу. Таким чином некруглість вихідної форми поступово згладжується і шліфована деталь набуває циліндричної форми.

Висновок. Таким чином, зменшення h до певних меж знижує овальність, але виникає небезпека появи припалів. Для виключення цього негативного явища встановлено даним дослідженням, що напруги в зоні різання не повинні перевищувати межі плинності оброблюваного матеріалу деталі.

ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КЛИНОПАСОВИХ ВАРІАТОРІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Розвитку сільськогосподарської техніки характеризується постійно зростаючими вимогами до надійності машин. Забезпечення необхідного рівня надійності машин неможливо без пошуку рішень, що дозволяють підвищити працездатність ресурсоопределяючих елементів конструкції. При проектуванні варіаторів, модернізації серійно виготовлених, плануванні та проведенні сервісного обслуговування фахівці повинні мати інформацію про довговічність елементів конструкцій, що дозволяє розробляти необхідні конструкторсько - технологічні та організаційні заходи, виконувати розрахунки їх техніко-економічної ефективності.

Аналіз умов експлуатації і характерних дефектів машин та обладнання сільськогосподарського виробництва свідчить про незадовільну якість виготовлених деталей. У зв'язку з цим необхідність виявлення видів і причин відмов варіаторів при їх виготовленні, ремонті та під час експлуатації є актуальною.

Надійність варіаторів багато в чому визначається їх технічним станом. У зв'язку з цим важливо знати динаміку накопичення пошкоджень деталей варіаторів, види ушкоджень, характеристику кожного ушкодження, в загальному їх числі, а також методику визначення діючих навантажень на варіатор молотильного барабана з використанням зв'язку осьової сили зі швидкісним і силовим режимом роботи.

Аналіз існуючих джерел різних проблем, що виникають при експлуатації визначає шляхи вдосконалення варіаторів.

Параметричними відмовами варіаторів можна вважати граничний знос шківів і пасів, який призводить до неприпустимого ковзання. При настанні граничного стану деталей і спряжень варіатора, їх подальша експлуатація повинна бути припинена, щоб уникнути аварійної поломки або різкого погіршення технічних характеристик[1].

У гідрокерованих варіаторах зернозбиральних комбайнів необхідне натягнення гілок паса створюється осьовим впливом пружин, кулачків або натискних пристроїв гідравлічного типу. Тому для забезпечення працездатності варіатора і його розрахунку необхідно визначити осьові сили. Особливо важливо це для систем з автоматичним регулюванням, що використовують зв'язок осьової сили зі швидкісним і силовим режимами роботи варіатора.

У роботі проаналізовані принципи взаємодії варіаторного паса зі шківом при зміні передавального числа. Розглянуто та надано методичні рекомендації з оцінки та прогнозування довговічності деталей, що втрачають працездатність через зношування.[2].

Розглянуто методику визначення діючих навантажень на варіатор молотильного барабана та способи забезпечення довговічності пасів варіатора за рахунок вибору профілю конусної поверхні шківів, що забезпечує належний контакт паса з шківом під час експлуатації[3].

ЛІТЕРАТУРА

1 Кухтов В.Г. Лисенко С.В. «Класифікація відмов і оцінка надійності деталей варіаторів зернозбиральних комбайнів». Науковий журнал. «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». № 6. 2016 р., стор. 18 - 23. Харків. ХНТУСГ

2 Кухтов В.Г. Лисенко С.В., Куліш А.В., Подзолков А.Ю. «Показники забезпечення ресурсу варіаторів зернозбиральних комбайнів», Вісник ХНТУСГ., випуск 163, 2015р., с.12 – 18.

3 Кухтов В.Г., Лисенко С.В., Самарін А.Є. Розрахункові дослідження навантажень клиноремних варіаторів. Матеріали 4-ї Всеукраїнської науково – практичної конференції. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування. СЕУТТО-2013. С.184 – 189. м. Херсон. 2013.

Лупкін Б.В., Майорова К.В.

Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Андреев О.В.

Державне підприємство «Антонов»

Антонюк В.С., Толстой С.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»»

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ ТОЧКОВОГО З'ЄДНАННЯ ВИРОБІВ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Волокнисті полімерні композиційні матеріали широко використовуються в різних галузях сучасного машинобудування, зокрема, в авіабудівній промисловості. Завдяки унікальним властивостям ці матеріали виділяються серед інших конструкційних матеріалів за рахунок можливості створювати елементи конструкцій із прогнозованими властивостями [1].

Свердління є важливою механічною операцією в авіабудівній промисловості для виготовлення високоякісних отворів для різних технологічних задач, а також для болтових та заклепочних з'єднань. Для цього широко використовуються лезові свердла, які на відміну від кільцевих алмазних свердел, забезпечують необхідну точність отворів, безперервний відвід стружки та можливість багаторазового відновлення різальної частини інструменту [2].

На відміну від металообробки, свердління волокнистих полімерних композиційних матеріалів супроводжується інтенсивним зносом різальних кромки інструменту, що призводить до виникненням специфічних дефектів, серед яких конусність, еліпсність, незрізані волокна, розшарування, викришування композиту, а також термічна деструкція матричного матеріалу, що значною мірою впливають на характеристики міцності [3].

На рисунку показано фото зразка виконане на електронному мікроскопі

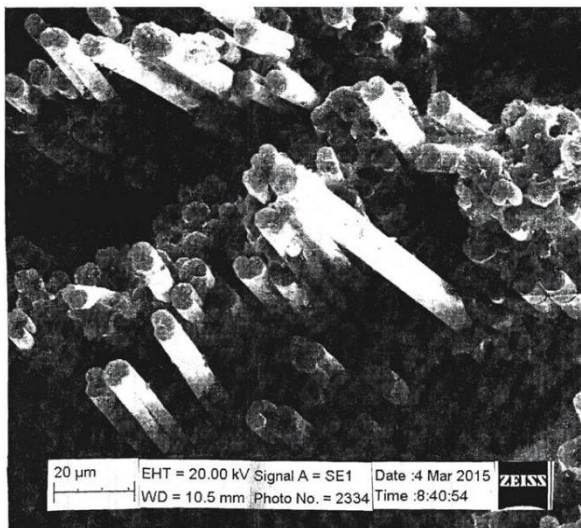


Рисунок – Фрагмент поверхні після свердління вуглепластика свердлом Р6М5К5 (режими різання: $V = 60$ м/хв; $S = 0,1$ мм/об)

Zeiss, де видно циклічність двох зон різання: світла зона витянутих волокон, темна – зона втиснуті волокна задньою гранню різального клана.

Наявність таких дефектів, призводить до утворення зазорів між деталями, внаслідок чого відбувається послаблення з'єднань під час використання конструкцій виробів.

Метою роботи є дослідження впливу режимів різання та конструкції свердла на міцність точкового з'єднання деталей з полімерних композиційних матеріалів.

Основним шляхом підвищення несучих властивостей механічного точкового з'єднання виробів з полімерних композиційних матеріалів, являється правильний вибір режимів різання, які

забезпечують мінімальні дефекти поверхневого шару отвору.

Враховуючи значний вплив температурного фактору на показники міцності композиційного матеріалу проведені експериментальні дослідження впливу температури в процесі свердління на вуглепластика і ЕЛУР-П-01 на зв'язуючих 5-211-БН і склопластика Т-10-14 на зразках товщиною $2,0 \pm 0,2$ мм і шириною $15 \pm 0,02$ мм, відповідно стандарту ASTM D5766 (США).

Свердління з'єднувальних зразків деталей із композиційних матеріалів виконували на верстаті ЧПК-2К135023 спіральними свердлами з Р6М5К5 та свердлами з твердого сплаву ВК8 з підрізними різальними крайками на режимах різання ($V = 70$ м/хв; $S = 0,1$ мм/об) прийнятих на виробництві відповідно до технологічних рекомендацій (ТІ 36-39-89 ДП «Антонов»).

Вимірювання температури на зразках в процесі свердління проводили безконтактним інфрачервоним пірометром DT-8865 на токарному верстаті 1К62.

Відповідно до стандарту ASTM D5766 (США), після свердлення, зразки з вуглепластика, з'єднували двома болтами 5 мм, із зусиллям натягу $5 \dots 7$ Н/мм²

Граничну міцність з'єднання розтяг $[\sigma_p]$ визначали на установці INSTRON-5582 з автоматичною роздруківкою діаграм. Результати експериментальних досліджень на розтяг точкового болтового з'єднання зразків з вуглепластика приведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати випробувань точкового, болтового з'єднання зразків з вуглепластика на розтяг

Тип свердла	Марка інструмента	Швидкість різання, V, мм/хв	Температура T °C	Руйнівне зусилля P, Н	Границя міцності, σ_p
З підрізаючими різальними крайками	VK8	20	62	8860	346
		50	89	8860	298
		70	102	8000	268
Стандартне свердло	P6M5K5	20	75	7850	260
		50	99	7540	236
		70	140	7450	280

Аналіз результатів експериментальних досліджень дозволяє зробити висновки про те, що при свердлінні вуглепластиків та склопластиків зі збільшенням температури різання зменшуються показники міцності, причому у склопластиків більшою мірою ніж у вуглепластиків, що пояснюється відмінністю коефіцієнтів теплоємності та теплопередачі.

Міцність полімерних композиційних матеріалів вища при обробленні твердосплавним інструментом з VK8, що має підрізані різальні крайки. Це пояснюється більш високою (в 2 рази) тепловіддачею VK8 і зниженням силового навантаження за рахунок підрізаючих різальних кромки свердла.

Висновки. Встановлено, що твердосплавні свердла VK8 з підрізаючими різальними кромками при свердлінні полімерних композиційних матеріалах формують отвори з мінімальними розмірами дефектів, що в подальшому позитивно впливає на показники міцності точкового болтового з'єднання виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1 A Review on Drilling of Multilayer Fiber-Reinforced Polymer Composites and Aluminum Stacks: Optimization of Strategies for Improving the Drilling Performance of Aerospace Assemblies
Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2079-6439/10/9/78> Название с экрана.

2 Сверление отверстий в деталях из композиционных материалов с использованием инструментов из сверхтвердых поликристаллов / Л.Н. Девин, А.И. Гречук, Б.В. Лупкин // Сверхтвердые материалы. – 2018. – № 1. – С. 77-85.
<http://dspace.nbuu.gov.ua/handle/123456789/160597>

3 Formation of the quality of holes obtained by drilling in aviation structures made from polymer composite materials Borys Lupkin, Oleksii Andrieiev, Kateryna Maiorova, Victor Antonyuk, Sergii Vysloukh /// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, №3/1 (123) 2023. pp. 59-67. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279618>.

TECHNOLOGICAL ACHIEVEMENTS OF DOUBLE-POINT THREAD TURNING

Drill-string tapered threads of small diameters are characterized by their large lead-angle. This angle makes it necessary to set the carbide inserts at a certain angle λ relative to the thread axis [1, 2]. This one significantly increases the stability of the tool and, accordingly, the accuracy of the thread profile [3]. A rather influential factor in increasing the stability of the tool and its productivity is the use of two-threaded carbide inserts (Fig. 1). Moreover, the effect of the angle λ on the accuracy of the thread profile made by such a cutter should be accurately calculated.

However, in this case, you should be careful, because the pins of such connections have a ledge located at a regular distance from the last turn, which is regulated by the API 7 standard (Fig. 2).

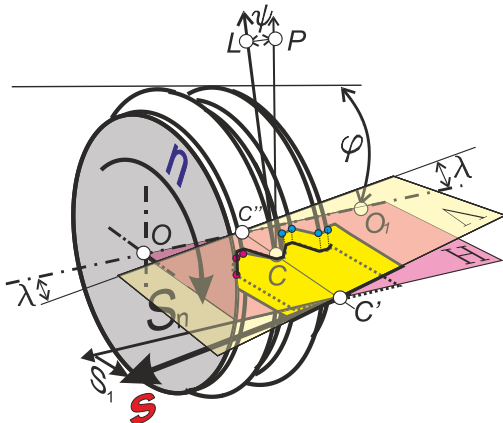


Figure 1 – Double-point insert of thread turning tool

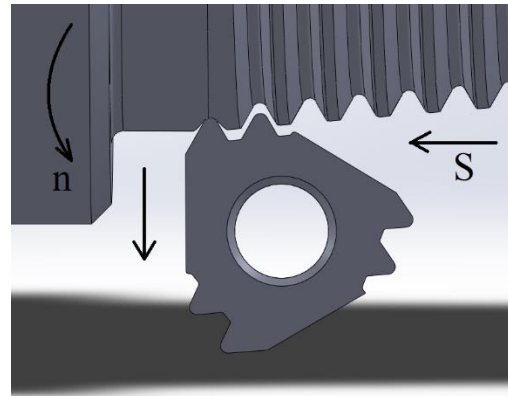


Figure 2 – Double-point insert in the end position of thread turning

Therefore, the technological passage, which must end with the tool life the surface of the processed part, has in its necessary reserve the value of the pitch P . This value should not be greater than the distance from the ledge of the pin.

Thus, three technological approaches are important when using multi-threaded inserts for turning drill-string threads:

- Provision of a technological reserve for the exit of the tool;
- Ensuring the necessary accuracy of the profile when applying the angle of inclination λ [4, 5];
- Determination of the optimal value of the angle λ , since it is dependent on the variable lead angle of the tapered thread.

REFERENCE

1 Onysko, O., Kopei, V., Vytvytskyi, V., Vriukalo, V., Lukan, T. Calculation of the Accuracy of the Drill-String NC13 Thread Profile Turned from Difficult-to-Machine Steel. *Grabchenko's international conference on Advanced manufacturing Processes*. Volodymyr Tonkonogyi et al. (eds): «InterPartner» 2023. Odesa. Book of abstracts 2023. P.43.

2 Копей В.Б., Лукань Т.В., Окрепкий С.В., Онисько О.Р., Халуца В.В. Промислові випробування різців для точіння високогерметичних нарізевих з'єднань. *Матеріали XIX міжнародної науково-технічної «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку»*. Краматорськ. ДДМА.2022, С.118.

3 Онисько О.Р., Лукань Т.В., Пітулей Л.Д. Базові засади формоутворення нарізевих поверхонь. *Нові технології в машинобудуванні*. Матеріали тридцять другої всеукраїнської конференції. Харків, 3 – 6. 09. 2022. С.56-58.

4 Onysko O., Lukan T, Pituley L, Shuliar I, Havryliv. Y. Basics of automation of profiling of high-efficient inserts of the tool for thread machining University PIM Banja Luka. *VIII International Conference on Social and Technological Development*. Book of Abstract. Banja Luka, Trebinje, Oktober 9-10, 2020, Republic of Srpska, B&H Book of Abstract. Banja Luka. P.57.

5 Медвідь Ю. В., Лукань Т. В., Онисько О. Р. Автоматизований алгоритмічний розрахунок повздожніх зміщень профілю різця для точіння конічних замкових нарізей. *Проблеми енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі* : матеріали МІжнар. наук.-техн. конф. молод. вчених і студ., 24–25 квіт. 2019 р. Кривий Ріг, 2019. С. 206–208.

Мазур І.А., Волох В.І.

Український державний університет науки та технології

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РІВНОМІРІВ ТА СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ РАДІОІЗОТОПНОГО ОБЛАДНАННЯ У КРИСТАЛІЗАТОРАХ МБЛЗ

Вступ. Машина безперервного лиття заготовок в загальному складається з одного чи кількох кристалізаторів. Кристалізатор складається з мідної гільзи та мідного блоку з відкритим гирлом, відповідним розмірам січною випускаємо заготовки [1]. Частина кристалізаторів визначається перерізом заготовки, установлена у охолоджуючому кожуху, в котрий безперервно подається вода.

Розливка сталі по семи струмках на МБЛЗ рис.1.



Рисунок 1 – Загальний вигляд МБЛЗ під час розливу сталі

Постановка проблеми. Процесі розливання сталі доволі часто відбуваються перегріву сцинтиляційних детекторів LB 6752-11.

Відмови сцинтиляційного детектору безпосередньо відбуваються у основному від надмірними механічними або тепловими навантаженнями.

Відмови сцинтиляційного детектору не завжди свідчать про його повну непридатність до подальшого використання; однак можливо пониження чутливості до гамма-випромінювання та пониження стабільності вимірювання рівня металу у кристалізаторі.

В будь-якому випадку повинна бути проведена функціональна перевірка всієї системи сцинтиляційного детектора шляхом перевірки плато [2].

Особливо у літній період доволі часто відбуваються відстріли струмків по причині перегрівів детекторів з помилкою D210 «Перевищення температури». Підключення вимірювача рівня металу LB452 до системи Verthold та скидання помилки D 210 з послідуною перебудовою плато та повторній запуск струмка. Це призводить до зупинки струмка та виводу його з працездатного стану та втрати у виробництві.

Система охолодження сцинтиляційних детекторів. Сцинтиляційні детектори встановлюються у кожуху водяного охолодження кристалізатору, вода забезпечує охолодження від недопустимих температур для детектора, до тих пір поки температура самої води не перевищить 40-45 °С.

Сцинтиляційні детектори не повинні піддаватися різким ударам чи температурам, які перевищують 50-55 °С. Висока надійність та тривалий ресурс сцинтиляційного детектора досягається тільки при дбайливому відношенню особливо у процесі монтажу та демонтажу.

Максимальна робоча температура сцинтиляційного детектора повинна не перевищувати не більше 50 °С. Якщо в силу теплопередачі або високої температури навколишнього середовища середі у зоні де очікується більш висока температура то обов'язково додаткове охолодження.

У лабораторних умовах безпосередньо у цеху проводились експериментальні дослідження по впливу температури на працездатність сцинтиляційного детектору. За допомогою теплого повітря, нагрівали та одночасно опромінювали іонізуючим випромінюванням сцинтиляційний детектор та фіксували зміни температури та частоти. Результати представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Змінювання частоти випромінювання від температури повітря

№ п/п	Температура повітря, °С	Показання роботи детектору, Гц	Примітка
1	49	2560	
2	49,5	2575	
3	50,0	2555	
4	50,5	2566	
5	51,0	2582	
6	51,5	2567	
7	52,0	2573	
8	52,5	2640	
9	53,0	2602	
10	53,5	2574	
11	54,0	2647	

№ п/п	Температура повітря, °С	Показання роботи детектору, Гц	Примітка
12	54,5	2529	
13	55,0	2583	
16	55,5	1600	Зупинка струмка
17	56,0	1500	Падіння частоти
18	56,5	1450	Падіння частоти

Результати експериментальних досліджень свідчать, що перевищення температури вище 55,5 °С знижується частота практично вдвічі, що призводить до зупинки струмка, рис. 2.

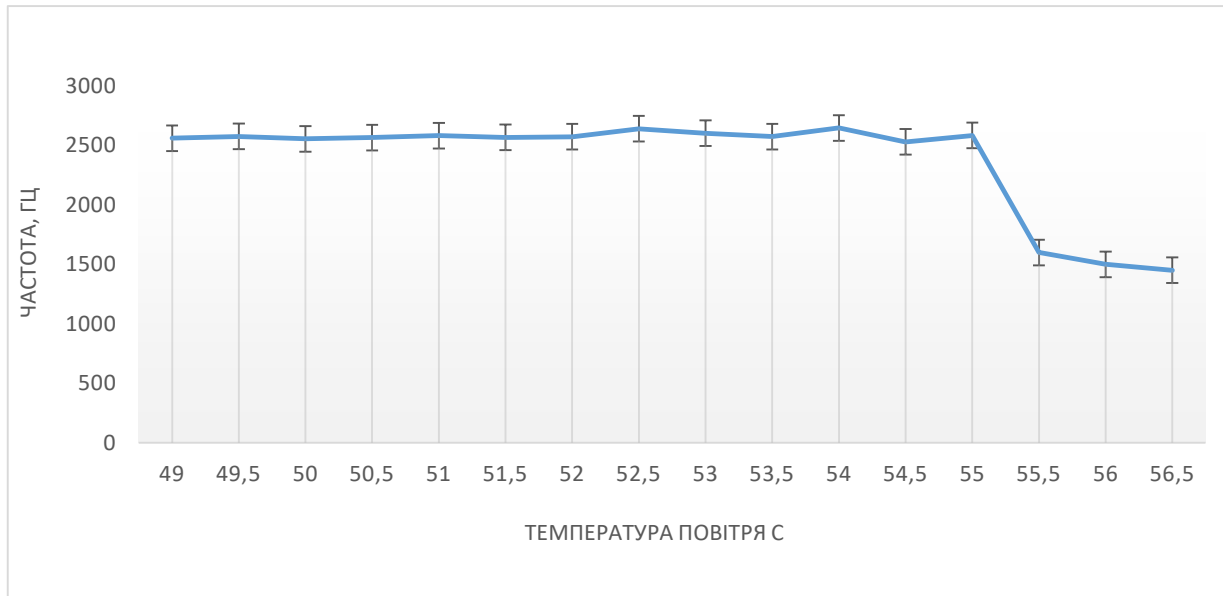


Рисунок 2 – Залежність частоти випромінювання від температури повітря

Для запобігання перегрівів сцинтиляційних детекторів розроблений проект та встановлена система контролю за витратою охолоджувальної води рис.3.



Рисунок 3 – Схема розташування ротаметрів та датчиків температури на зворотньому контурі охолодження сцинтиляційних детекторів.

Система контролю змонтована на трубопроводі зворотного контуру на МБЛЗ-1,3 яка передбачає встановлення ротаметрів та датчиків температури по кожному струмку.

Висновки: завдяки змонтованою та впровадження системи контролю охолодження сцинтиляційних детекторів LB 6752-11 знизилась кількість випадків зупинки струмків. Також у поточному циклі контролюються витрати води та зміну температури.

Розроблені заходи та регламент дій для технологічного персоналу МБЛЗ в залежності від показників вимірювання витрат води та температури на охолодження сцинтиляційних детекторів МБЛЗ-1,3 які регламентують оперативне втручання у процес охолодження сцинтиляційних детекторів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Моделювання несправних станів механізму хитання кристалізатора МБЛЗ / Р.В. Ковальов, Н.Н. Лисіков, В.А. Сидоров, О.Л. Сотніков; відп. ред. З.А. Стоцько // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Український міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: "Львівська політехніка", 2007. – Вип. 41. – С. 116-127

2 Підвищення конкурентоспроможності сортів МНЛЗ шляхом їхньої модернізації /А.М. Ротенберг, І.М. Шифрін, А.К. Белітченко та ін. // Електрометалургія. - 2003. - №3. - С. 41-46.

Мазуренко М.А., Зубарев А.Є., Козлова О.Б., Дядя С.І.
Національний університет «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ ДЛЯ ВПЛИВУ НА КОЛИВАННЯ ПРИ РІЗАННІ

Вібрації великої амплітуди, що виникають при механічній обробці матеріалів, обмежують продуктивності, знижують стійкість інструменту, термін служби обладнання, точність і якість оброблених поверхонь. Класичні рішення зменшення їх інтенсивності засновані на зниженні швидкості різання, підвищенні динамічної жорсткості системи «шпиндель-тримач-інструмент», використанні інструментів зі змінним кроком [1] або зі змінним кутом різальної кромки [2], які знижують регенеративний ефект та зменшують автоколивання при певних швидкостях різання. Але сучасні верстати з ЧПУ мають особливий потенціал для гасіння вібрацій за рахунок регулювання амплітуди та частоти зміни швидкості навіть під час різання [3].

Проведені дослідження на фрезерних верстатах, що оснащені стійкою ЧПУ *Sinumerik 840D* фірми Siemens, показали, що амплітудно-частотні характеристики приводів головного руху мають допустимий діапазон зміни параметрів варіювання, який може бути реалізований на практиці відповідно до заданого математичного закону управління рухом шпинделя. Розроблений набір програмного коду дозволяє впровадити алгоритми керування швидкістю різання з метою

зниження амплітуди автоколивань та підвищення продуктивності фрезерної обробки. При цьому слід зауважити, що сталі автоколювання не виникають при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей через малий час різання і несприятливими є супроводжуючі вільні коливання технологічної системи «інструмент – деталь» (ТС) [4]. Їх амплітуда залежить від початкової швидкості та положення початкової точки коливань при врізанні інструменту.

Дослідження впливу варіювання швидкості різання на інтенсивність супроводжуючих вільних коливань ТС проводилися на експериментальному стенді [5] при фрезеруванні зразків з титанового сплаву ВТ8 чотиризубою твердосплавною фрезою $\varnothing 16$ мм. Радіальне биття фрези – 0,03 мм, частота її вільних коливань $f_{вкфр} = 1282$ Гц, частота вільних коливань зразка на пружному елементі $f_{вкзр} = 488$ Гц. Частота варіювання шпинделя $f_{вшт} = 3$ Гц з амплітудою 20 %. Режими різання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Режими різання при дослідженні різання з варіюванням швидкістю різання

Частота обертання шпинделя, n , об/хв	Подача на зуб S_z , мм	Радіальна глибина різання a_e , мм	Осьова глибина різання a_p , мм
1200	0,1	0,3	2

При фрезеруванні записувалися осцилограми коливань зразка, по яким визначалася амплітуда коливань. Після фрезерування записувалася профілограма обробленої поверхні, по якій визначалися крок та висота хвилястості. У табл. 2 наведені результати вимірювань.

Таблиця 2 – Порівняння результатів фрезерування без та з варіюванням швидкістю різання

Контрольовані параметри	Напрямок подачі			
	зустрічний		попутний	
	без варіювання	з варіюванням	без варіювання	з варіюванням
Амплітуда супроводжуючих вільних коливань ТС, A , мм	0,044	0,017	0,028	0,0125
Шорсткість поверхні R_a , мкм	14,1	8,5	8,1	6,5
Висота хвилястості обробленої поверхні, S_w , мм	0,064	0,028	0,041	0,021
Крок хвилястості обробленої поверхні, W_z , мм	2,56	1,5	1,3	0,7

Отримані результати показують, що використання технічних можливостей приводів верстатів з ЧПУ дозволяють зменшувати інтенсивність коливань при кінцевому фрезеруванні за рахунок впливу на початкові умови коливань варіюванням швидкістю різання.

ЛІТЕРАТУРА

1 Altintas Y., Engin S, Budak E Analytical stability prediction and design of variable pitch cutters / Y. Altintas, S. Engin, E. Budak // Trans ASME J Manuf. Sci. Eng. – 1999. – Vol. 121. – pp. 173–178.

2 Stone B.J. The effect on the chatter behaviour of machine tools of cutters with different helix angles on adjacent teeth / B.J. Stone // In: Proceedings of the 11th MTDR Conference, Macmillan. – 1970. – pp. 169–180.

3 Seguy S. On the stability of high-speed milling with spindle speed variation / S. Seguy, T. Insperger, L. Arnaud[et al.] // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2010. – Vol. 48. – No. 9. – pp. 883–895.

4 Regularities of Oscillations During Turning and End Milling / S. Dyadya, Y. Vnukov, O. Kozlova, P. Trishyn // Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes. – 2023. – pp.136-144.

5 Внуков Ю.Н. Автоколебания при фрезеровании тонкостенных элементов деталей. Монография / Ю.Н. Внуков, С.И.Дядя, Е.Б.Козлова, В.А.Логоминов, Н.Н.Черновол. –Запорожье: ЗНТУ, 2017. – 208 с.

*Майданчук Т.Б., Ганчук А.В., Ілюшенко В.М.,
Лук'янченко Є.П., Степченко Д.М.*

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВОЕЛЕКТРОДНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТА НАПЛАВЛЕННЯ

В промисловості при виготовленні металоконструкцій широко використовують дугові процеси зварювання. Підвищення якості продукції та рівня продуктивності праці вимагають подальшого поліпшення одного з основних технологічних процесів – дугового зварювання.

Одним із перспективних напрямів є використання двоелектродного процесу (twin-wire welding), коли в зону зварювання одночасно подаються два електроди, що живляться від одного джерела струму, які знаходяться в одному зварювальному ланцюгу і живляться від одного джерела. Переваги такого процесу в порівнянні з одноелектродним полягають як в підвищенні продуктивності зварювальних робіт, так і в розширенні технологічних можливостей використання автоматизованих та механізованих процесів дугового зварювання при менш жорстких вимогах до якості заготівельних операцій (зварювання по зазорах, при наявності депланацій кромки та ін.). Суттєвим є також інші економічні показники: для зварювання (наплавлення) використовується апаратура з одним механізмом подачі дротів, одним джерелом струму – тобто реалізація такого процесу можлива при менших капітальних та експлуатаційних витратах. Таке обладнання характеризується меншими енергоємністю і металоємністю, спрощеною системою управління, що безумовно полегшує роботу оператора-зварника.

Двоелектродний процес при поперечному (по відношенню до напрямку зварювання) розташуванні електродів може застосовуватись при зварюванні товстого металу, зварюванні по зазорам, двобічному зварюванні в умовах, коли неминучі значні зміщення швів, зварюванні двошарових сталей, різнорідних металів та ін. На практиці такий процес знаходить застосування, в основному, при виконанні наплавочних робіт (в першу чергу – наплавлення кольорових металів

на сталь), адже при поперечному розташуванні електродів є можливість отримати широкий наплавлений валик з порівняно незначною глибиною проплавлення основного металу.

Для виконання експериментальних досліджень авторами створено на базі модульних вузлів необхідне зварювальне обладнання – підвісна головка для автоматизованого процесу і апарат на базі напівавтомату ПДГ-500 для механізованого зварювання і наплавлення. Лабораторний стенд укомплектовано реєстраційно-вимірювальним комплексом, який дозволяє реєструвати одночасно 12 входних аналогових каналів, обробка сигналів яких дає можливість оцінити характер переносу електродного металу, стабільність процесу та інші його характеристики.

Проведено комплекс експериментальних досліджень по визначенню умов стабільного виконання процесів двоелектродного зварювання і наплавлення як під флюсом, так і в захисних газах, впливу основних параметрів – в першу чергу величини струму та відстані між електродами, на формування швів (наплавки) і їх якість та продуктивність процесів.

В ході досліджень встановлено, що розгалуження анодної зони (двоелектродне зварювання на зворотній полярності) на два об'єми при спільній катодній області, що знаходиться на металі зварювальної ванни, суттєво впливає на якість формування зварювальної ванни, а, відповідно, і швів. Це розширює технологічні можливості зварювання стикових швів при наявності перемінних зазорів та депланацій кромки.

Встановлено, що при використанні двоелектродного зварювання під флюсом стикових швів дротами діаметром 1,2 мм, можливо отримати якісні зварні шви металу товщиною 10-12 мм при зазорах до 2 мм, а при використанні керамічних або мідних підкладок – при зазорах до 7-8 мм.

Показано переваги застосування двоелектродного процесу для наплавочних робіт, особливо при наплавленні на сталь кольорових металів типу мідних сплавів, коли процес повинен забезпечувати мінімальне проплавлення основного металу. Так, при наплавленні на сталь високоолов'яної бронзи БрОФ10-1 під шаром флюсу визначено оптимальну міжелектродну відстань, яка для порошкового дроту діаметром 3,0 мм становить 6 мм, що забезпечує при вибраних величинах струму та швидкості наплавлення невисоку частку основного металу в наплавленій бронзі ($\leq 2-3\% \text{ Fe}$).

Важливою перевагою використання двоелектродного процесу зварювання та наплавлення є підвищення продуктивності процесів зварювання і наплавлення на 20....70%.

ВПЛИВ ЗБУРЕНЬ ВІД ПІДШИПНИКІВ В ОПОРАХ ШПИНДЕЛЯ НА ДИНАМІЧНУ ЯКІСТЬ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Відома здатність підшипникових опор шпинделя створювати періодичні обурення, які пов'язують із частотами f_u обертання кульок навколо власних осей, а також із частотами проходження кульок щодо зовнішнього f_n та внутрішнього f_e кілець:

$$f_u = 2ad_c K_1 K_2 / d_u, \quad f_n = f K_1 z, \quad f_e = f K_2 z, \quad K_1 = (d_c - d_u \cos \beta) 2d_c,$$

$$K_2 = (d + d_u \cos \beta) 2d_c,$$

де f - частота обертання шпинделя; d_c - діаметр сепаратора; d_u - діаметр кульки; β - кут контакту кульки з біговою доріжкою; z - число кульок.

Ступінь детермінованості коливань шпинделя значною мірою залежить від властивостей пружної системи. Ця особливість динамічних процесів виявляється при порівнянні коливань в умовах холостого обертання короткої ($l = 50$ мм) та довжиною ($l_1 = 150$ мм) борштанг однакового діаметра ($d_1 = 25$ мм). Для цих борштанг (рис. 1) зіставлені осцилограми коливань та відповідні їм автокореляційні функції $K_{yy}(t)$ процесу.

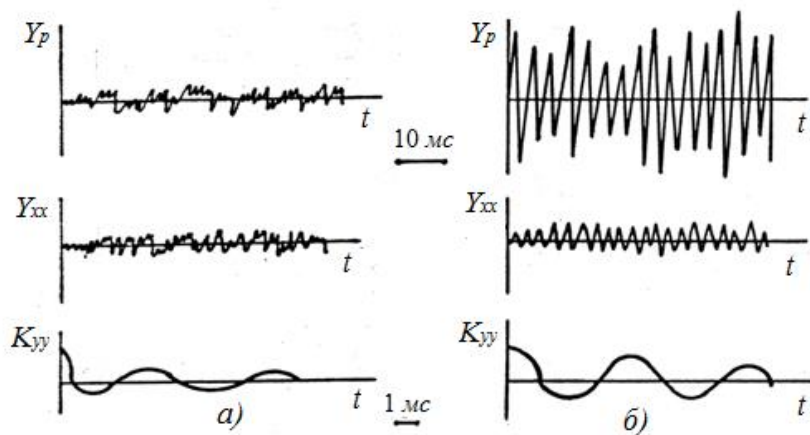


Рисунок 1 – Осцилограми згинальних коливань та відповідні їм автокореляційні функції K_{yy} ; Y_p – переміщення під час різання;

Y_{xx} – при холостому обертанні;

а-для короткої борштанги; б-для довгої борштанги.

Зі зменшення довжини борштанги процес наближається за своїми характеристиками до недетермінованого. Таким чином, граничні можливості шпиндельного вузла за точністю обробки короткими жорсткими борштангами пов'язані з випадковими коливаннями в системі.

З метою вивчення характеру збурень, що виникають в опорах кочення шпинделя, були проведені вимірювання середнього рівня та спектра коливань контрольної оправки за зміни швидкості обертання шпинделя.

Результати вимірювання радіальної жорсткості шпиндельних вузлів з діаметром шпинделя (d) 55 мм, 75 мм і 100 мм показують випадковий характер середнього значення жорсткості вузла, орієнтації еліпса жорсткості та величин його півосей, а також відхилень від еліпса в окремих напрямках. Так, для шпиндельних вузлів з $d = 55$ мм середнє за сукупністю значення жорсткості $\bar{c} = 12,5$ МН / м середнє квадратичне відхилення від якого $\sigma_c = 0,3$ МН / м. Знайдено також середнє значення різниці максимальної та мінімальної жорсткості залежно від напрямку вимірювань $\overline{\Delta c} = \overline{C_{\max} - C_{\min}} = 2,3$ МН / м, для котрого $\sigma_{\Delta c} = 0,23$ МН / м.

Залежності характеристик коливань від частоти обертання були отримані при випробуванні двох груп шпиндельних вузлів. Вузли першої групи були зібрані на підшипниках 46111 класу точності 4, а другий - на підшипниках 46115 класу точності 2. Частота обертання змінювалася від 1000 до 4000 хв⁻¹. Середній рівень коливань для вузлів другої групи вдвічі-втричі нижчий, ніж для першої.

Максименко О. В., Лябах М.В. Веремійчук Ю.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Внаслідок пошкодження енергетичної інфраструктури після повномасштабного вторгнення агресора в Україну значно скоротився об'єм генерації електричної енергії (на 32,5 %) і також її рівень споживання на 31% [1]. Основними споживачами, що впливають на графік навантаження є побутові споживачі та житлово-комунальний сектор. Тому керування електричними навантаженнями житлового сектору має велике значення для балансування енергосистеми в цілому. Одночасно з тим, житловий сектор найгірше піддається керуванню навантаженнями і вимагає гнучких методів вирішення поставленої задачі.

Традиційно визначають два підходи до керування електричними навантаженнями системи електропостачання: примусовий та стимулюючий.

Примусове керування здійснюється відповідно до «Кодексу систем розподілу» за умов дефіциту потужності в мережі, оператор виконує аварійне розвантаження ліній за рахунок введення графіків аварійних відключень ГАВ та інших погодинних відключень.

Щодо стимулювання споживачів використовують різні тарифні меню, в Україні наразі для побутових споживачів діють тарифи диференційовані за періодом часу. Але до недоліків застосування диференційованих тарифів в Україні слід віднести: не обізнаність споживачів, відсутність широкого вибору таких тарифів, не зацікавленість постачальників вирішувати проблему балансування попиту. Для реалізації підходів до керування електричним навантаженням слід врахувати кінцеве споживання енергії в житловому секторі (будівлях), де умовно можна сформувавши шість основних категорій приладів за функціональним призначенням: опалення приміщень, охолодження приміщень, нагрівання води, приготування їжі, освітлення та інші побутові прилади. Систему опалення слід розділити на кілька категорій: автономні електричні обігрівачі та системи центрального чи індивідуального опалення, або їх комбінації. Охолодження приміщень зазвичай здійснюються електрообладнанням: системи вентиляції та кондиціонування і переважно використовується в літній період часу. Система освітлення збільшує навантаження на електричну систему, яка реалізовані різними типами ламп. Побутова техніка – холодильники, електроплити, телекомунікаційне обладнання має велике різноманіття різних значень потужності: від 30 Вт у блоці живлення зарядного пристрою смартфона до 2-4 кВт у духової шафи. Більшість побутових приладів, мають свій сертифікований клас енергоефективності від G до A⁺⁺⁺ згідно з директивою Європейського Союзу 2010/30/ЕС [2].

В житловій будівлі присутні наступні електричне обладнання загального користування (загальна система освітлення, ліфтові та насосні установки, комунікації та системи вентиляції/кондиціонування) частка навантаження таких електроприймачів відносно побутових є значно меншою, але вони також вносять свій вклад в загальне навантаження.

Тому як один з критеріїв до формування тарифних меню можливо використати показники середньозваженого класу енергоефективності:

$$Class_{сзв} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Class_i}{Class_{A_i^{+++}}} \cdot P_{ni}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}} \quad (1)$$

де, P_{ni} – номінальна потужність електроприймача, $\sum_{i=1}^n P_{ni}$ – сума активних потужностей всіх електроприймачів окремого побутового споживача чи житлової будівлі вцілому, $Class_i$ – показник енергоефективності окремого приймача (для кожного виду приймача він свій), $Class_{A_i^{+++}}$ – показник енергоефективності еталонного споживача, який відповідає найвищому класу.

Також для оптимального розподілу електричної енергії серед таких споживачі пропонується визначити наступні критерії – показник класу енергоефективності, коефіцієнт потужності, рівень споживання електричної енергії та відношення спожитої енергії в нічний період до сумарної

Даний підхід дозволить сформувавши тарифні меню, як для побутових споживачі, які мають прямі договори з постачальними компаніями і для житлових будівель загалом (не передбачено чиним законодавством), щоб жильці, керівництво ОСББ, управитель багатоквартирного будинку були зацікавленні в керуванні навантаженням.

Також в період опалювального періоду 2022-2023 рр. значна кількість мешканців житлових будівель придбали системи акумулювання, комбіновані системи електрозабезпечення на основі сонячних панелей. Тому необхідно використати уже наявний потенціал обладнання для керування навантаженням.

Для реалізації механізмів керування електричними навантаженнями, слід реалізувати наступні задачі:

1 Розробити системи вимірювання енергопотоків для ефективного моніторингу спожитої, згенерованої, акумульованої електроенергії.

2 Розробити моделі та алгоритми для прогнозування майбутнього навантаження.

3 Визначення стратегій для ефективного розподілу навантаження між різними джерелами електроенергії.

ЛІТЕРАТУРА

1 Towards a green transition of the energy sector in Ukraine. Update on the Energy Damage Assessment, June 2023, 32 с. URL:<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-06/undp-ua-energy-damage-assessment.pdf>

2 Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products.

Мандровська С.О., Стельмах Н.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ МАЛОГАБАРИТНИХ БПЛА

Розпізнавання осередків пожеж засобами малогабаритних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є ефективним методом виявлення пожеж, оскільки даний метод дозволяє швидко виявляти та оцінювати масштаби пожеж, завдяки чому можливо забезпечити оперативну реакцію рятувальних служб та цим самим мінімізувати наслідки катастрофи та запобігти її поширенню. Завдяки малогабаритним БПЛА можливо автоматизувати моніторинг пожеж в сільському господарстві (спостереження за полями та великими земельними ділянками), виявлення лісових пожеж, моніторинг інфраструктури у важкодоступних, або небезпечних місцях для людини, зменшити руйнівні наслідки для життя, здоров'я та майна.

Найбільшою перевагою використання малогабаритних БПЛА, в порівнянні з літальними апаратами, для яких необхідна присутність людини, що буде керувати польотом безпосередньо, а не дистанційно, є те, що в першому варіанті повністю виключається загроза для життя та здоров'я пілота під час виконання завдання з пошуку пожеж. [1] Також безпілотні літальні апарати є менш енергозатратними та потребують менше витрат на виробництво, в порівнянні з тими

літальними апаратами, для польоту яких необхідна присутність людини-пілота на борту.

Основними технічними і технологічними засобами для розпізнавання пожеж за допомогою малогабаритних безпілотних літальних апаратів є [2]:

– камери фото-та відео-фіксації, за допомогою яких можливо зібрати зображення навколишнього середовища для подальшої обробки та ідентифікації об'єктів на зображеннях.

– теплові камери, за допомогою яких можливо виміряти теплове випромінювання, що виникає під час пожежі.

– датчики та сенсори, за допомогою яких можливо виявити хімічні сполуки в повітрі, що виникають під час загоряння і спрацьовують на дим.

акустичні датчики, що можуть фіксувати характерні для вогню звуки, такі як потріскування та шум.

Для системи визначення та розпізнавання осередків пожеж найважливішими характеристиками є точність та можливість працювати в режимі реального часу.

Використання штучних нейронних мереж та машинного навчання дозволяє проводити швидкий аналіз в реальному часі тих даних, які могли бути зібрані за допомогою будь-якого із запропонованих вище засобів, без залучення людини [3].

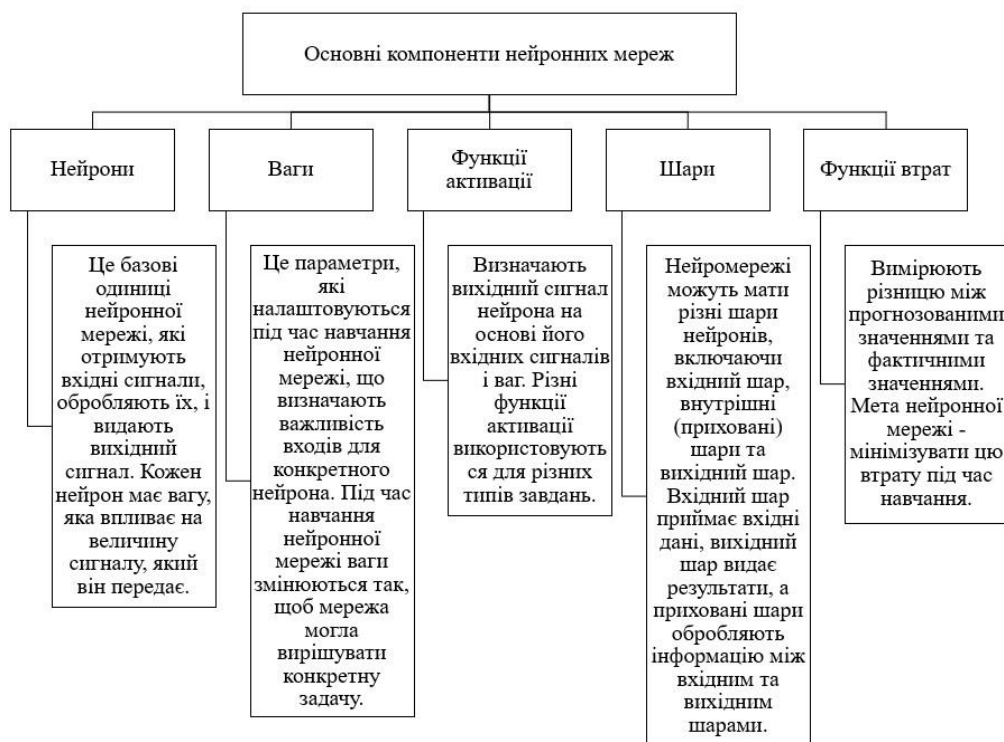


Рисунок 1 – Основні компоненти нейронних мереж

Штучна нейронна мережа – це створена на основі програмних засобів та математичних моделей імітація біологічної нейронної мережі, що знаходиться в

мозку людини. Вона складається зі штучних нейронів, що взаємодіють між собою через ваги з'єднань та використовуються у машинному навчанні для вирішення поставлених завдань. [4]

На рисунку 1 зображені основні компоненти нейромереж.

Перевагою використання нейронних мереж для розпізнавання осередків пожеж є можливість опрацьовувати одночасно велику кількість даних за короткий період часу, адаптивність та гнучкість, можливість налаштувань під конкретну задачу, автоматизація процесу аналізу даних та стійкість до зміни форми і розміру розпізнаваного об'єкту, адже вогонь та дим не мають чіткої форми і фіксованих розмірів. В перспективі подальших досліджень є розробка прототипу системи виявлення осередків пожеж засобами штучного інтелекту на основі згорткових нейронних мереж.

ЛІТЕРАТУРА

1 Стельмах Н. В., Мандровська С. О. Огляд, аналіз і прогноз систем керування малогабаритними БПЛА. НУ «Чернігівська політехніка» – 2023.

2 Sharma A., Singh P. K. UAV-based framework for effective data analysis of forest fire detection using 5G networks: An effective approach towards smart cities solutions //International Journal of Communication Systems. – 2021. – С. e4826.

3 N. Stelmakh, I. Mastenko, O. Sulima, & T. Rudyk, “Features of the implementation of computer vision in the problems of automated product quality control”, Informatyka, Automatyka, Pomiarowy W Gospodarce I Ochronie Środowiska, 13(1), pp. 38-41, 2023. DOI: 10.35784/iapgos.3434

4 Jain A. K., Mao J., Mohiuddin K. M. Artificial neural networks: A tutorial //Computer. – 1996. – Т. 29. – №. 3. – С. 31-44.

*Марченко А.П., Гасанов М.І., Кривобок Р.В.,
Клочко О.О.*

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

*Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Мироненко Є.В.,
Шаповалов М.В.*

Донбаська державна машинобудівна академія

МОДЕЛЮВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГАРТОВАНИХ КРУПНОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС З РЕГЛАМЕНТОВАНИМИ ВИХІДНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Регламент вибору і призначення параметрів обробки при зубофрезуванні гарантує:

1) забезпечення високої продуктивності при максимальній стійкості інструменту;

2) забезпечення параметрів поверхневого шару циліндричних зубчастих коліс при максимальній оброблюваності.

Наукові основи регламенту вибору і призначення параметрів обробки при зубофрезеруванні базуються на основоположних теоретичних положеннях теорії про тертя, технології машинобудування та теорії різання.

Процес зустрічного зубофрезерування при врізанні першого зуба фрези супроводжується ковзанням, температура в зоні різання різко зростає, що є однією з причин підвищеного зносу фрез по задніх поверхнях і виникнення силового поля генеруемого передньою поверхнею фрези. Після досягнення певної товщини шару a_i на куті ковзання $\Psi_{ск}$, процес пластичної деформації переходить в різання.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють визначити оптимальні кути ковзання $\Psi_{ск}$, при яких забезпечується стабільність процесу зубофрезерування; необхідні умови по стійкості інструмента і якості оброблюваної поверхні по відношенню до найбільшого кута контакту зуба фрези Ψ_{max} з оброблюваних зубчастих виробом (рис. 1).

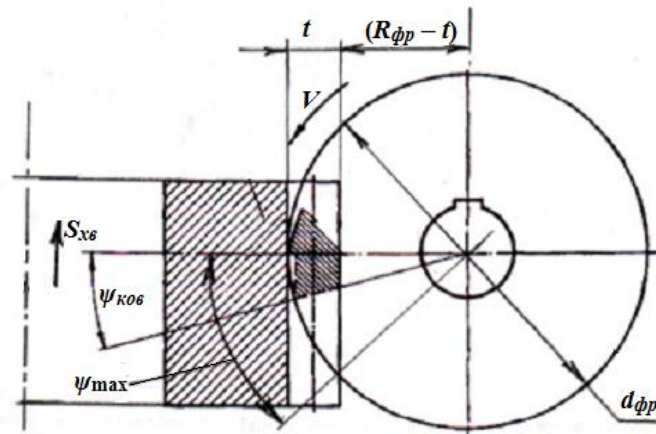


Рисунок 1 – Схема розрахунку параметрів обробки при зубофрезеруванні відновлених зубчастих коліс

Співвідношення між кутом ковзання $\Psi_{ск}$ і найбільшим кутом контакту зуба фрези Ψ_{max} з оброблюваної поверхнею дозволяє встановити ефективність процесу формоутворення через коефіцієнт ефективності функціонального формування поверхневого шару K_p .

Зміна товщини зрізаного шару при досягненні мінімального кута ковзання $\Psi_{ск\min}$ змінює коефіцієнт тертя при наявності обов'язкового сплеску (стрибка), що несприятливо позначається на динаміці різання і якості обробленої поверхні і визначається коефіцієнтом тертя, що залежить від молекулярно-атомної шорсткості оброблюваної поверхні і інструменту. Кутівий крок зубів фрези:

$$\varpi = \frac{360^\circ}{Z}. \quad (1)$$

Максимальний кут контакту зуба фрези з оброблюваним зубчастим колесом (максимальний кут ковзання) Ψ_{\max} :

$$\sin \psi_{\max} = \frac{H_i}{R_{fp}} = \frac{2 \cdot H_i}{d_{fp}} = \frac{\sqrt{t \cdot (d_{fp} - t)}}{d_{fp}}; \quad (2)$$

$$\psi_{\max} = \arcsin \frac{H_i}{R_{\phi p}} = \arcsin \frac{2 \cdot H_i}{d_{\phi p}} = \arcsin \frac{2 \cdot \sqrt{t \cdot (d_{\phi p} - t)}}{d_{\phi p}}, \quad (3)$$

де $t = 2,25 \text{ m}$ – висота зуба зубчастого колеса.

До висновку про обмежений участю силового поля, створюваного задньою поверхнею фрези в формуванні поверхневого шару, привели досліди з варіюванням радіуса округлення різальної крайки зубів фрези ρ . При збільшенні радіуса округлення різальної крайки зубів фрези ρ відзначається зростання залишкових напруг, тобто при $\rho \geq a_i/K_{\text{сож}}$; при $\rho \leq a_i/K_{\text{сож}}$.

Для прогнозування показників якості поверхневого шару розроблена математична модель з урахуванням геометричних параметрів і фізико-механічних властивостей за умови переходу пластичного відтискування матеріалу з оброблюваної поверхні загартованих крупномодульних зубчастих коліс у взаємозв'язку з комплексним параметром стану поверхневого шару, вираженому через параметр шорсткості R_z :

$$R_z = 5Ra = \frac{P_z \cdot S_z^{1,69} \cdot a_i^{0,5}}{V^{1,23} \cdot \rho^{0,14} \cdot \gamma^{0,41}} \cdot K_\rho = \frac{10,16 \cdot \left(\frac{\sigma_T \cdot E}{\pi \cdot (1 - \mu^2)} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot \left(\frac{10 \cdot I \cdot n}{\chi \cdot p} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot S_m^{\frac{3}{2}} \cdot k^{-3}}{H_p^{\frac{1}{4}} \cdot W_p^{\frac{1}{4}}}, \quad (5)$$

де σ_T – напруга плинності; E – модуль пружності; μ – коефіцієнт Пуассона; n – число циклів впливу, яке призводить до руйнування поверхні зубчастих коліс; I – інтенсивність зносу зубчастих коліс в період нормального зносу; χ – коефіцієнт, що враховує параметри опорної кривої; p – питоме навантаження, що припадає на геометричну площу контакту; H_p – висота згладжування макровідхилення; W_p – висота згладжування профілю хвилястості; S_m – середній крок нерівностей; $k (H_{\mu 0})$ – ступінь зміцнення.

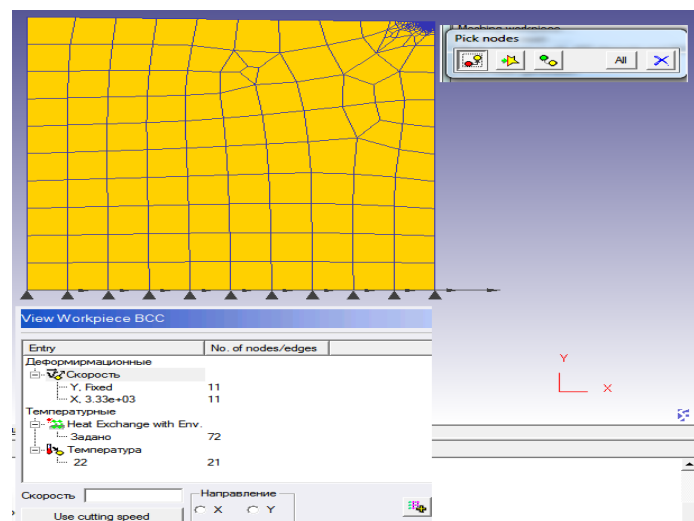


Рисунок 2 – Залишкові напруги стиснення при початковому врізанні зуба фрези

Ці рівняння адекватно описують процес формоутворення. Результати експериментальних досліджень підтверджують теоретичні передумови механічних

методів обробки в технологічному забезпеченні системи параметрів поверхневого шару деталей зубчастих коліс. У поверхневому шарі зношених і відновлених великогабаритних зубчастих коліс формується поле залишкових напружень, головні осі якого також не збігаються з напрямками формотворчих рухів (рис. 1). В результаті за цими напрямками поряд з нормальними компонентами з'являється і дотична. Дотичні залишкові напруги, як і нормальні (тангенціальні і осьові) можуть бути і позитивними, так і негативними, а їх величина, природно, тим більше, чим більше кут відхилення головних осей від напрямку формотворчих рухів на куті ковзання зуба фрези $\Psi_{ск}$.

Примітно, що, як встановлено експериментально, на куті ковзання зуба фрези при врзанні утворюються значні напруження розтягу в поверхневому шарі відхилення і в міру збільшення кута ковзання при переході пружних деформацій в пластичні – зменшуються.

ЛІТЕРАТУРА

1 Технологічне забезпечення неньютоновського стану пружногідро-динамічного мастила високошвидкісних зубчастих передач / О.П. Марченко, В.Д. Ковальов, А.А. Ключко, Д.А. Кравченко, Т.В. Терещенко // XVIII Міжнародна науково-технічна конференція „Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта”, яка відбулась 29 червня - 01 липня 2017 року в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ: НТУУ «КПІ», 2017. – Т. 3. – С. 225 – 228.

Маслов М.О., Закладний О.О.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В СИСТЕМАХ ТЕПЛО ТА ВОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Одними з найбільш енергоємних споживачів електричної енергії житлових будівель є насосні установки (НУ) для систем тепло та водопостачання. Залежно від місця розташування, розмірів (висоти) будинку використовуються різні схеми насосних станцій і різної потужності. Зазвичай використовуються одиничні або група НУ з асинхронним нерегульованим приводом потужністю до 50 кВт. Підвищення тарифів на електроенергію [1], зниження якості електричної енергії внаслідок ураження енергетичної інфраструктури, а також зниження вартості перетворювальної напівпровідникової техніки в свою чергу мотивує споживачів до використання енергоефективних способів регулювання приводу НУ.

Хоч найбільш ефективним способом регулювання продуктивності систем водопостачання є використання водонапірних (резервуючих) споруд, які акумулюють ресурс, проте це вимагає значних капітальних вкладень і часто технологічно неможливе виконання таких споруд у густонаселених районах міст. Також не задовольняють вимоги до енергоефективного регулювання НУ механічні та

гідравлічні способи: дроселювання або використання гідромуфті. Ці способи регулювання спрямовані на вирішення технологічних задач і практично не враховують енергетичних аспектів транспорту води. При такому регулюванні від 5 до 15%, а в окремих випадках до 25-30% споживаної електроенергії витрачається нерационально через [2]: втрати енергії в дроселюючому органі; створення надлишкових напорів у трубопроводній мережі; витоків і непродуктивних витрат води в мережі й у споживача; збільшення геометричного підйому при відкачці води з резервуарів каналізаційних насосних станцій і т.д.

Для вибору системи регульованої необхідно визначити критерії та вимоги до проектування. Перше – особливості графіку водопостачання об'єкту (рис. 1), який можна розглядати аналогічно до графіку електричних навантажень. Важливим параметром є діапазон регулювання, тобто відношення мінімальної подачі з графіку до максимальної. Зазвичай НУ не мають великих вимог до діапазону із зазвичай становить від 1:5 до 1:10. Значення максимальної подачі у пікові години споживання визначає потужність приводу, але останній проектується відповідно до схеми трубопроводу, її параметрів і кількості споживачів (осіб) в будинку.

Також при розрахунку регульованого приводу НУ слід врахувати й значення статичного моменту навантаження на вал та значення мінімально допустимого значенням напору системи.

$$M_c(\omega) = M_{xx} - k_{п.р.} \cdot \omega + \beta \cdot \omega^2 \quad (1)$$

де, β – в'язкість рідини, що перекачується. $k_{п.р.}$ – коефіцієнт, що характеризує нерівномірність потоку рідини. M_{xx} – момент холостого ходу, приймається в межах 5-10% від номінального.

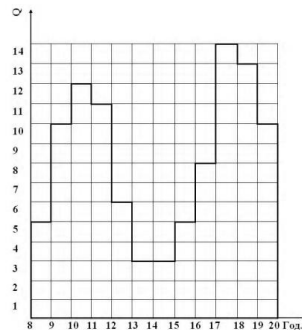


Рисунок 1 – Типовий добовий графік водоспоживання

Оскільки є вимоги до тиску в системі, то регулювання електроприводу має здійснюватися з підтримкою сталого тиску H , а технологічний параметр, що регулюється – подача (продуктивність) Q внаслідок зміни частоти обертання валу двигуна.

У разі відсутності впливу кавітації на роботу насоса зміна частоти обертання електродвигуна буде супроводжуватися зміною характеристик насоса відповідно до законів подібності [3]:

Продуктивність Q пропорційна відношенню частоти обертання

$$Q_2 = Q_1 \cdot (n_2 / n_1); \quad (2)$$

Манометричний тиск H пропорційний відношенню частоти обертання в квадраті:

$$H_2 = H_1 \cdot (n_2 / n_1)^2 \quad (3)$$

Потужність N пропорційна відношенню частоти обертання в кубі:

$$N_2 = N_1 \cdot (n_2 / n_1)^3; \quad (4)$$

Використовуючи теорію подібності отримаємо формулу напірну характеристику для різних швидкостей (частот, рис.2), де H_0, a, b – коефіцієнти полінома, які розраховуються шляхом апроксимації з заводських графіків відцентрового насосу:

$$H_n(Q) = H_0 \cdot \frac{n^2}{n_1^2} + a \cdot Q \cdot \frac{n}{n_1} - b \cdot Q^2 \quad (5)$$

Відомі багато схем регульованого приводу, кожен з яких має свою сферу використання. Проте значна частина не є енергоефективними або складні в реалізації, тому двигуни постійного струму та асинхронні двигуни з фазним ротором з реостатним регулюванням не розглядаються, адже мають великі теплові втрати. Перетворювачі напруги для асинхронних двигунів мають значні недоліки – завищення габаритної потужності, необхідність спеціального виконання ротора, зниження надійності підшипників. Асинхронно-вентильні каскади – має низьке значення коефіцієнта потужності та велике значення спотворення гармонік у зоні номінальних швидкостей. Вентильні двигуни при всіх своїх енергетичних перевагах мають велику відносну вартість, як і інші безщіткові синхронні двигуни.

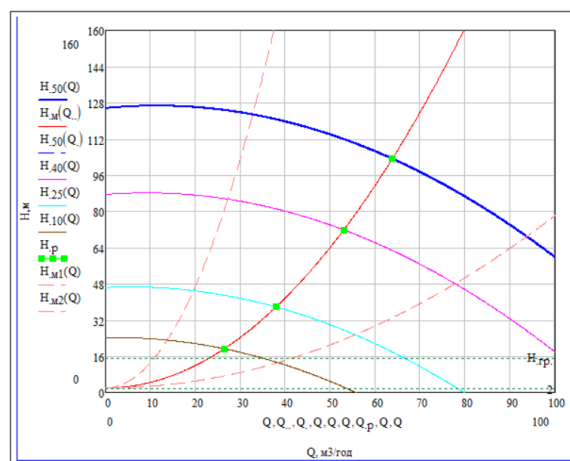


Рисунок 2 – Напірні характеристики частотно-регульованої НУ

Тому враховуючи невелике значення діапазону регулювання (до 1:10) та вимоги до швидкодії для значної кількості НУ доцільно використовувати перетворювачі частоти (ПЧ) зі скалярною системою керування. Сучасні ПЧ у своєму складі мають фільтр електромагнітної сумісності, трифазний мостовий випрямляч, коло постійного струму, інвертор на IGBT модулях, ШИМ-модулятор, мікропроцесор для автоматизації керування технологічним процесом, а також інтерфейси, аналогові та цифрові входи/виходи для з'єднання з датчиками (в насосних установках використовується датчик тиску), комутуючим та комп'ютерним обладнанням [4].

ПЧ має ряд різних законів регулювання – пропорційний (Костенка), квадратичний, зі збереженням постійної потужності, тощо. Для турбомеханізмів (вентилятори, насоси) відповідно до характеру їх статичного моменту доцільним є власне квадратичний $U/f^2 = \text{const}$ (рис.3).

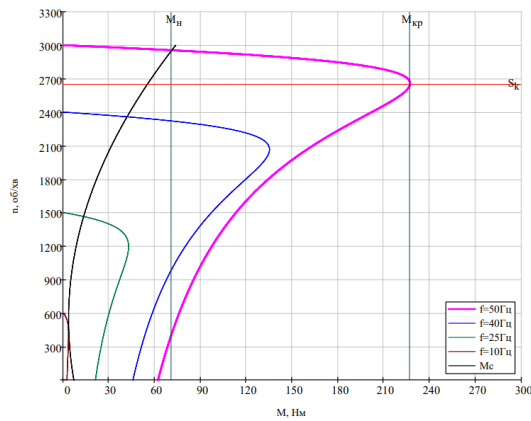


Рисунок 3– Механічні характеристики ПЧ-АД при квадратичному законі регулювання

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Фіксований тариф для малого та середнього бізнесу. Портал Yasno. URL: <https://yasno.com.ua/sme/onboarding-electricity-1p> (дата звернення: 29.11.2023)
- 2 СОТНИК, Микола Іванович; ХОВАНСЬКИЙ, Сергій Олександрович; ДУЖАК, О. І. Аналіз способів регулювання роботи насосних станцій комунального водопостачання. 2008.
- 3 ОРЕЛ, В. І. Регулювання напору в гідравлічній системі. Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва, 2013, 755: 281-284.
- 4 Lyshuk, V., Moroz, S., Pohynets, A., Kmytko, N., & Bartashchuk, R. (2023). Математична модель інвертора перетворювача частоти. COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION, (52), 140-145.

Iuliia Medvid

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

PROBLEMS OF ENSURING ACCURACY OF LARGE-PITCH TAPERED THREAD IN MULTI-POINT TURNING PROCESSES

Among threaded connections of large sizes, tapered thread connections are especially often exploited, which are a very important part of drill strings. The accuracy of the threads is regulated by the accuracy of the pitch, profile and pith diameter [1, 2]. The thread surfaces of these joints are performed using lathes, with the help of tools that have a carbide insert with a profile corresponding to the threaded one. The insert can be both simple and double-point (Fig.1). Simple carbide inserts, which are usually used with a special inclination of the cutting edge λ , have become widely used. It is defined as an integer part of the lead angle of the thread (Fig. 1.a.). The purpose of its using is the uniform operation of the cutting edge, and therefore the extension of the tool life which ensures productivity and the specified accuracy of the thread profile [3, 4, 5].

For tapered screw threads, the thread lead angle ψ is a variable value. It is defined at a certain point as the angle between the vectors: normal \overline{CP} to the axial plane of the thread and tangent \overline{CL} to the helical line (Fig.1. right). This angle can be determined by the formula:

$$\psi = \arctan \frac{P}{2(d_3 + P \cdot \operatorname{tg}(\varphi)n)},$$

where d_3 – thread crest diameter of minor cone side of thread, n – thread number, φ – cone angle of thread, P – thread pitch.

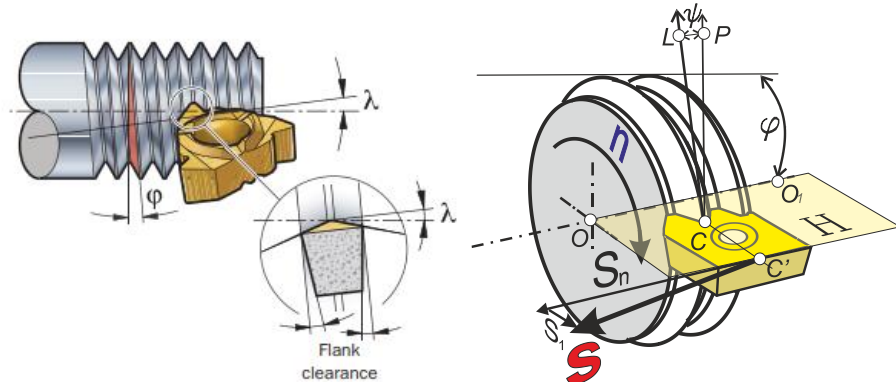


Figure 1 – Single-point (left) and double-point (right) thread insert place

Problems:

1 The angle of large-pitch threads is large and variable. For example, for NC12 drill-string tapered thread, it ranges from 2.4° to 3.1°.

2 For double-point insert the distances of the extreme points of the cutting edge from the axial plane Δf , Δe , Δg_1 , Δd_1 are bigger significantly (Fig. 2). This, in turn, will significantly affect the kinematic and static component of the accuracy of the thread profile.

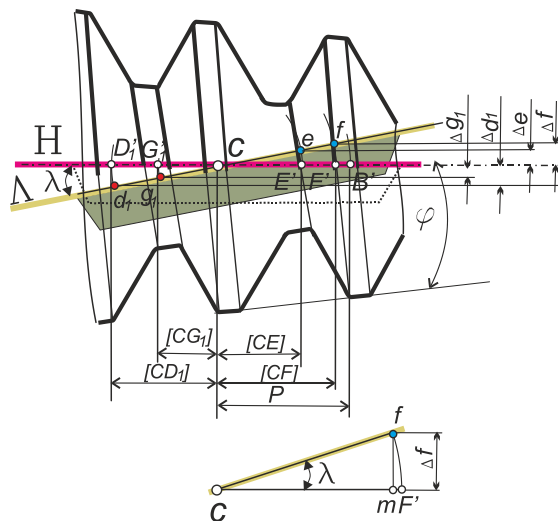


Figure 2 – Schema of deviation extreme points of the cutting edge

REFERENCE

1 Онисько О. Р., Медвідь Ю. В. Деякі аспекти точності у технологічному процесі виготовлення конічних замкових нарізей. *Обладнання і технології сучасного машинобудування*: зб. наук. праць Всеукр. наук.-техні. конф., 11–12 трав. 2017 р. Тернопіль, С. 131–132.

2 Медвідь Ю. В., Онисько О. Р., Панчук В. Г. Теоретичний аналіз забезпечення точності профілю замкової нарізі виготовленої різцями із загальним положенням передньої поверхні та заданою точністю її встановлення. *Прогресивні технології в машинобудуванні*: зб. наук. праць VII Міжнар. наук.-техн. конф., 5–9 лют. 2018 р. Львів, 2018. С. 96–100.

3 Медвідь Ю. В., Лукань Т. В., Онисько О. Р. Автоматизований алгоритмічний розрахунок повздовжніх зміщень профілю різця для точіння конічних замкових нарізей. *Проблеми*

енергозбереження і механізації в гірничо–металургійному комплексі : матеріали МІжнар. наук.-техн. конф. молод. вчених і студ., 24–25 квіт. 2019 р. Кривий Ріг, 2019. С. 206–208.

4 Medvid I., Onysko O., Pituley L., Shuliar I., Havryliv Y. Problems of Accuracy of Tapered Thread for Small Diameter Drill Pipe Connections. *19-th international conference on Thermal Science and Engineering of Serbia. SimTerm2019*. Book of abstracts, 22-25 october 2019. Soko-Banja, 2019. P. 53.

5 Iuliia Medvid, Oleh Onysko, Vitalii Panchuk, Lolita Pituley, Schuliar Iryna. Kinematics of the Tapered Thread Machining by Lathe. *Grabchenko's international conference on Advanced manufacturing Processes "InterPartner" 2020*. Book of abstracts. Odesa. Book of abstracts 2020. P.101.

Мачуга О.С., Луста Ю.Р.

Національний лісотехнічний університет України

РОЗКРИТТЯ СТАТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ МЕТОДОМ СУПЕРПОЗИЦІЇ СИЛ

Під час дослідження спеціалізованої лісозаготівельної техніки виникає проблема в побудові математичної моделі, яка б водночас відповідала інженерній точності та не потребувала розрахунку великої кількості математичних рівнянь.

Альтернативним рішенням є будівництво математичної моделі, яка має за основу плоско паралельну систему сил (рис. 1 (а)).

Для рішення даної математичної моделі можна скласти три рівняння рівноваги та знайти три невідомі але колісна техніка має від чотирьох коліс, відповідно, чотири невідомі під кожним з коліс. Така система вважається один раз статично невизначеною.

Одним з рішень є метод запропонований Мачугою О. С. [1], суть цього методу полягає в додаванні четвертого рівняння, яке здатне пов'язати три рівняння рівноваги. Четверте рівняння знаходиться аналітичним методом аналізуючи статистичні дані поведінки техніки під час втрати стійкості. В результаті було запропоновано дві системи рівнянь (1), (2), що розкривають статичну невизначеність.

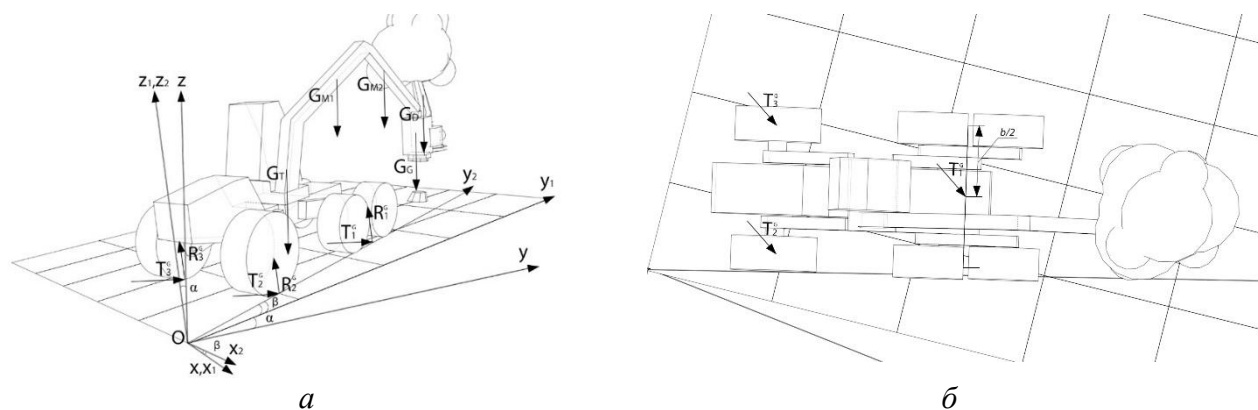


Рисунок 1 – Математичні моделі:
а – чотири опорні точки; б – три опорні точки.

За даними системами рівнянь було проведено розрахунок для харвестеру Valmet 901 отримані графіки (рис. 2 (а, б)) демонструють зміну нормальної реакції під заднім лівим колесом, нормальна реакція R_3 .

$$\begin{cases} R_1^A + R_2^A + R_3^A + R_4^A = 0; \\ -(R_2^A + R_3^A) \cdot a - (G_G + G_D) \cdot (L_{M1} + L_{M2}) \cos \gamma \cdot \cos \alpha = 0 \\ (R_1^A + R_2^A - R_3^A - R_4^A) \cdot \frac{b}{2} - (G_G + G_D) \cdot (L_{M1} + L_{M2}) \sin \gamma \cdot \sin \alpha = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} R_1^A = R_4^A \cos \gamma + R_2^A \sin \gamma \\ R_1^A + R_2^A + R_3^A + R_4^A = 0; \\ -(R_2^A + R_3^A) \cdot a - (G_G + G_D) \cdot (L_{M1} + L_{M2}) \cos \gamma \cdot \cos \alpha = 0 \\ (R_1^A + R_2^A - R_3^A - R_4^A) \cdot \frac{b}{2} - (G_G + G_D) \cdot (L_{M1} + L_{M2}) \sin \gamma \cdot \sin \alpha = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$R_1^A = R_4^A \left(1 - \frac{\gamma}{90}\right) + R_2^A \left(\frac{\gamma}{90}\right)$$

Іншим методом є приведення математичної модель до трьох невідомих шляхом перенесення декількох реакцій до спільної точки, (рис. 1 (б)). Для демонстрації методу було проведено розрахунки для харвестеру Valmet 901.

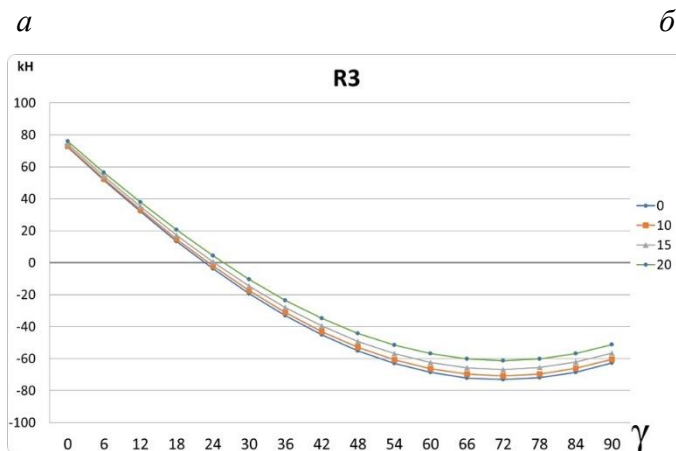
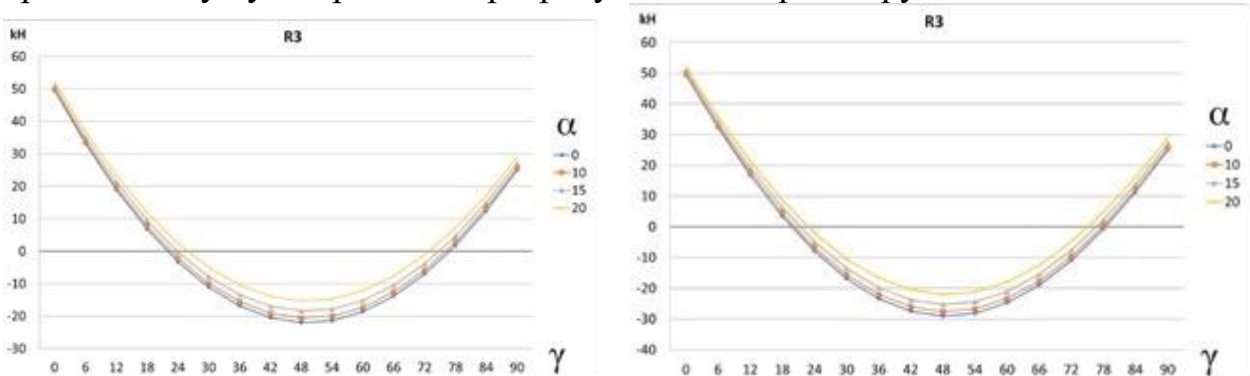


Рисунок 2 – Графік зміни сили R_3 від кута повороту стріли маніпулятора: а – для рівняння (1); б – для рівняння (2); в – для трьох точок опори.

ВИСНОВКИ. Отримані результати для першого методу (1), (2) мають відхилення 4,5 %. Перший та другий методи дають подібні результати що до граничного кута втрати стійкості втрата одного з коліс контакту з опорною поверхнею $R_3=0$, тому ці методи можна вважати тотожними.

ЛІТЕРАТУРА

1 Мачуга О. Особливості проектування лісозаготівельної техніки для роботи на території з ухилом. Частина 2. Розв'язування практичних задач / Вісник «ХПІ» збірник наукових праць. Серія: математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2014 р. – №18 (1061). С. 94-110.

*Медведєв В.В., Приходько В.П., Фролов В.К.,
Лапковський С.В.*

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ В УМОВАХ РОБОТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Виріб, перш за все, є об'єктом експлуатації і оцінюється споживачами на відповідність своєму призначенню, але, перш ніж стати об'єктом експлуатації, виріб виступає в якості об'єкта виробництва, до якого пред'являються зовсім інші вимоги, що в сукупності названі технологічністю [1].

Остаточна перевірка технологічності виробу проводиться в період завершення конструкторських робіт, випробування й аналізу дослідних зразків виробу. Це – остання можливість внести зміни в конструкцію без серйозного втручання в плани освоєння.

Вартість перероблення проекту на цьому етапі значно менше, ніж внесення змін пізніше – при виготовленні або експлуатації виробу [1].

Конструкції деталей, виробництво яких підлягає роботизації, повинні відповідати низці наступних специфічних вимог.

1. Деталі, як об'єкти роботизації, повинні мати оптимальне співвідношення виконавчих розмірів, точності та шорсткості поверхні та фізико-механічних властивостей.

2. Форма деталей повинна бути: відносно простою; без різновисотних приступців з великою різницею в розмірах; без гострих кромки; без великих виступів; з мінімальним числом ребр жорсткості.

3. Деталь повинна мати максимально велику кількість площин та осей симетрії. Простіше за все автоматично орієнтуються деталі, що мають вісь симетрії, складніше – деталі з трьома, двома або однією площиною симетрії.

4. Якщо неможливо уникнути асиметрії деталі, то асиметрія повинна бути посилена.

5. Деталь повинна мати мінімальну кількість стійких відрізних положень. Стійким відрізним положенням деталі є таке положення, при якому проекції деталі на орієнтуючі поверхні не співпадають з проекціями для інших орієнтованих положень. Коли проекції деталі на деякі орієнтуючі поверхні співпадають, те положення є невідрізним. Кількість таких положень залежить від ступеня симетричності деталі, тобто, від кількості осей та площин симетрії, їх порядку.

6. Деталь повинна мати яскраво виражені базові поверхні та «ключі» для орієнтування. Для зручності автоматичного орієнтування створюються «ключі», які посилюють асиметрію центру ваги або асиметрію форми.

7. При транспортуванні та завантажуванні деталі не повинні зчіплюватися, злипатися, вставлятися або яким-небудь іншим чином з'єднуватися одна з одною.

8. Деталь повинна мати поверхні, які полегшують її захват промисловим роботом за допомогою мінімальної кількості захватних пристроїв.

9. Деталь повинна мати бази, що забезпечують необхідні характеристики щодо точності деталей, які з'єднуються, та складатись з іншими деталями за найкоротшим розмірним ланцюгом.

10. Деталь повинна бути підготовлена до автоматичного переміщення роботом, а не вручну. У деяких випадках це може призвести до деякого ускладнення конструкції деталі.

11. Деталі повинні бути оптимізовані з масово-габаритними характеристиками, тобто, повинні відповідати характеристикам промислових роботів, що є на підприємстві.

12. Вид матеріалу деталі повинен відповідати методу орієнтування.

13. Матеріал деталі повинен мати таку міцність, яка виключала б можливість пошкоджень при завантаженні й орієнтуванні.

14. Деталь повинна мати таку форму, щоб її з'єднання могло бути виконано при мінімальній довжині робочого ходу виконавчого органу робота.

15. Деталі повинні мати: західні скоси, фаски, центрувальні виступи – це дозволяє застосовувати промислові роботи з меншою точністю позиціювання.

16. Кути конусності фасок на валу та в отворі не повинні відрізнятися більше, ніж на $5...15^\circ$.

17. Кращий кут конусності фасок для отворів дорівнює 45° , а для валів – $10...30^\circ$ (для пресових посадок – $5...15^\circ$).

18. Фаски треба виконувати на валу та в отворі.

19. У разі подачі деталей в транспортних лотках останні не повинні бути дуже тонкими, вони також не повинні мати скосів.

20. Для запобігання заклинювання деталей при їх подачі в транспортних лотках кромки цих деталей повинні бути перпендикулярні напрямку переміщення.

21. Форма деталі повинна бути зручною для її переміщення в лотках.

ЛІТЕРАТУРА

1 Гриньова В.М., Салун М.М. Організація виробництва: підручник. – К.: Знання, 2009. – 582 с. <https://westudents.com.ua/knigi/159-organzatsya-virobnitstva-grinova-vm.html>

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЗОВИХ ПОТРЕБ БАГАТОПОВЕРХІВОК В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ

Внаслідок повномасштабного вторгнення агресора на територію України, а також пошкодження енергетичної інфраструктури принесло нові випробування для енергосистеми держави. Значна кількість побутових споживачів та промислових недотримували енергію в період з жовтня 2022 року по лютий 2023. Тому питання енергетичної безпеки є актуальним на державному та місцевому рівнях.

Особливе місце у питаннях енергозабезпечення займають відновлювальні і нетрадиційні джерела енергії. Але у холодну пору року, коли енергосистема найуразливіша, значна частина видів ВДЕ є неефективними на території міст. Проте малопотужні вітрові електростанції, що розміщуються на дахах багатоповерхових будинків стають все більш актуальними.

В 2022 році рівень генерації електроенергії ВЕС складав 1,7 ГВт, тобто 17,7 % від загальної частки ВДЕ в Україні. Але нині в промислових масштабах проблематично проєктувати такі установки з ряду причин: великий ризик ураження об'єкту, проблема з фінансуванням з боку НЕК «Укренерго» - сума боргу перед зеленою енергетикою становить 12,4 млрд гривень [1], а також необхідність великих капіталовкладень з відносно великими терміном окупності.

В умовах дефіциту електричних потужностей необхідно забезпечувати споживачам житлових будинків не лише аварійні системи, а й вентиляцію, ліфтові та насосні установки. Хоч малопотужні установки (від 4 до 55 кВт) і мають відносно велику вартість, але таке незалежне джерело живлення часто необхідне для побутових споживачів.

Особливістю проєктування таких ВЕУ є те, що наявні обмеження щодо площі використання, нестабільністю та невеликою швидкістю вітрових потоків. Крім цього, проблемою більшості станцій є значний рівень шуму, тому відповідно до вищенаведених особливостей оптимальним буде використання вітроагрегатів з вертикальною віссю обертання, які є нечутливим до зміни напрямку вітру. Хоч такий тип установок має менший показник коефіцієнта використання енергії вітру (КВЕВ) порівняно з ВЕУ з горизонтальною віссю, але для установок з турбіною Дар'є вдалось досягти значення КВЕВ 35% навіть для установок малої потужності [2]

Проблемою розробок ВЕУ є вибір генератора, акумулятора і інвертора. У мовах відключень мережі від споживачів устає неможливим використання мережних інверторів напруги, внаслідок чого схема установки ускладнюється. По-перше, необхідно аби вироблена електроенергія відповідала стандартам якості ДСТУ EN 50160:2014 [3], адже у нормальному режимі роботи установка віддає

електроенергію в мережі. Крім цього, такі споживачі як насоси чи приводи ліфтових установок, що мають у своєму складі асинхронні двигуни є вимогливими до синусоїдності форми напруги і не можуть коректно працювати на «модифікованій синусоїді».

Основними вузлами ВЕУ є: вітроколесо, що складається з лопатей, крил чи інших частин, що перетворюють енергію потоку вітру в обертання валу; електричний генератор – перетворює механічну енергію в електричну, зазвичай для малопотужних установок внаслідок простоти експлуатації, хороших енергетичних показників та надійності використовують синхронні генератори з постійними магнітами; контролер заряду акумуляторної батареї АБ – пристрій необхідний для підтримки струму і напругу зарядки батареї, інвертор – перетворюють напругу від джерела постійного струму 24 або 48 В (АБ) в змінну напругу 230 або 400 В з частотою 50 Гц; АБ – необхідні для накопичення електричної енергії, найбільшого поширення здобули батареї типу АСМ, які розраховані на роботу при глибокому розряді і великому кількості циклів зарядки і розрядки. Відповідно найбільшу вартість має саме інвертор і АБ відповідно ємності.

Окремим питанням є вибір методу керуванням потужністю ВЕУ: це може бути і при постійній частоті обертання, і ступінчатою зміною частотою обертання вітроколеса перемиканням обмоток генератора, і зміною передаточного числа редуктора-мультиплікатора, і зміною кута установки лопатей чи геометричних розмірів вітроколеса. Вибір способу керування залежить від кількості капіталовкладень та характеристики потоків відповідної місцевості і визначає механічну структуру ВЕУ, тип використаного генератора. Також необхідно оцінити значення аеродинамічної потужності установки (рис.1).

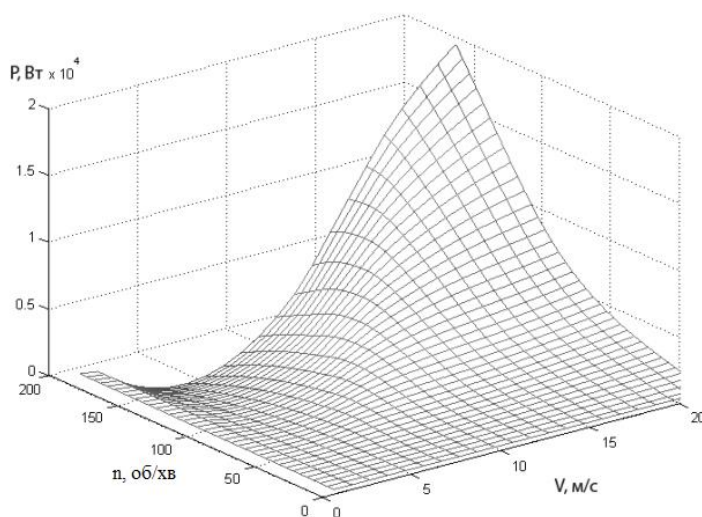


Рисунок 1 – Графік розподілу потужності ротора ВЕУ в залежності від швидкості вітру та частоти обертання

ЛІТЕРАТУРА

1 Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів, встановлена потужність яких не перевищує 150 кВт. Постанова від 29 вересня 2023 р. № 1766. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг: веб-сайт: URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-viroblenu->

generuyuchimi-ustanovkami-spozhivachiv-u-tomu-chisli-energetichnih-kooperativiv-vstanovlena-potuzhnist-yakih-ne-perevishc-6 (дата звернення: 13.11.2023)

2 Daróczy L. et al. Comparative analysis of turbulence models for the aerodynamic simulation of H-Darrieus rotors //Energy. – 2015. – Т. 90. – С. 680-690.

3 ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначенності. [Чинний від 2014-10-01]. Київ, 2014, 32 с. (Інформація та документація). URL: https://chernihivoblenergo.com.ua/files/consumer/law_docs/ДСТУ%20EN%2050160-2014-1.pdf (дата звернення: 13.11.2023)

Мельник М.С., Калініченко В.В.
Донбаська державна машинобудівна академія

САМОНАВЧАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО-ДОСЛІДНИЦЬКА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

Проблема ефективного використання ресурсів у машинобудівному виробництві набуває усе більшого значення, що вимагає мінімізації витрат матеріальних, енергетичних ресурсів та часу на виробничі процеси при гарантованому забезпеченні необхідної якості продукції. Прогресивні ресурсо- та енергоощадні технології виготовлення деталей машин, в свою чергу, мають базуватись на використанні оптимальних режимів механічної обробки деталей, що забезпечують високі показники працездатності різального інструменту, низький рівень енерговитрат у технологічній системі одночасно з необхідними показниками продуктивності обробки. Відповідно, визначення оптимальних режимів різання для заданих умов механічної обробки є одним із ключових чинників впливу на ефективність обробки.

Розробці моделей та практичних рекомендацій щодо визначення оптимальних режимів різання для заданих умов механічної обробки свого часу було присвячено великий обсяг статистичних досліджень процесів обробки. Результати цих досліджень відображені у рекомендаціях виданих вже достатньо давно нормативів режимів різання та довідників для технологів-машинобудівників. Станом на тепер наведені у цих нормативах та довідниках дані вже суттєво застаріли. Зокрема, вони не враховують появи нових оброблюваних та інструментальних матеріалів, покриттів для різального інструменту, можливостей суттєвого розширення діапазону використовуваних режимів різання при впровадженні нового верстатного обладнання. Іншим джерелом інформації, що використовується технологами при призначенні режимів різання, є рекомендації фірм-виробників різального інструменту, представлені у каталогах, інформаційних проспектах та на вебсайтах фірм. Проте, ці рекомендації мають переважно узагальнений характер і стосуються обробки лише найбільш розповсюджених конструкційних матеріалів.

В той же час, перед технологами все частіше постає задача вибору раціональної марки інструментального матеріалу та призначення оптимальних режимів різання для механічної обробки багатьох спеціальних матеріалів (складнолегованих сталей та чавунів, спеціальних сплавів з низькими показниками оброблюваності, композитних матеріалів та ін.). Наразі рекомендації щодо режимів механічної обробки таких матеріалів у доступних джерелах, як правило, відсутні. Вирішення задачі визначення оптимальних режимів для вищезазначених випадків обробки потребує серії тривалих та дорогавартісних експериментальних досліджень. Проведення ж таких досліджень у складних умовах сьогодення навряд чи можуть дозволити собі з економічних мотивів навіть великі та успішні підприємства.

Цікаві можливості ефективного вирішення вищезазначеної проблеми відкриває використання інформаційних технологій. Як відомо, верстатний парк сучасних підприємств машинобудування та металообробки в основному представлений обладнанням з ЧПК. Сучасні системи ЧПК верстатних комплексів механічної обробки побудовані на базі промислових комп'ютерів, характеристики яких передбачають можливість встановлення додаткових програмних продуктів, апаратних засобів (у тому числі різноманітних датчиків) та інтеграції до локальної чи глобальної комп'ютерної мережі. Таким чином, на базі сукупності верстатів з ЧПК, оснащених необхідними наборами датчиків, можна створити мережу дослідницьких комплексів з моніторингу процесів механічної обробки, які будуть збирати дані про характеристики процесів різання безпосередньо під час обробки, майже не заважаючи звичайному ходу виконання виробничої програми. У такому разі кожна операція механічної обробки і навіть окремий технологічний перехід чи прохід перетворюється на своєрідний експеримент, виконаний у реальних виробничих умовах. До інформації, що може збиратися датчиками під час такого експерименту, в першу чергу належать величини складових сили різання, температура різання, наявність та характеристики автоколиваний у технологічній системі, період між замінами інструменту. Отримана від усіх датчиків інформація накопичується у централізованій базі знань, пов'язаній з усіма комп'ютерними пристроями верстатних комплексів. У цій же базі знань міститимуться дані про характеристики оброблюваного та інструментального матеріалів, а також інші необхідні для визначення оптимальних режимів різання дані, взяті з літературних джерел або результатів попередніх досліджень. Відповідно, можна вести мову про створення самонавчальної інформаційно-дослідницької системи, що аналізує результати моніторингу процесів обробки на усіх задіяних у експерименті одиницях верстатного обладнання та створює на підставі отриманих даних математичні моделі для розрахунку оптимальних режимів різання. Створені моделі та розраховані оптимальні значення режимів різання у подальшому можуть використовуватися як інженерами-технологами, так і операторами верстатних комплексів безпосередньо на пристроях ЧПК.

Моделі для автоматизованого визначення оптимальних режимів різання створюються на основі широковідомих рівнянь регресії. Можливості комп'юте-

рних засобів системи дозволяють збільшити кількість факторів та порядок моделі порівняно з моделями, традиційно використовуваними для призначення режимів різання у довідковій літературі. З плином часу при накопиченні отриманих датчиками експериментальних даних про характеристики процесу обробки отримані моделі будуть корегуватися, внаслідок чого будуть зростати їхня точність та область адекватності.

Найбільший та найшвидший ефект при впровадженні самонавчальної інформаційно-дослідницької системи для автоматизованого визначення оптимальних режимів різання може бути досягнутий за умов інтеграції до цієї системи верстатних комплексів декількох різнопрофільних підприємств, особливо тих, що працюють в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва.

Мельниченко Н.П., Вавдійчик М.А.
Криворізький національний університет

ПОШУКИ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Після закінчення війни, в Україні доведеться проводити великі відновлювальні роботи, які включають нове будівництво, ремонтні та оздоблювальні роботи промислових і житлових споруд. Тому досить гостро стоїть питання пошуку шляхів зменшення часу проведення роботи, собівартості продукції та економне використання природних ресурсів.

Один із ефективних напрямків є розробка нових видів бетону та технологій його використання. Бетон, який є основним будівельним матеріалом по всьому світу, має декілька переваг: дешева сировина, легка доступність, міцність, довговічність та пожежна безпека. Враховуючи той факт, що в Україні є велика кількість вторинних ресурсів, використання яких значно поліпшує якість будівельних матеріалів, збільшує час проведення ремонтних та оздоблювальних робіт, цей напрямок є досить вивченим. Для реалізації існуючих досліджень у цій галузі не вистачає коштів та умов для проведення будівельних робіт. При стабілізації ситуації в Україні, використання чисельних наукових досліджень дасть змогу почати велике будівництво.

Розвиток будівельної індустрії відбувається в пошуках не тільки нових матеріалів а і технологій, які здатні підвищити якість будівництва і зробити його більш ефективним. Однією з нових технологій є використання будівельних 3D принтерів бетоноу, яка має ключову перевагу у швидкому та точному створенні конструкцій за допомогою шарування бетонної суміші. Цей процес дозволяє отримати складні форми, що раніше важко було виконати традиційним будівельним методом, відкриває можливість для нового підходу до дизайну.

В Україні з використанням будівельного 3D принтера побудований новий навчальний корпус школи у Львові. Корпус школи був побудований лише за

один тиждень. При чому при будівництві використовувалися близько 90 % вітчизняних будівельних матеріалів .

Переваги використання будівельного 3D принтеру є в тому, що вони мають високий рівень варіативності геометричних форм та низький рівень викидів CO₂. Система змішування забезпечує чудову якість суміші. Чудово справляється з великими об'ємами, гарантуючи оптимальну швидкість і пропорції подавання матеріалу для друку в конструкції змішувача є поліуретанові компоненти, які — в відмінність від металевих – дають змогу уникнути небажаного прилипання суміші. Завдяки зменшенню обсягу осаду на поверхні змішувача чищення займає менше часу та вимагає менше зусиль.

Ця технологія допомагає вирішити багато проблеми. Основна проблема пов'язана з фізичною працею, особливо при заливанні бетону на місці. Як монтаж форм, так і встановлення арматури, як і раніше, вимагають фізично важкої праці, особливо коли необхідні індивідуальні геометричні форми. Це призводить до проблем зі здоров'ям у будівельників, яких слід уникати наскільки це можливо. Друга проблема з якою стикається галузь бетонного будівництва – це використання додаткових матеріалів.

Автоматизована робота принтера, звела до мінімуму можливість людської помилки. Зручність виконання робіт забезпечить спеціальне програмне забезпечення для керування принтером, що не має аналогів у світі. Матеріал подається дозовано і з машинною точністю. Принтер відводить шар за шаром і друкує стіни з машинною точністю, тому вони виходять рівними та гладкими. Етап чорнового оздоблення можна пропустити й переходити до фінішній шпаклівці. Утеплювати стіни можна будь-якими відповідними для цього матеріалами.

Процес 3D друку бетоном включає підключення шлангу до головки принтера, розташованої на кінці вертикального важеля портального робота з 4 ступенями свободи. Цей робот керується рухом і обслуговує ділянку виконання робіт.

Бетон, подається під тиском, наноситься голівкою принтера, що складається з кількох частин, що дозволяють виконувати роботи у потрібному місці з бажаною швидкістю та під бажаним кутом. Сопло Для віб принтера, виготовлене з порожнистої сталі, видає бетонну нитку, яка наноситься на поверхню друку.

Вільний вибір товщини та конфігурації стін і спеціальні домішки дадуть змогу захистити будинок від будь-яких погодних умов і допоможе довше зберігати тепло, завдяки повітряному прошарку багатокамерних стінах.

Технологія 3D-друку бетону потребує бетону з особливими характеристиками. Такі суміші розробляються на основі таких властивостей , як рухливість бетонної суміші, консистенції ,адгезії до поверхні в зоні контакту слоїв бетону та інше.

Для відбудови України важливо те, що такий принтер є мобільним, машина, що негайно доставляється до місця напрямку, потребує мінімум часу й енергії, для того щоб розпочати роботу в польових умовах.

Уся підготовча робота мінімізується до тому, щоб під'єднати автоматичну систему змішування й подавання суміші, принтера та системи комунікацій. На

встановлення й настроювання існуючої в Україні моделі знадобитися всього лише 30 хвилин!

Завдяки системі стабілізації в формі двох активних противаг, принтер можна встановлювати, не закріплюючи, на будь-якої поверхні, без попередньої підготовки майданчика. Аналіз даної технології вказує на те, що це найбільш ефективна технологія будівництва в умовах, що склалися в Україні.

Для ефективного використання даної технології необхідна розробка вітчизняних принтерів. Причому виробництво повинно бути серійним і адаптованим до місцевих природних ресурсів. Використання такої технології дозволить швидко забезпечити житлом людей які його втратили та повернути людей до нормального життя.

Меновщикова А.В., Трус І.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД В УКРАЇНІ

Промислові підприємства в сучасному світі є одними з найбільших джерел стічних вод, що призводить до виникнення значних екологічних проблем. Це особливо важливо враховувати в контексті швидкого індустріального розвитку та зростання обсягів виробництва. У зв'язку з цим, обробка та очищення стічних вод стає вельми актуальним завданням для збереження водних ресурсів та уникнення забруднення водою [1].

Промислові підприємства, зайняті виробництвом різноманітних товарів та послуг, щодня випускають величезні обсяги стічних вод. Ці води містять різні хімічні сполуки та речовини, такі як важкі метали, хлориди, органічні забруднювачі тощо. Особливо гостро ця проблема виникає на підприємствах, де застосовуються хімічні реакції та інші процеси, що супроводжуються утворенням стічних вод.

З огляду на вище сказане, стає очевидним, що розробка та впровадження ефективних технологій очищення стічних вод є критично важливою. Важливо не лише зменшити обсяги стічних вод, але й ефективно видалити чи зменшити концентрацію шкідливих забруднювачів, забезпечуючи відповідні стандарти якості води.

Метою роботи є удосконалення існуючої системи очищення промислових стічних вод з метою зменшення впливу на навколишнє середовище та підвищення ефективності очищення.

Розгляд сучасних механічних методів очищення стічних вод, таких як сіткарські і фільтраційні системи, з визначенням переваг і обмежень їх застосування [2].

Сіткарські Системи.

Опис технології: сіткарські системи використовуються для фільтрації води за допомогою сіток з різною густиною. Ці сітки затримують тверді частки, такі як сміття, листя, та інші великі фрагменти.

Переваги:

- висока ефективність у видаленні великих та грубих забруднень.
- можливість використання в широкому діапазоні умов, включаючи комунаційні лінії та промислові сточні води.

Обмеження:

- не ефективні при очищенні від дрібних часток та деяких хімічних забруднень.
- вимагають систем регулярного обслуговування через засмічення сіток.

Фільтраційні Системи.

Опис Технології: Фільтраційні системи використовують різноманітні фільтри, такі як пісок, вугілля чи мембрани, для утримання та видалення часток та розчинених речовин з води.

Переваги:

- ефективність у видаленні дрібних часток і хімічних забруднень.
- можливість використання для очищення води від різних джерел.

Обмеження:

- висока вартість установки та обслуговування фільтраційних систем.
- потреба у регулярній заміні фільтрів.

Порівняльний Аналіз:

Ефективність: Порівняння ефективності виходить за межі лише фізичних параметрів. Сіткарські системи добре впораються з великими частками, тоді як фільтраційні системи ефективні у видаленні дрібних і розчинених речовин.

Вартість та Обслуговування: Сіткарські системи, хоча менш складні, потребують регулярного обслуговування. Фільтраційні системи вимагають витрат на фільтри та установку.

Обираючи між сіткарськими і фільтраційними системами, важливо врахувати конкретні потреби та умови використання. Застосування однієї чи іншої технології може бути оптимальним в залежності від конкретних вимог і факторів, таких як величина та склад забруднення стічних вод, енергетичні витрати та вартість. [3]

Перший етап роботи включає в себе детальний аналіз існуючої системи очищення промислових стічних вод, визначення ключових компонентів та процесів. Важливо розглянути якість вихідних даних, рівень ефективності та відповідність системи стандартам екологічної безпеки.

На другому етапі визначаються основні проблеми та негативний вплив існуючої системи. Це може включати викиди шкідливих речовин, несумісність із стандартами, чи потенційну загрозу для водних ресурсів та біорізноманіття.

На основі виявлених проблем встановлюються конкретні цілі удосконалення системи очищення. Ці цілі повинні бути вимірюваними, конкретними та

досяжними. Критерії успішності дозволяють об'єктивно оцінити результати впроваджених змін.

Центральною частиною роботи є розробка інноваційних рішень для вдосконалення системи очищення. Це може включати в себе впровадження новітніх технологій, оптимізацію процесів, чи вдосконалення системи моніторингу та контролю.

Розроблені інноваційні рішення випробовуються в реальних умовах. Здійснюється експериментальне впровадження для перевірки їхньої ефективності та відповідності встановленим цілям.

Після завершення експериментального етапу проводиться аналіз отриманих результатів. Оцінюється ефективність вдосконаленої системи очищення, порівнюючи дані до та після впровадження змін. Робиться висновок про досягнення встановлених цілей та можливість впровадження отриманих рішень на широкому масштабі. [4]

ЛІТЕРАТУРА

1 Василенко О. А. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки : навч. посібник / О. А. Василенко, С. М. Епоян, Г. М. Смірнова, І. В. Корінько, Л. О. Василенко, Т. С. Айрапетян. – Київ – Харків, КНУБА, ХНУБА, 2012. – 572 с.

2 Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навч. посібник / В. А. Ковальчук. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

3 Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2. Методи очищення стічних вод : підручник / [В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, Р. В. Петрук, Г. В. Сакалова та ін.]. – Херсон : Олді-плюс, 2019. – 298 с.

4 Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / [А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко та ін.]. – Київ : Лібра, 2000. – 552 с.

Мережко Д.В.

Донбаська державна машинобудівна академія

АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОЛОЧІННЯ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ

Порошковий дріт являє собою сердечник з ущільненого металевго порошку в металевій оболонці. Він застосовується при зварюванні в якості електроду при наплавленні поверхонь. Виробляється порошковий дріт волочінням, вимоги до нього регламентуються стандартами.

Основною задачею при моделюванні процесу волочіння є визначення параметрів вхідної заготовки та режимів волочіння, а при автоматизованому проєктуванні – визначення мінімально можливої кількості переходів для отримання якісної згідно стандартам продукції.

В якості методів моделювання волочіння дроту використовуються аналітичні [1] і скінченно-елементні моделі [2]. Для математичного моделювання процесу, зокрема аналізу розподілу щільності порошку за перерізом дроту і аналізу ресурсу плинності металевій оболонці доцільно використовувати скінченно-елементні моделі, а для визначення раціональних режимів і кількості переходів – аналітичні.

Метою роботи є зниження витрат у часі на проектування процесів волочіння порошкового дроту на основі автоматизації розрахунків технологічних режимів процесу.

Для реалізації поставленої мети були розроблені відповідні програмні засоби, які поєднують використання аналітичної моделі для визначення оптимальних режимів волочіння і скінченно-елементної моделі для перевірки отриманих режимів згідно з розподілом щільності за перерізом заготовки.

Описати процес автоматизованого проектування процесів правки листів на пресі можна наступним чином. Користувач вирішив визначити технологічні режими правки титанових листів. Користувач вводить вихідні дані з механічних властивостей матеріалу листів або вибирає матеріал з бази; товщину листа; ширину листа; початкову хвилястість. Користувач обирає розрахунок за допомогою CAE-моделі. Програмний комплекс формує згідно початкових даних скрипт-файл та запускає DS Simulia Abaqus CAE на розрахунок у фоновому режимі після якого отримується odb-файл з результатами. Користувач обирає обробку файлу результатів CAE-моделі. Програмний комплекс формує згідно початкових даних скрипт-файл та запускає DS Simulia Abaqus CAE на обробку odb-файлу для отримання полів деформації та силових параметрів процесу правки у фоновому режимі. Користувач обирає статистичну обробку отриманих результатів CAE-моделі. Програмний комплекс відображає на екранній формі результати з напружень і деформацій листа, залишкову кривизну листа, растрові зображення полів деформації та значення силових параметрів отриманих після обробки odb-файлу.

Приклад реалізації такої схеми волочіння також представлений в табл. 1. В даному випадку розрахована технологія виробництва дроту з оболонкою з міді марки М1 з товщиною стінки 0,25 мм і мідного сердечника діаметром $D_1=3,0$ мм і відносною щільністю порошкового сердечника $\gamma_1=0,75$ при вихідному діаметрі $D_0=4,5$ мм і відносною щільністю мідного порошку $\gamma_0=0,25$. Коефіцієнт заповнення при цьому склав 1,02, що відповідає стандартам.

Таблиця 1 – Результати автоматизованого проектування волочіння порошкового дроту

Номер проходу	Початковий діаметр, мм	Вихідний діаметр, мм	Відносне обтиснення	Відносна щільність	Натяжіння дроту, кН
1	4,5	3,86	0,151	0,373	2,0
2	3,86	3,5	0,101	0,492	3,1
3	3,5	3,23	0,082	0,621	3,0
4	3,23	3,0	0,07	0,750	3,6

Висновки. На основі реалізації скінченно-елементної та аналітичної моделей процесу волочіння порошкового дроту в металевій оболонці сформульовані критерії оптимізації і розроблений алгоритм з автоматизованого проектування

технологічних режимів волочіння, що дозволяє визначати мінімальну кількість проходів при одночасному забезпеченні цілісності оболонки і необхідної щільності порошкового сердечника.

ЛІТЕРАТУРА

1 Mathematical modelling, study and computer-aided design of flux-cored wire rolling in round gauges / Gribkov E.P., Malyhin S.O., Hurkovskaya S.S., Berezshnaya E.V., Merezhko D.V. // International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2022, vol. 119(7-8), pp. 4249–4263. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08662-x>

2 Simulation of Powder-Cored Wire Drawing / E. G. Kirkova, L. N. Tkachenko, A. V. Kuz'mov, M. B. Shtern, A. P. Maidanyuk // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – November 2013. – Volume 52. – Issue 7. – pp. 393–400. DOI: 10.1007/s11106-013-9539-1.

Михайлова Є.О.

Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

МОЖЛИВОСТІ БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УЛОВЛЮВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ВУГЛЕЦЮ

Найбільш значущою проблемою XXI століття є глобальна зміна клімату через підвищення глобальної середньої температури. Наслідки цього процесу людство спостерігає вже зараз у вигляді хвиль тепла та аномальних природних явищ по всьому світу [1]. Згідно шостого узагальненого звіту про зміни клімату, який опублікувала Міжурядова група експертів зі зміни клімату у березні 2023 року, саме антропогенні викиди парникових газів безсумнівно спричинили зростання глобальної температури. У 2011–2020 роках глобальна температура підвищилася на 1,1 °C порівняно з 1850–1900 роками як результат несталого споживання енергії, використання викопних палив, землекористування, моделей споживання і виробництва [2]. До основних заходів, покликаних скоротити викиди антропогенних парникових газів та пом'якшити наслідки глобальної зміни клімату, належать процеси декарбонізації економічної діяльності світового суспільства.

У 2020 році набула чинності Паризька угода, що прийшла на зміну Кіотському протоколу, головною ціллю якої стало обмеження підвищення глобальної температури менше ніж на 2 °C та досягнення нульового рівня викидів CO₂ (як найбільш тоннажного серед усіх парникових газів) у другій половині століття. Урядами провідних країн світу було погоджено, що досягти встановленої цілі можливо шляхом поступового відмовлення від використання вугілля для виробництва електроенергії. Але використання сонячних електростанцій та вітрових турбін не дає можливість досягти повної декарбонізації у багатьох вуглецевоємних секторах економіки, таких як транспорт (авіація), виробництво цементу чи сільське господарство.

Згідно розрахунків Oil Change International для досягнення цілі «менше ніж 2 °C» викиди вуглецю повинні стати негативними вже у 2065 році. Тобто з атмосфери повинно поглинатися більше CO₂, ніж викидається. У природі багато процесів сприяють поглинанню вуглекислого газу, але щоб позбутися великої його кількості за короткий час, необхідно прискорити природні процеси. Це можливо, якщо захоронювати вуглець «вручну» у підземних резервуарах та водоносних горизонтах [3]. Отже сучасні технології геологічного зберігання вуглекислого газу у поєднанні з іншими заходами мають вирішальне значення для досягнення негативних викидів вуглецю.

За розрахунками вчених один із найприйнятніших варіантів зменшення викидів CO₂ полягає у запровадженні біоенергетики із уловлюванням та захороненням вуглецю (англ. Bioenergy with carbon capture and storage) – БіоУЗВ (BECCS). Це біоенергетична технологія, що комбінує виробництво біопалива з біомаси разом з уловлюванням і геологічним зберіганням вуглецю. Сутність самого процесу полягає в наступному: коли рослина зростає, то вона поглинає вуглекислий газ з атмосферного повітря; при спалюванні рослинної маси для отримання енергії з неї вивільнюється CO₂; подальше уловлювання та зберігання CO₂ призводить до видалення вуглецю з атмосфери. Таким чином, можна отримати процес із від'ємним рівнем вуглецю [4].

Вартість уловлювання та зберігання вуглекислого газу, що утворюється під час спалювання біомаси, є достатньо низкою, оскільки потік CO₂ характеризується високим ступенем чистоти. Таким чином, відпадає необхідність у очисному обладнанні, а для підготовки CO₂ до транспортування до місця зберігання необхідні лише сушильні пристрої та компресорні агрегати.

Шляхом моделювання було встановлено, що впровадження технологій видалення вуглецю, зокрема і БіоУЗВ, буде економічно ефективним починаючи з 2020 року, таким чином щоб до 2100 року видалити 25–50 % викидів CO₂. Це складе 10–20 гігатонн вуглецю на рік. Отже, щоб досягти таких показників технологія БіоУЗВ має наймовірно розповсюдитися світом, а для цього потрібні величезні земельні площі, засаджені біомасою, зіставні з територією Індії. Це є головним недоліком цієї технології, що викликає велику кількість питань та обговорень з боку суспільства і науковців.

Хоча треба відмітити, що широке застосування технології БіоУЗВ забезпечить подвійну кліматичну перевагу. По-перше, вона сприятиме вилученню вуглекислого газу з атмосферного повітря за рахунок процесу фотосинтезу рослин, які згодом стануть біопаливом. По-друге, ця технологія перешкоджатиме потраплянню викидів CO₂ в атмосферу, обумовлених спалюванням викопного палива. Таким чином, впровадження БіоУЗВ на електростанціях та промислових підприємствах, що працюють на горючих корисних копалинах або біопаливі, сприятиме зменшенню рівня вуглекислого газу в атмосфері, тим самим попереджаючи глобальні кліматичні зміни.

ЛІТЕРАТУРА

1 Михайлова Є. Аналіз проблеми викидів парникових газів та методів їх знешкодження / Є. Михайлова // The scientific paradigm in the context of technological development and social

change : scientific monograph. – Riga, Latvia. 2023. – Part 2. – P. 25-59. – Режим доступу: <http://surl.li/nqzqw>.

2 Climate change 2023. Synthesis Report. URL: <http://surl.li/gmpay>.

3 Михайлова Є.О. Проблеми та перспективи геологічного зберігання вуглекислого газу / Є. О. Михайлова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 14-15 вересня 2023 р. – Харків : УКРНДІЕП, 2023. – С. 269-274.

4 Minx J. C., Lamb W. F., Callaghan M. W., Bornmann L. & Fuss S. (2017) [Fast growing research on negative emissions. Environmental Research Letters, 12.](http://surl.li/nrdci) URL: <http://surl.li/nrdci>.

Молчанов В.Ф., Часов Д.П., Латишев Д.В.
Дніпровський державний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ПРИ ШЛІФУВАННІ ДОДАТКОВИМ ЗМІЩЕННЯМ ОСІ

Основними напрямками розвитку машинобудування передбачено подальше підвищення точності, надійності і довговічності виготовлених виробів. Питання підвищення точності і надійності виробів вирішуються при одночасному зниженні термінів їх постановки на виробництво, автоматизації усіх виробничих процесів. Для підвищення точності і надійності виробів в машинобудуванні широко впроваджуються програмно-керовані верстати, гнучкі виробничі системи, роторні лінії, автоматичні дільниці і заводи. Для звичайних неавтоматизованих підприємств машинобудування при забезпеченні точності істотне значення мають робітник і наладчик, які налагоджують металорізальне устаткування і своєчасно усувають технологічні відмови. В умовах автоматизованого виробництва задана точність має бути забезпечена самою технологічною системою. Проблема забезпечення точності в цьому випадку є однією з найбільш складних. Для її вирішення необхідно виконати розробку спеціальних апаратурних засобів і систем керування технологічними операціями, створення нових підходів до аналізу процесів утворення поверхонь.

Метою дослідження є аналіз управління точністю обробки на шліфувальних верстатах [1].

Проведемо аналіз керування точністю обробки на шліфувальних верстатах. На операціях шліфування, широко поширених в машинобудуванні, відбувається кінцеве формування параметрів на точність.

Наявність у шліфованих деталей відхилень від співвісної (ексцентриситету) і радіального биття обумовлена такими головними причинами, як початкові похибки заготовок, похибки установки їх в пристосуванні, неточність верстата, технологічна спадковість.

Зниження радіального биття і ексцентриситету шляхом підвищення точності верстата, пристосування і зменшення початкових похибок заготовок не зав-

жди дозволяє вирішити завдання стабільного досягнення необхідної точності обробки. Це обумовлено тим, що верстат і настановні елементи пристосування внаслідок їх зносу так чи інакше знижують свої характеристики точності. При використанні високоточного устаткування збільшуються і витрати на обробку. Такий шлях зменшення радіального биття і ексцентриситету шліфованих деталей, як підвищення жорсткості технологічної системи, не завжди ефективний. Це повинно бути обґрунтовано для конкретних умов обробки. Подібна оцінка може бути виконана на основі моделювання з використанням математичних моделей і запропонованого алгоритму для розрахунку параметрів точності деталей.

На рисунку 1 показано процес виправлення ексцентриситету ϵ_0 , відображений кривою лінією 1. Як видно з графіку, для виготовлення деталі з $\epsilon_k = 0$ необхідно зробити нескінченно велике число обертів (проходів).

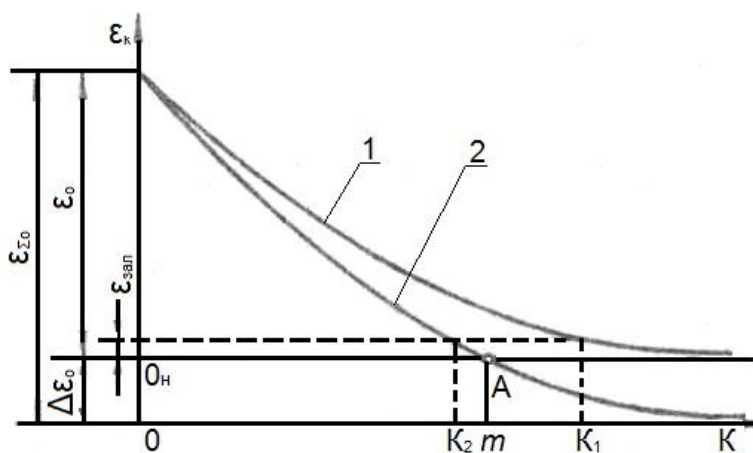


Рисунок 1 – Вплив числа виконаних проходів на величину залишкового ексцентриситету: крива 1 – без зміщення осей; крива 2 – з додатковим зміщенням осей

При шліфуванні запропонованим способом перед початком обробки утворюють додаткове зміщення осі зовнішньої поверхні деталі (точка 0_H) відносно осі обертання шпинделя передньої бабки верстата 0 на величину $\Delta\epsilon_0$ (рис. 1). Шліфувати при цьому необхідно до моменту досягнення ексцентриситетом $\epsilon_{\Sigma k}$ значення, рівного за величиною додатково створеному зміщенню осей $\Delta\epsilon_0$ (точка A).

З графіків видно, що для виправлення початкового ексцентриситету заготовки ϵ_0 при обробці зі зміщенням осей ($\Delta\epsilon_0 \neq 0$) потрібно менше число обертів (проходів) - точка K_2 , чим при обробці з поєднаними осями - точка K_1 ($\Delta\epsilon_0 = 0$). Прискорення процесу виправлення ексцентриситету при створенні додаткового зміщення осей обумовлене збільшенням знімання металу з боку більшого припуску за рахунок збільшення натягу в технологічній системі і зменшення знімання металу з боку меншого припуску.

Аналіз і порівняння даних показує, що застосування розробленого способу керування точністю обробки дозволяє прискорити процес виправлення похибок в 2-3 рази в порівнянні із звичайним шліфуванням. Наявність залишкового ексцентриситету деталей після обробки з додатково створеним зміщенням осей обумовлена похибками при проведенні експериментів і виникненням похибок, що утворюються в процесі шліфування.

Результати отриманих даних експериментів підтвердили правильність вибраних розрахункових залежностей і допущень.

Для реалізації розробленого способу у виробничих умовах може бути рекомендоване або попереднє сортування заготовок по групах з рівним початковим ексцентриситетом і наступна обробка з постійним додатковим зміщенням осей для кожної із груп, або оснащення верстата системою адаптивного керування.

ЛІТЕРАТУРА

1 Латишев Д.В., Молчанов В.Ф. Дослідження керування точністю обробки на шліфувальних верстатах / Збірник наукових праць Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції // Заг. ред. С. В. Ковалевського, д-ра техн. наук., проф., and Hon.D.Sc., Prof. Predrag Dašić – Краматорськ : ДДМА, 2023. –319 с.

Нагальська В.С., Михайлова Є.О.
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЛІГРАФІЇ

Зростаюча увага до сталого розвитку привела до інновацій у екологічно чистих матеріалах і екологічних технологіях друку. Екологічний папір, виготовлений із перероблених волокон, альтернативних джерел, таких як бамбук і конопі, набув популярності у зниженні впливу поліграфії на навколишнє середовище. Крім того, прогрес у екологічно свідомих друкарських технологіях таких як чорнило на основі сої та енергоефективні процес, мінімізує вуглецеві сліди та утворення відходів під час друку [1].

Екологічна поліграфія передбачає використання екологічно чистих матеріалів, які на 100 % піддаються біологічному розкладанню або переробці. Ці матеріали надходять від надійних постачальників, які майже не використовують хімічних речовин в обробці. Це може бути, наприклад, крафтовий картон, бавовна, бамбук. Іноді матеріал для друку може виглядати як звичайний некрейдований папір, але він використовує повністю перероблені волокна. Окрім паперу, екологічно чистий друк включає й іншу поліграфічну продукцію: крафтову упаковку, екологічно чисті ручки тощо.

Інвестиції в екологічні технології друку, такі як матеріали, що підлягають переробці, допомагають принтерам стати більш екологічними та задовольнити зростаючий попит клієнтів на екологічність. Знебарвлення – це процес видалення фарби з макулатури під час переробки. Важливими етапами процесу знебарвлення є вилучення пігменту чорнила з паперу, подрібнення чорнила до певного розміру та видалення його з целюлози. AccurioJet KM-1e Konica Minolta був протестований INGEDE, міжнародною асоціацією індустрії знебарвлення, для знебарвлення некрейдованого паперу, надрукованого за допомогою цієї системи. Технологія знебарвлення дозволяє відправляти папір на переробку [3].

Отже, екологічні підходи щодо виготовлення та застосування видавничо-поліграфічних матеріалів є ключовим фактором еволюції та сталого зростання галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Бернацек В. В. Екологія в поліграфічному виробництві / В. В. Бернацек, М. С. Мартинюк, П. М. Ривак // Квалілогія книги. – 2016. – № 2. – С. 75-79.

2 Чому потрібно інвестувати ЗАРАЗ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.konicaminolta.ua/uk-ua/ipp-blog/sustainability/chomu-potribno-investuvaty-zaraz> (дата звернення 04.07.2023).

Нечаєв В.П., Рязанцев А.О.
Криворізький національний університет

ЗМІНА СТРУКТУРИ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ В УМОВАХ ПЛАЗМОВО-МЕХАНІЧНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Скорочення терміну виготовлення продукції судо- та танкобудування багато в чому пов'язане з підвищенням продуктивності фрезерування кромок, фасок під зварювання й інших деталей, які є частинами міцного корпусу виробу. Обробка з плазмовим нагрівом припуску, незважаючи на певні складнощі, пов'язані з його застосуванням, є одним з найбільш продуктивних та економічно доцільних методів при обробці високолегованих матеріалів. Характер та обсяг протікання явищ при плазмовому-механічному фрезеруванні (ПМФ) залежить від теплофізичних властивостей оброблюваного матеріалу, швидкості відносного переміщення заготовки та джерела плазмового випромінювання, теплової потужності плазмової дуги. Змінюючи зазначені параметри, можна досягти збільшення ступеня прояву тієї сторони плазмового впливу на матеріал заготовки, домінування якої вважається доцільним [1].

Діаграми зміни температур, отримані з результатів теоретичного й експериментального дослідження теплових полів від впливу плоского швидкорухомого джерела, показують, що при плазмовому нагріванні деталі глибина структурних перетворень залежить від потужності джерела нагрівання, швидкості охолодження та теплофізичних властивостей матеріалу.

Заготовки, нагріті до температури A_{c3} і піддані деформуванню, при наступному остиганні проходять послідовно ряд етапів розпаду переохолодженого аустеніту. У результаті утворюється досить складна структура металу, що складається з верхнього та нижнього бейніту (двофазна суміш кристалів фериту та цементиту), мартенситу та залишкового аустеніту. Ферит має низьку міцність і високу пластичність. Якщо в результаті термообробки частки цементиту укрупнюються, то звільняється деякий обсяг фериту, і здатність сталі до пластичної деформації збільшуються, зростає пластичність. У результаті високого нагрівання ($\theta > 500^{\circ}C$) шари металу, розташовані нижче аустенітної структури, отриманої в

результаті плазмового нагрівання, перетерплюють високий відпуск. При цьому відбувається: розпад мартенситу, що полягає у виділенні вуглецю у вигляді карбідів; розпадається залишковий аустеніт, відбуваються карбідні перетворення та коагуляція карбідів, зменшуються недосконалості кристалічної будови та залишкові напруги [2]. Якщо при повільному нагріванні зняття внутрішніх напружень і коагуляція карбідних часток відбувається в діапазоні 300...400 °С, то при високошвидкісному нагріванні, як при ПМФ, температура перетворень зростає (500...700 °С). При цих температурах зберігається тенденція падіння твердості й інших показників міцності, тоді як пластичність зростає.

Вибір раціональних режимів нагрівання при ПМФ титанових сплавів представляє такий же практичний інтерес, як і нагрівання сталі. Явища, що відбуваються в поверхневих шарах сплаву ВТ6 при плазмовому нагріванні, можуть мати специфічні особливості в порівнянні з описаними вище для легованої сталі. До складу ВТ6 входять 5...6 % Al і 3,5...4,5 % V, який є стабілізатором β – фази, знижує крапку перетворення гомогенного β – твердого розчину до 700 °С та збільшує пластичність матеріалу. ВТ6 є одним з найбільш застосовуваних сплавів, які за порівняно малу схильність до знеміцнення вважають жароміцними. Але й у цих сплавів міцність при 300°С на 20...30% нижче, чим при 200°С, а з подальшим підвищенням температури міцність падає ще швидше. Теоретичні розрахунки показують можливість нагрівання припуску до температури утворення області гомогенного β – твердого розчину (882,5 °С). При високій швидкості охолодження (як при ПМФ) для титанових сплавів із вмістом регулюючого елемента близько 5 %, після термообробки може бути зафіксована β – структура, що дозволяє забезпечувати даному шару припуску запас пластичності. Нижні ж шари припуску, які менш нагріті та їх температура до моменту фрезерування $\theta = 300$ °С, мають кращу оброблюваність у результаті термічного знеміцнення. Температура обробленої поверхні після ПМФ не повинна перевищувати 500 °С, тому що відбудеться насичення її газами та погіршення якості.

Аналіз результатів розрахунків і експериментального дослідження теплових процесів при ПМФ дозволяють зробити наступні висновки:

1. В умовах ПМФ раціональним слід уважати таке співвідношення розмірів теплового джерела, його швидкості та теплової потужності, при якому температура поверхні, що нагрівається, на задній межі плями нагрівання досягає, але не перевищує температури плавлення для даного матеріалу.

2. У процесі нагрівання й охолодження шари зрізаного припуску металу випробовують різні термічні цикли, внаслідок чого відбуваються структурні перетворення в одних випадках, або теплове знеміцнення в інших, підвищується пластичність оброблюваного матеріалу.

3. Плазмове нагрівання не має впливу на зміну фізико-механічних властивостей поверхні деталей, оброблених на раціональних режимах ПМФ.

4. Прийняте доцільним, щоб джерело нагрівання відповідало наступним критеріям: відсутність оплавлення оброблюваної поверхні; забезпечення рівномірної глибини структурних перетворень у матеріалі припуску; можливість регулювання плями нагрівання до розміру ширини фрезерування та більше.

ЛІТЕРАТУРА

1 Нечаєв В.П. Дослідження можливості плазмово-механічної обробки деталей обладнання для суднобудування / В.П. Нечаєв, А.О. Рязанцев // Shipbuilding & marine infrastructure / Суднобудування і морська інфраструктура. – 2018. – Т.2, №10. – С.199–203.

2 Нечаєв В.П. Критерії вибору джерела нагріву для умов поверхневої плазмової обробки / В.П. Нечаєв, А.О. Рязанцев // Вісник Криворізького технічного університету. – 2011. – № 29. – С. 172–176.

Неженцев О.Б.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ВАНТАЖОПІДЙМАЛЬНИХ КРАНІВ

Проблема зниження енергоспоживання вантажопідіймальних кранів є дуже актуальною оскільки вони є одними з найменш ефективних за енергоспоживанням машинами та мають дуже низькі коефіцієнти корисної дії. Надмірне споживання енергії більшістю вітчизняних вантажопідіймальних кранів є наслідком застосування застарілих систем керування крановими механізмами та незадовільним технічним станом. В цей же час руйнування російським агресором енергетичних об'єктів призводить до дефіциту електроенергії та необхідність її закупівлі за кордоном.

Через воєнний стан і низку економічних негараздів в країні, темпи оновлення парку вантажопідіймальних кранів значно нижче темпів зростання числа енергонеефективних машин з простроченими нормативними термінами експлуатації. В даний час понад 85 % вантажопідіймальних кранів виробили нормативний ресурс. До закінчення воєнних дій в Україні, а також на протязі деякого часу після цього зазначена проблема буде тільки загострюватися.

Пропонується удосконалена система моніторингу енергоспоживання вантажопідіймальних кранів, яка базується на встановленому функціональному зв'язку між змінами втрат енергії при експлуатації кранів і технічним станом останніх. Погіршення технічного стану складових кранових механізмів (ходових коліс, гальм, канатних блоків, барабанів, зубчастих коліс і ін.), а також релейно-контакторної апаратури, обмоток електродвигунів, приладів безпеки і т.д., призводить до втрат енергії та в цілому - енергоспоживання кранів.

Для дослідження перехідних процесів механізмів підйому вантажів та механізмів пересування мостових кранів удосконалено математичні моделі, які враховують нелінійні механічні характеристики асинхронних електроприводів, пружні та в'язкі характеристики елементів приводів, канатів та кранових металокопункцій [1, 2]. Математичні моделі (у вигляді систем нелінійних диференціальних рівнянь) описують рух мостових кранів, представлених багатомасовими

динамічними моделями, в різних процесах розгону і гальмування механізмів пересування кранів, підйому та опускання вантажів (в тому числі: багатоступінчастий пуск по нелінійним механічним характеристикам, пуск при частотному регулюванні, гальмування противмиканням, електродинамічне гальмування, гальмування колодковим гальмом та ін.). Інтегрування систем нелінійних диференціальних рівнянь здійснювалося чисельним методом Рунге-Кутта за допомогою розроблених пакетів комп'ютерних прикладних програм [3, 4].

Встановлено вплив різних факторів на втрати енергії і енергоспоживання вантажопідіймальних кранів в рухомих та гальмівних режимах. Побудовані залежності енергоспоживання електроприводу механізму підйому від висоти, на яку піднімають вантаж; моменту інерції ротора двигуна, муфт і гальмівного шківів. Досліджено зміни енергоспоживання приводу механізму пересування крана від тривалості та швидкості пересування крана, маси металоконструкції крана і вантажу, стану підкранових колій, кутів установки ходових коліс, неодноразовості спрацьовування гальм роздільного електроприводу.

Побудовано та проаналізовано поліноміальні залежності, що пов'язують величину енергоспоживання з параметрами, які характеризують технічний стан вантажопідіймальних кранів. За результатами багатофакторного аналізу визначено шляхи зниження втрат енергії в кранових механізмах. Удосконалено концепцію моніторингу енергоспоживання та втрат енергії вантажопідіймальних кранів [5]. З метою накопичення, обробки та аналізу результатів моніторингу вантажопідіймальних кранів і довідково-статистичної інформації розроблено автоматизований програмний комплекс [6].

Виконані дослідження дозволили підвищити точність розрахунку втрат енергії кранів на 13...25 %, знизити динамічні навантаження - на 20...30 %, амплітуду розгойдування вантажу - в 2...2,5 рази, а також визначити ефективні шляхи зниження енергоспоживання вантажопідіймачів кранів без зменшення їх продуктивності.

ЛІТЕРАТУРА

1 Неженцев О.Б. Зниження динамічних навантажень при гальмуванні мостового крана шляхом оптимізації механічної характеристики електроприводу // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування. – К., 2015, Вип. №3(75). – С. 151–158.

2 Неженцев А.Б., Аветисян С.М., Зябров Д.А. Моделирование потерь энергии при работе механизма подъема крана // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля, №7(77), частина 2. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2004. – С. 117-123.

3 Аветисян С.М., Неженцев А.Б. Програмное обеспечение для исследования переходных процессов грузоподъемных кранов (часть 1: при работе механизмов передвижения) // Підйомно-транспортна техніка, № 4(8). - Дніпропетровськ, 2003. – С. 33-48.

4 Аветисян С.М., Неженцев А.Б. Програмное обеспечение для исследования переходных процессов грузоподъемных кранов (часть 2: при работе механизмов подъема грузов) // Підйомно-транспортна техніка, № 1(9). - Дніпропетровськ, 2004. – С. 83-95.

5 Неженцев А.Б. Концепция мониторинга энергопотребления грузоподъемных машин // [Електронний ресурс] Наукові вісті Давидівського університету, №7, 2012 р. Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012-7/12nabegm.pdf>.

6 Неженцев О.Б., Аветисян С.М. Програмне забезпечення для обробки інформації про технічний стан вантажопідіймачів кранів // Priority directions of science development. Abstracts

of the 1st International scientific and practical conference. (October 28-29, 2019) SPC «Sci-conf.com.ua», Lviv, Ukraine. 2019. Pp. 117-122.

Новіков Г.В.
Науковий центр НТК «Ельбор»

ВИШЛИ У СВІТ МОНОГРАФІЯ ТА НАВЧАЛЬНІ ПОСІБНИКИ, ПРИСВ'ЯЧЕНІ ПРОБЛЕМАМ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНІЙ МЕХАНІЦІ

У цьому році видавництвом «Ліра» (м. Дніпро) видано монографію та два навчальні посібники:

Новіков Ф. В. Теоретико-імовірнісний підхід у теорії шліфування [Електронний ресурс]: монографія / Ф. В. Новіков, Г. В. Новіков. – Дніпро: ЛІРА, 2023. – 484 с. ISBN 978-966-981-800-3. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/30087>

Новіков Ф. В. Технології створення машин: навчальний посібник / Ф. В. Новіков, Д. Ф. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро: ЛІРА, 2023. 484 с. ISBN 978-966-981-822-5 URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/30539>

Новіков Ф. В. Технічна механіка: навч. посібник / Ф. В. Новіков, Д. Ф. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро: ЛІРА, 2023. 328 с. ISBN 978-966-981-791-4 URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/30012>



У монографії «Теоретико-імовірнісний підхід у теорії шліфування» обґрунтовано сутність та переваги застосування теоретико-імовірнісного підходу у теорії шліфування порівняно із традиційним кінематико-геометричним підходом до визначення та оптимізації технологічних параметрів шліфування. Наведено

теоретичні рішення, отримані на основі теоретико-імовірнісного підходу, що дозволяють значно підвищити параметри якості, точності та продуктивності обробки. Показано ефективність застосування теоретико-імовірнісного підходу до розроблення високопродуктивних технологічних процесів алмазного шліфування, що забезпечують створення конкурентоспроможної машинобудівної продукції. Розроблено методики вибору раціональних структур та параметрів операцій алмазного шліфування.

У навчальному посібнику "Технології створення машин" розглянуто історичні етапи та основні напрями розвитку технологій створення машин, включаючи інноваційні процеси та високі технології. Наведено основні поняття та визначення у технологіях, технології виробництва чорних і кольорових металів, технології отримання різних видів заготовок (методами лиття, обробкою металів тиском, зварюванням металів, термічною і хіміко-термічною обробкою сталей) та деталей машин (обробкою металів різанням), технології складання машин. Показано ефективність модернізації підприємства сучасними технологіями і металорізальними верстатами із ЧПУ типу "обробний центр" із застосуванням ріжучих лезових твердосплавних і керамічних інструментів зі зносостійкими покриттями. Запропоновано практичні рекомендації.



У навчальному посібнику «Технічна механіка» розглянуто загальні питання, визначення та теоретичні основи технічної механіки, яка містить теоретичну механіку – статику, кінематику і динаміку; опір матеріалів; деталі машин. Наведено розрахунки реакцій опор і механічних напружень в елементах конструкцій в умовах розтягання, стиску, зрізу (зсуву), зминання, вигину, крутіння та обґрунтовано можливості визначення їх конструктивних параметрів за умов забезпечення міцності та жорсткості. Проведено аналіз характеристик основних типів деталей машин (передач, деталей обертання, з'єднань) та методів їх розрахунку. Розглянуто параметри якості деталей машин та методи їх оцінювання, те-

хнологічне забезпечення виготовлення деталей машин. Наведено приклади розв'язання задач із технічної механіки, які допоможуть студентам під час виконання завдань самостійної роботи.

Новіков Ф.В.
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АБРАЗИВНОГО ПОЛІРУВАННЯ

Застосування абразивного полірування є важливим напрямом забезпечення високої якості механічної обробки завдяки можливості значного зменшення висот мікронерівностей, які утворюються на оброблюваній поверхні. У роботі [1] показано, що параметр шорсткості поверхні R_a може приймати значення менше 0,1 мкм під час абразивного полірування пастою АСМ 1/0 сплаву АМг4. При цьому відношення параметрів шорсткості поверхні R_{max} / R_a може досягати значення 30 і більше. Для розкриття цієї закономірності розроблено математичну модель визначення параметрів шорсткості поверхні R_{max} і R_a за умови абразивного полірування зернами однакового розміру (у формі сфери) із їх одновисотним розташуванням на робочій поверхні інструменту (рис. 1). Параметр R_{max} визначається величиною перекриття H проєкцій зерен розміром R на обробленій поверхні. Параметр R_a визначається за умови рівності площ, які займають мікровиступи та мікрозападини на обробленій поверхні [1].

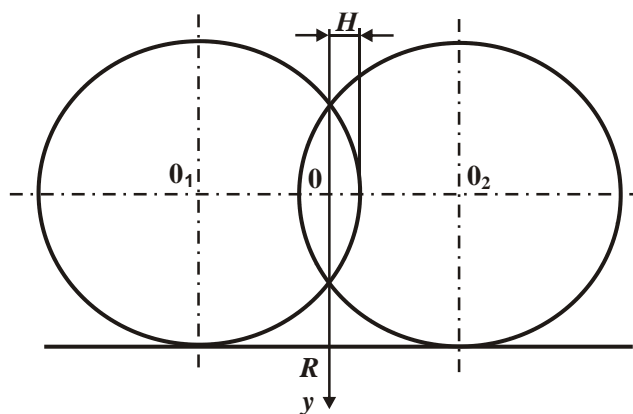


Рисунок 1 – Розрахункова схема визначення параметрів шорсткості поверхні із урахуванням взаємного перекриття проєкцій ріжучих зерен

У результаті розрахунків встановлено (табл. 1), що зі зміною відношення параметрів H/R відношення параметрів R_a/R значно зменшується, а відношення параметрів R_{max} / R_a , навпаки, значно збільшується, приймаючи значення більше 30. Із фізичної точки зору це пов'язано зі збільшенням кількості абразивних зерен, які приймають участь у формуванні шорсткості обробленої поверхні.

Із табл. 1 також витікає, що зі зменшенням радіусу зерна R (за заданим значенням відношення параметрів H/R) параметри шорсткості поверхні R_{max} і R_a пропорційно зменшуються. Це указує на ефективність застосування дрібнозернистих абразивних зерен.

Таблиця 1 – Розрахункові значення відношень R_a/R , R_{max}/R_a і R_{max}/R

H/R	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	0,9
R_a/R	0,1813	0,1177	0,0774	0,0495	0,03	0,01692	0,001035	0,0001285
R_{max}/R_a	5,51	4,79	5,17	5,78	6,65	7,91	19,53	39
R_{max}/R	0,99	0,5638	0,4	0,2861	0,1995	0,1338	0,02	0,005

Слід зазначити, що в умовах шліфування відношення параметрів R_{max}/R_a , як правило, не перевищує значення 10. Це пов'язано із тим, що в умовах шліфування значно менше абразивних зерен приймає участь у процесі формування шорсткості поверхні порівняно із процесом абразивного полірування.

Розрахунками також встановлено, що за умови моделювання ріжучої частини абразивних зерен у формі конуса відношення параметрів R_{max}/R_a приймає постійне значення, рівне 4, незалежно від кількості абразивних зерен, які приймають участь у формуванні шорсткості обробленої поверхні. При цьому параметр шорсткості поверхні R_a приймає значно більші значення порівняно із умовами обробки абразивними зернами у формі сфери. Виходячи із цього, для зменшення параметра R_a необхідно застосовувати абразивні зерна овалізованої форми, які виключають утворення глибоких рисок-подряпин на обробленій поверхні. Як встановлено експериментально, під час абразивного полірування зернами овалізованої форми (зернистістю 1/0) параметр R_a може досягати значень, близьких до 0,01 мкм. Тоді відношення $R_a/R = 0,01$. Відповідно, відношення параметрів $H/R = 0,7$ (табл. 1); $H = 0,7$ мкм. Отже, у цьому випадку досягається значне перекриття проекцій абразивних зерен на обробленій поверхні під час абразивного полірування. Тобто у формуванні шорсткості обробленої поверхні приймає участь у 3,3 рази більше абразивних зерен порівняно із випадком $H = 0$.

Відношення параметрів за фізичною сутністю відповідає відомому відношенню a_z/R , де a_z – товщина зрізу a_z окремим абразивним зерном. За експериментальними даними професора Богомолова М. І., процес мікрорізання здійснюється за умови $a_z/R = 0,04 \dots 0,08$. За менших значень відношення a_z/R відбувається лише пружно-пластичне деформування оброблюваного матеріалу без утворення мікростружок. Тому найменших значень параметра R_{max} можна досягти в умовах переходу від процесу мікрорізання до процесу пружно-пластичного деформування оброблюваного матеріалу. Як витікає із табл. 1, процес пружно-пластичного деформування оброблюваного матеріалу починається за умови $H/R = 0,7$ (якщо $a_z/R = 0,08$). Це указує на достовірність розробленої математичної моделі визначення параметрів шорсткості поверхні.

ЛІТЕРАТУРА

1 Новіков Ф. В. Основи обробки металевих виробів з оптичними властивостями : монографія / Ф. В. Новіков, В. Г. Шкурупій. – Харків: ХНЕУ імені С. Кузнеця, 2015. – 388 с.

УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЯКІСНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Підвищити якість обробки деталей машин можна, в першу чергу, зменшенням температури різання, особливо, на операціях переривчастого шліфування (рис. 1 [1, 2]). Для оцінювання його технологічних можливостей отримано аналітичні залежності температури різання при шліфуванні суцільним кругом та переривчастим кругом:

$$\left(1 - \frac{\theta}{\theta_{max}}\right) \cdot e^{\frac{\theta}{\theta_{max}}} = e^{-\frac{c \cdot \rho \cdot V_{риз0}^2 \cdot \tau_0}{\lambda}}; \quad \left(1 - \frac{\theta}{\theta_{max}}\right) \cdot e^{\frac{\theta}{\theta_{max}}} = e^{-\frac{c \cdot \rho \cdot V_{риз}^2 \cdot \tau_{вист}}{\lambda}}, \quad (1)$$

де $\theta_{max} = \sigma / (c \cdot \rho)$ – максимальна температура різання, град.; σ – умовне напруження різання, Н/м²; c – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·град.); ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м³; λ – коефіцієнт теплопровідності оброблюваного матеріалу, Вт/м·град.; $V_{риз0}$, $V_{риз}$ – швидкості перерізання адіабатичного стержня суцільним та переривчастим кругами, м/с; $\tau_0 = \tau_{вист} + \tau_{виріз}$ – час обробки суцільним кругом, с; $\tau_{вист} = l_{вист} / V_{кр}$, $\tau_{виріз} = l_{виріз} / V_{кр}$ – час проходження зони різання робочим виступом та вирізом переривчастого круга, с; $l_{вист}$, $l_{виріз}$ – довжини робочого виступу і вирізу переривчастого круга, м; $V_{кр}$ – швидкість круга, м/с.

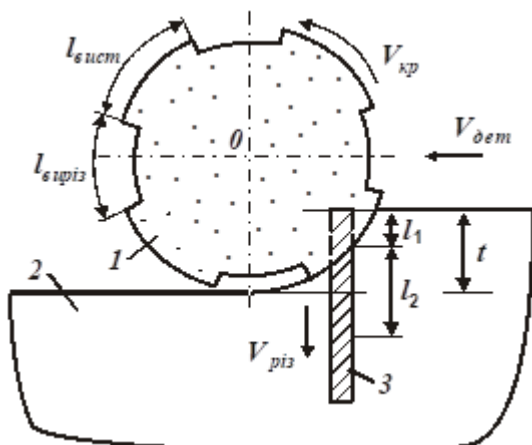


Рисунок 1 – Розрахункова схема температури різання при переривчастому шліфуванні: 1 – круг; 2 – деталь; 3 – адіабатичний стержень

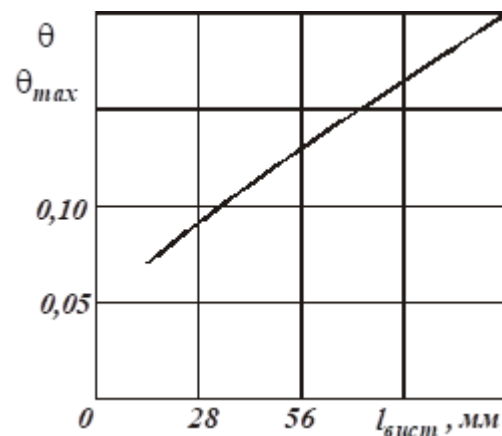


Рисунок 2 – Залежність відношення θ / θ_{max} від $l_{вист}$ (оброблюваний матеріал – сталь ШХ15; $V_{риз} = 3,33 \cdot 10^{-3}$ м/с; $V_{кр} = 30$ м/с)

За мови $V_{різ} \cdot \tau_{вист} = V_{різ0} \cdot \tau_0$ друга залежність (1) приймає вигляд:

$$\left(1 - \frac{\theta}{\theta_{max}}\right) \cdot e^{\frac{\theta}{\theta_{max}}} = e^{-\frac{c \cdot \rho \cdot V_{різ0}^2}{\lambda} \left(\sqrt{\tau_{вист}} + \frac{\tau_{виріз}}{\sqrt{\tau_{вист}}}\right)^2} \quad (2)$$

Як видно, має місце екстремальний характер відношення θ / θ_{max} від $\tau_{вист}$. Екстремум відношення θ / θ_{max} досягається за умови $\tau_{вист} = \tau_{виріз}$. Тоді

$$\left(1 - \frac{\theta}{\theta_{max}}\right) \cdot e^{\frac{\theta}{\theta_{max}}} = e^{-\frac{4 \cdot c \cdot \rho \cdot V_{різ0}^2 \cdot l_{вист}}{\lambda \cdot V_{кр}}} \quad (3)$$

Тому для зменшення температури різання θ при переривчастому шліфуванні, виходячи із залежності (3), необхідно зменшувати довжину робочого виступу переривчастого круга $l_{вист}$ (рис. 2), збільшувати кількість робочих виступів на переривчастому крузі та швидкість круга $V_{кр}$.

У роботі проведено оцінювання енергоємності обробки та максимальної температури різання θ_{max} за експериментальними даними. Для цього використано залежність енергоємності обробки (питомої роботи шліфування)

$$A_{нит} = \frac{N}{Q} = \frac{P_z \cdot V_{кр}}{Q} = \frac{\sigma \cdot S_{сум} \cdot V_{кр}}{Q} = \sigma, \quad (4)$$

де $N = P_z \cdot V_{кр}$ – потужність шліфування, Вт; $Q = B \cdot t \cdot V_{дет}$ – продуктивність шліфування, мм³/с; $P_z = \sigma \cdot S_{сум}$; $S_{сум} = Q / V_{кр}$ – сумарна миттєва площа поперечного перерізу зрізу всіма одночасно працюючими зернами круга, м².

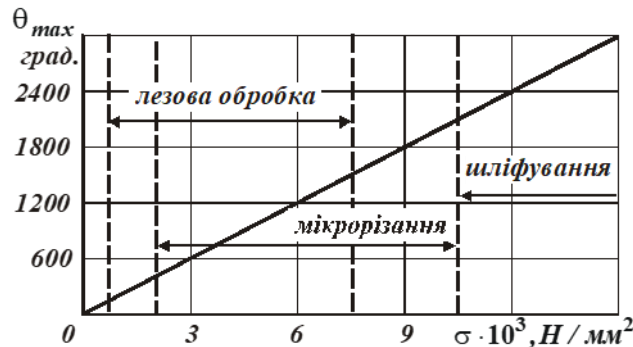


Рисунок 3 – Залежність θ_{max} від σ для сталі 45 – $c \cdot \rho = 5 \cdot 10^6$ Дж/(м³·град).

На рис. 3 наведено розрахункові значення максимальної температури різання $\theta_{max} = \sigma / (c \cdot \rho)$ із урахуванням відомих експериментальних значень умовного напруження різання σ . При шліфуванні θ_{max} приймає найбільші значення, що обумовлено інтенсивним тертям зв'язки круга із оброблюваним матеріалом. Зменшити інтенсивність тертя у зоні різання та θ_{max} і θ можна шляхом застосування переривчастого шліфування, а також ефективних технологій електроерозійного правлення алмазних кругів на металевих зв'язках. Однак більш ефекти-

вним шляхом зменшення температури різання θ є перехід від шліфування до лезової обробки, яка характеризується значно меншими значеннями σ і θ_{max} .

ЛІТЕРАТУРА

1 Теплофізика механічної обробки : підручник / О. В. Якимов, А. В. Усов, П. Т. Слободяник та ін. – Одеса: Астропринт, 2000. – 256 с.

2 Новіков Ф. В. Високопродуктивне алмазне шліфування : монографія / Ф. В. Новіков. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2014. – 412 с.

Оборський Г.О., Бундюк А.М., Моргун Б.О.
Національний університет «Одеська політехніка»,

ВПЛИВ МІДНОЇ СПІРАЛІ НА ПРОЦЕС ЕЖЕКЦІЇ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ТРУБИ БАЙПАСУ

У даній роботі пропонується розрахунок швидкостей потоків при використанні ежектора для охолодження гарячої циліндричної труби за рахунок всмоктування прохолодного повітря у камеру змішування. Дія ежектора заснована на розрідженні, що створюється у ньому струминою іншого газу (пари, рідини), яка швидко рухається. Це явище носить назву ежекція [1].

В роботі використовується принцип ежекції для охолодження байпасної труби котлоутилізатора КЕУ (рис. 1).

По байпасу протікає потік газів, що йдуть з турбіни з високою температурою. Труба байпасу перегрівается і має підвищений знос. Для запобігання такого зносу пропонується її охолодження з допомогою ежектора (рис. 2).

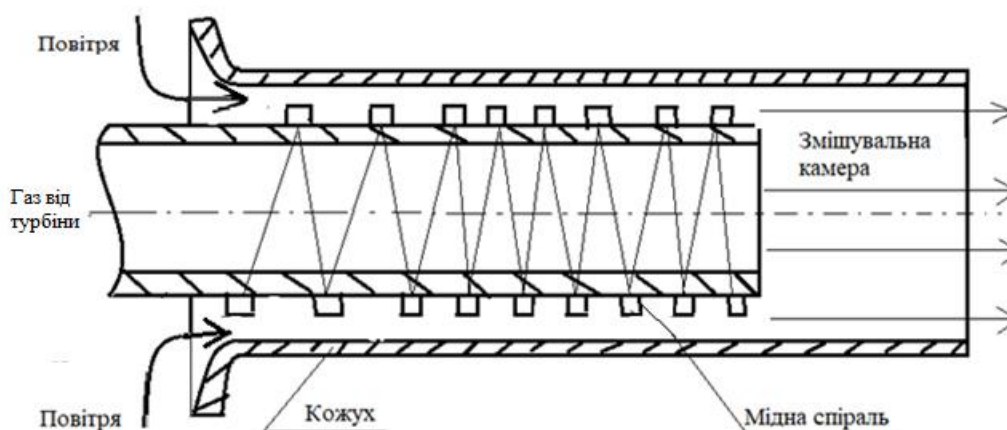


Рисунок 1 – Принципова схема ежектора з мідною спіраллю

Повітря із зовнішнього середовища засмоктується ежектором у міжтрубний простір, що приводить до охолодження газової труби байпасу. Труба обмотана мідною спіраллю.

Витрата газу після турбіни дорівнює $G_4 = 11,58$ кг/с [3]. Витрата газу через байпас G_B дорівнює 10 % від G_4 , тобто $G_B = 1,158$ кг/с. Густина газу при температурі $t_4 = 585$ °С дорівнює $\rho_G = 0,414$ кг/м³. Внутрішній діаметр труби байпасу дорівнює $d_{BB} = 0,15$ м. Площа перетину F_{BB} газової труби байпасу дорівнює:

$$F_{BB} = \pi * d_{BB}^2 / 4 = 3,14 * 0,15^2 / 4 = 0,018 \text{ м}^2.$$

Мідна спіраль на газовій трубі перетворює ламінарний потік повітря у турбулентний з коефіцієнтом турбулентності $K_T = 1,4$.

При таких даних швидкість газу у байпасі ω_1 визначається:

$$\omega_1 = K_T * G_B / (\rho_G * F_{BB}) = 1,4 * 1,158 / (0,414 * 0,018) = 217 \text{ м/с}.$$

Приймаємо коефіцієнт ежекції $n = 2$, при цьому витрата повітря G_{II} дорівнює:

$$G_{II} = n * G_B = 2 * 1,158 = 2,316 \text{ кг/с}.$$

Густина повітря ρ_{II} при температурі $t_{II} = 20$ °С дорівнює $\rho_{II} = 1,225$ кг/м³. Товщина стінки байпасної труби дорівнює 4 мм. Площа перетину F_{II} при внутрішньому діаметрі кожуха $d_{KB} = 0,35$ м дорівнює:

$$F_{II} = F_K - F_{B3} = \pi / 4 * (d_{KB}^2 - d_{B3}^2) = 3,14 / 4 * (0,35^2 - 0,158^2) = 0,077 \text{ м}^2$$

Швидкість повітря у міжтрубному просторі ω_2 дорівнює:

$$\omega_2 = K_T * G_{II} / (\rho_{II} * F_{II}) = 1,4 * 2,316 / (1,225 * 0,077) = 35 \text{ м/с}.$$

Для аналізу отриманих результатів зведемо їх у таблицю.

Таблиця – Результати розрахунку

Труба байпасу		Кожух ежектора					
d_{BB} , м	w_1 , м/с	d_{KB} , м	w_2 , м/с	d_{KB}	w_2 , м/с	d_{KB}	w_2 , м/с
0,15	155	0,25	91	0,30	53	0,35	35
0,30	40	0,40	53	0,45	31	0,50	22

Використання мідної спіралі змінює ламінарний потік на турбулентний, що значно поліпшує тепловідвід.

ЛІТЕРАТУРА

1 Бундюк А.М. Розрахунок швидкості повітряного потоку при охолодженні порожнистих циліндричних тіл / Г.О. Оборський, А.М. Бундюк, Б.О. Моргун // Наукові праці ОНАХТ, 2022. С. 35-38.

2 Бундюк А.Н. Выбор экономичной схемы регенерации тепла когенерационной энергетической установки / Ю.К. Годорцев, О.С. Тарахтий, А.Н. Бундюк // – Харьков, Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2/8 (78), 2015. С. 17-22.

3 Бундюк А.М. Дослідження динамічних характеристик теплового контуру когенераційної енергетичної установки при зміні її електричного навантаження / Г.О. Оборський, А.М. Бундюк / Наукові праці ОНАХТ, том 83, випуск 2, – Одеса, 2019.

ДИНАМІЧНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНО-ФОНОННА МОДЕЛЬ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛУ РІЗАННЯМ

Запропонована теплоенергетично-фоновна модель обробки матеріалу різанням, яка надає можливість принципово по-новому поглянути на контроль та управління прецизійними процесами свердління і фрезерування заготовок з металів та волоконнозміцнених композитних матеріалів.

Особливо актуальними є розробки новітніх технологій контролю при виготовленні деталей для сучасного автотранспорту, літальних апаратів, катерів і спецконструкцій.

Відомо, що процеси механічної обробки матеріалів різанням супроводжуються локальним нагріванням матеріалу в зоні контакту матеріалу з інструментом [1, 2], а також процесами електромагнітної і акустичної емісії [3]. Саме це обумовило вибір термодинамічного підходу для моделювання процесів різання і побудови відповідної термодинамічної моделі руйнування матеріалу при його обробці.

Нами була сформульована і прийнята робоча гіпотеза, яка пов'язує часові затримки перерозподілу тепла в матеріалі із структурними неоднорідностями матеріалу в зоні обробки. Вибирається тривалість дії оброблюваного інструменту Δt_t , оскільки протягом цього часу інструмент вносить нові пошкодження в структуру заготовки. Передбачається також, що затримка корелює з тривалістю перерозподілу тепла Δt_d від точки, де тепло було виділено, до розрахункової точки. З іншого боку, припускається, що затримка часу обернено пропорційна до величини загального часу Δt_Σ поширення тепла від початку дії інструменту до моменту часу, для якого потрібно знайти розв'язок у вигляді температурного поля. Таким чином, припускається, що затримка часу має вигляд: $\tau_l = d_m \cdot \Delta t_t \cdot \Delta t_d / \Delta t_\Sigma$, де d_m – параметр ініційованої пошкодженням затримки часу, який характеризує пошкодження матеріалу заготовки внаслідок механічних навантажень, а також теплових ефектів, викликаних обробкою. Запропонована модель еволюції температурного поля $T(x, y, z, t)$ в часі має вигляд:

$$T(x, y, z, t) = \int_{t-t_e}^{t-t_s - q \cdot \exp(K_p \cdot [y^2 \cdot (F_s + K_k \cdot F_c) + y \cdot \sin 2\varphi_0 \cdot (1 - K_k) \cdot v_f \cdot (t - \tau_l) + L \cdot v_f^2 \cdot t^2])} \frac{4 \cdot (t - \tau_l) \cdot \sqrt{-\pi \cdot K_p \cdot L \cdot \sqrt{k_{\parallel} \cdot k_{\perp}}}}{\cdot \exp\left(\frac{-K_p \cdot M^2}{4 \cdot L}\right) \cdot \left(\operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{-K_p} \cdot [M + 2L \cdot (x + l)]}{2 \cdot \sqrt{L}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{-K_p} \cdot [M + 2L \cdot (x - l)]}{2 \cdot \sqrt{L}}\right)\right)} \cdot dt,$$

$$L = \cos^2 \varphi_0 + K_k \cdot \sin^2 \varphi_0, \quad M = (y \cdot \sin 2\varphi_0 \cdot (1 - K_k) + L \cdot 2 \cdot v_f \cdot (t - \tau_l)),$$

$$K_p = -\frac{\rho \cdot c}{4 \cdot (t - \tau_l)} \cdot \frac{1}{k_{\parallel}}, \quad K_k = \frac{k_{\parallel}}{k_{\perp}},$$

де t_s та t_e – час початку та кінця обробки; v_f – швидкість подачі; q – тепловий потік від локальної оброблюваної ділянки заготовки як від джерела теплової

енергії, що вивільняється внаслідок руйнування і пошкодження матеріалу оброблювальним інструментом; φ_0 – кут волоконного армування; k_{\parallel} та k_{\perp} – теплопровідність волоконнозміцненого матеріалу у поздовжньому та поперечному напрямках; ρ та c – густина та теплоємність матеріалу; τ_l – часова затримка перерозподілу енергії, пропорційна розглянутому параметру пошкодження d_m . У цьому дослідженні було прийнято припущення, що чим більше пружні коливання в заготовці послаблюються в процесі пошкодження та нагрівання внаслідок механічної обробки, тим більша затримка часу. Тому було запропоновано оцінити значення цього параметра за допомогою аналізу пружних коливань заготовки, який реалізовано в акустичному діапазоні частот. Це обумовлює розкладання залежного від часу сигналу $A(t)$ на частотні спектральні компоненти $\int_{-\infty}^{\infty} A(t) e^{-i2\pi ft} dt$, вибір частотних діапазонів $[f_i; f_{i+1}]$, де спостерігається кореляція з максимальними вимірними змінами температури, та розрахунок потужності акустичного сигналу $P_a(t_i)$ залежно від поточного моменту t_i за загальним часом t_m обробки заготовки:

$$P_a(t_i) = \lim_{t_m \rightarrow \infty} \frac{1}{t_m} \int_{t_i - t_m/2}^{t_i + t_m/2} |A(t)|^2 dt.$$

Рис. 1. ілюструє запропонований підхід до механічної обробки різанням як процесу керованого руйнування матеріалу.

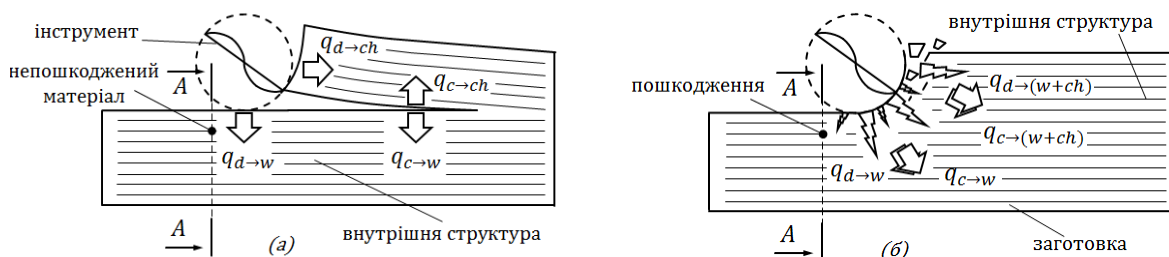


Рисунок 1

На рис. 1.а показана ідеалізована оптимальна обробка, коли руйнування матеріалу формується точно вздовж наміченої траєкторії обробки. На відміну від цього, у випадку реальної ситуації, рис. 1.б, в зоні взаємодії інструмента і заготовки утворюються додаткові пошкодження, що призводить до нагрівання.

Такий підхід розширює сучасні можливості контролю процесів механічної обробки різанням акустичними методами діагностики.

ЛІТЕРАТУРА

1 Олефір А.О., Канашевич Г.В. Метод оперативного акустичного контролю свердління композитних матеріалів. – Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Одеса, 2022. – Р. 99.

2 Hintze W. CFK-Bearbeitung Trenntechnologien für Faserverbundkunststoffe und den hybriden Leichtbau. – Berlin, 2021. – 412 с.

3 Astanin, V.V., Shchegel, A.A. Probability approach to the problem of impact-induced damage simulation of composite plates. – Strength Mater., 49(2), 2017. – P. 280-291.

ANALYTICAL STUDY OF THE LEAD ANGLE OF A TAPERED THREAD

Most of the pipe joints used in the oil and gas industry are conical. In their production, lathes with special carbide inserts are most often used. The profile of these inserts is identical to the thread profile. The angle of installation of these inserts relative to the axis of the thread is calculated depending on the lead angle of the thread. However, this angle is variable and the algorithm for its calculation (1), which is recommended by leading manufacturers, is not perfect:

$$\psi = \arctan \frac{P}{2(d_3 + P \cdot \operatorname{tg}(\varphi)n)}, \quad (1)$$

where d_3 – thread crest diameter of minor cone side of thread, n – thread number, φ – cone angle of thread, P – thread pitch

The approximate calculation according to formula (1) is built on the basis of a scheme where the thread in the frontal or horizontal drawing planes presented in the form of straight-line segments, and not projections of a helical curve [1, 2] (fig.1).

Our approach is based on the fact that for each arbitrary point M on the helical line there is a tangent vector to the helix. Moreover, the screw is placed on a conical surface with a cone angle at the top - β (fig.2) [1, 2].

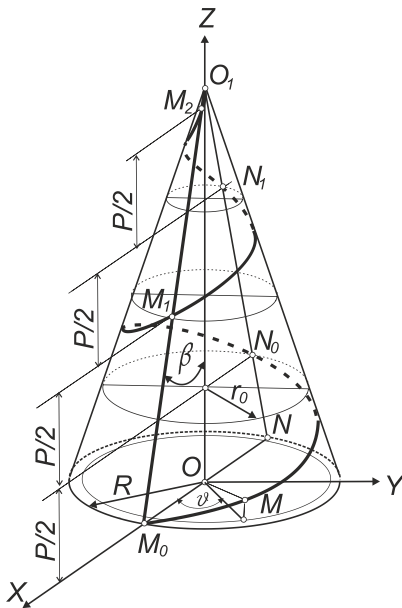


Figure 1– Scheme of a conical helical line with a constant pitch P

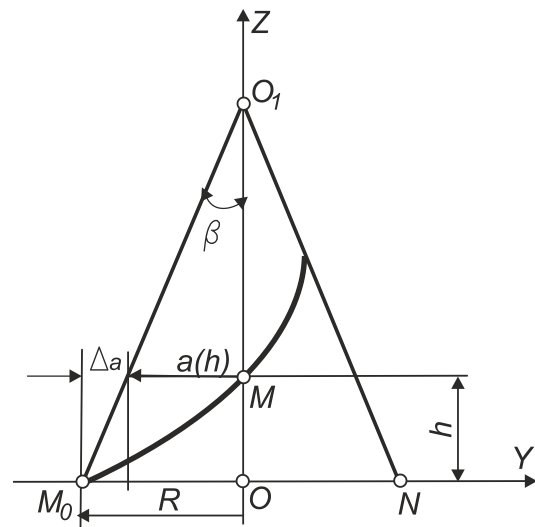


Figure 2– Frontal projection of a conical spiral line with a constant pitch

Of course, in addition to the cone angle β , the radius of the base (major R or minor r) as well as the distance h from one of the cone bases are important parameters for determining the angle of lead of a conical helical line.

Since the parameter $d_3=2r$ is present in the formula (1), i.e., the minor base of the cone is taken as a reference, it is characteristic that this parameter is also used in the formula for analytical, not approximate calculation of the angle of elevation [1, 2, 3]:

$$\theta = \arctan \frac{P}{\sqrt{(P \cdot \operatorname{tg}(\beta))^2 + \pi^2 (d_3 + 2h \cdot \operatorname{tg}(\beta))^2}}, \quad (2)$$

where d_3 – thread crest diameter of minor cone side of thread, h – distance from minor base of cone, β – cone angle of thread, P – thread pitch

REFERENCE

1 Онисько О. Р. Аналітичне дослідження руху точки різальної кромки різьового різця у процесі формоутворення конічної гвинтової нарізи на трубах нафтогазового сортаменту. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2016. № 1(40). С. 50–56.

2 Oleh Onysko, Iuliia Medvid, Vitalii Panchuk, Vesna Rodic, Cristian Barz⁽²⁰²¹⁾. Geometric Modeling of Lathe Cutters for Turning High-Precision Stainless Steel Tapered Threads. In: Vitalii Ivanov at al. (Eds). *Advances in Design, Simulation and Manufacturing: Proceedings of the 4-th International Conference on Design, Simulation and Manufacturing: The Innovations Exchange, DSME-2021*. / DSME 2021, LNME, P. 472–480. doi: 10.1007/978-3-030-77719-7_47

3 Onysko, O., Kopei, V., Kussyj, Y., Kornuta, O., Schuliar, I. (2023). Turning of NC10 Threads for Drill Pipes: Theoretical Study of the Designed Profile. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Pitel, J. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing VI. DSMIE 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-031-32767-4_34

Онищенко Ю.М., Нешта А.О.
Сумський державний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ СЕКЦІЇ 156.10.088-01 ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНІЙ ОПЕРАЦІЇ

До теперішнього часу сформувалися різноманітні підходи до вирішення завдань оптимізації в машинобудівному виробництві. Під час оптимізації режимів різання орієнтуються на дослідженні впливу змінних на процес різання з використанням емпіричних залежностей в задачах збільшення продуктивності і стійкості різальних інструментів, а також продуктивності верстатів при заданих вимогах до точності і шорсткості поверхонь деталей.

Режим різання, що розрахований за традиційною методикою, яка основана на послідовному визначенні глибини різання, подачі та швидкості різання, не може бути оптимальним, тому що він розрахований в основному для максимального використання тільки різальних властивостей інструменту.

У магістерській роботі була здійснена оптимізація режимів різання на токарно-карусельній операції при виготовленні деталі «Корпус секції 156.10.088-01» за допомогою методу лінійного програмування. Процедура пошуку оптимальних умов функціонування системи різання складалася з таких дій:

– встановлення меж технологічної системи, всередині яких можуть знаходитися експериментальні значення або формування набору технічних обмежень;

– визначення цільового кількісного критерію оптимізації або цільової функції, на основі яких можливо провести аналіз варіантів з метою визначення найкращого;

– побудова математичної моделі, яка відображає взаємозв'язки між змінними та являє собою сукупність рівнянь і нерівностей, що відображають цільову функцію та обмеження.

Залежно від кількості цільових функцій розрізняють одно- та багатокритеріальні оптимізаційні завдання, а від виду цільової функції та обмежень – оптимізаційні завдання лінійні й нелінійні.

Для більшості виробничих ситуацій, коли в розрахунках використовуються значення економічних періодів стійкості інструменту, як цільову функцію слід вибрати найменший основний час t_0 або питомі витрати на обробку C_n .

Математичною моделлю в завданні оптимізації режимів різання є сумісна система одержаних нерівностей і рівняння цільової функції. Залежно від застосованого методу вихідна модель підлягає відповідним перетворенням, щоб бути зорієнтованою на найбільш поширений метод лінійного програмування. Перетворення вихідної моделі здійснюється логарифмуванням виразів обмежень і цільової функції та одержанням відповідних лінійних форм. Перетворивши таким чином нерівності обмежень, одержана система A лінійних нерівностей та лінійна функція.

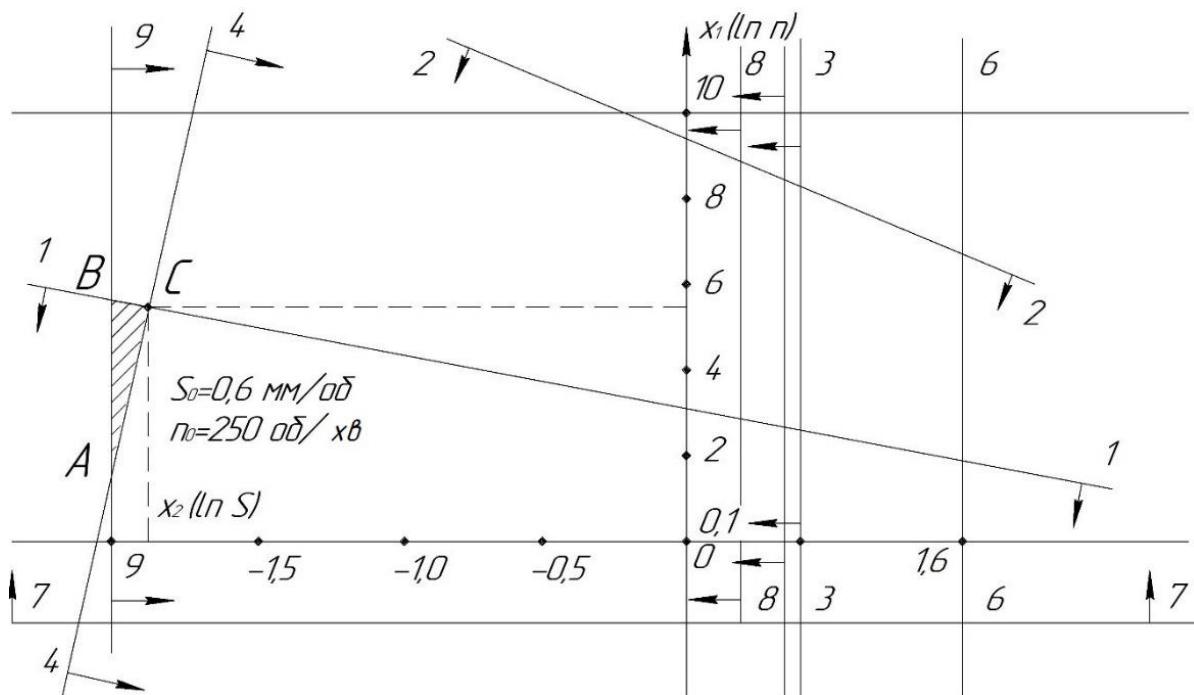


Рисунок 1 – Графічна інтерпретація та визначення оптимальних режимів різання

Математична модель A являє собою опис процесу різання на токарно-карусельній операції, незалежно від типу верстата та умов обробки.

Для визначення оптимальних режимів за допомогою моделі потрібно знайти позитивні значення x_1 , x_2 , для яких лінійна форма цільової функції була б максимальною.

Для визначення n_o та S_o графічним шляхом побудований багатокутник можливих розв'язків системи обмежень, що входять в A . На рис. 1 зображені прямі нерівності системи A і виділена область можливих розв'язків АВСД цієї системи. Граничні прямі АВ, ВС, СД і ДА, перетинаючись між собою, створюють багатокутник, всередині якого кожна із точок задовольняє нерівності всіх граничних прямих системи A , що беруть участь у його створенні. Для визначення оптимального поєднання елементів n_o та S_o слід встановити, в якій із точок побудованого багатокутника АВСД лінійна функція двох змінних $f_o = x_1 + x_2$ буде набувати максимального значення. Для цього потрібно переміщати пряму f_o паралельно самій собі в напрямку від початку координат. У вершині С багатокутника цільова функція f_o набуває найбільшого значення. Отже, вершина С є точкою оптимуму, а її координати n_o та S_o – оптимальним розв'язком моделі A .

Ощепков Н.О., Бондаренко М.О.
Черкаський державний технологічний університет

СИСТЕМА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ РІЗУ ЛАЗЕРНОЮ УСТАНОВКОЮ

В сучасних технологіях лазерного різання широко використовуються засоби лінійних вимірів, основані на принципах ультразвукової далекометрії. Сучасні прилади вимірювання відстані, такі як електронні лінійки, спідометри, тахеометри, забезпечені відслідковувачами, що дозволяє проводити не лише виміри відстані до об'єктів, але й кутів між ними. При цьому розвиток і вдосконалення ультразвукових відслідковувачів, зростаючі вимоги до їх точності і надійності призводять до необхідності створення нових методів і засобів контролю метрологічних характеристик таких приладів. Тому метрологічний контроль якості різання лазерною установкою з використанням ультразвукових відслідковувачів є на даний момент актуальним завданням.

Метою доповіді є підвищення техніко-експлуатаційних характеристик та точності відслідковування країв зварюваних деталей лазерної зварної установки за допомогою ультразвукового відслідковувача, створеного на базі п'єзокерамічних перетворювачів МУП-3(4).

В дослідженні проведено аналіз сучасних методів ультразвукового вимірювання відстані до об'єктів, розглянуті основні акустичні методи та засоби вимірювання відстані, а також принцип дії та показники якості найбільш розповсюджених на сьогодні ультразвукових відслідковувачів та показані основні напрямки модернізації та перспективи розвитку таких пристроїв. Встановлено, що серед відомих методів та засобів дистанційного вимірювання відстані в пружних середовищах, найбільш перспективним та ефективним є метод ультразвукової далекометрії, засіб апаратної реалізації якого використовує п'єзокерамічні перетворювачі МУП-3 або МУП-4, які працюють на частоті 40 кГц.

Для моделювання процесу ультразвукового контролю, що ліг в основу запропонованого методу застосовано математичну модель безконтактного методу виміру відстані акустичним методом вибраний метод контролю коефіцієнта загасання ультразвуку. Залежності, отримані з використанням розробленої математичної моделі, дозволяють зробити висновок про можливість її використання як високоточного методу акустичного виміру відстані з урахуванням властивостей середовища поширення ультразвуку.

Запропонована в роботі модель управління технологічним процесом ультразвукового визначення відстані до поверхонь із залученням апарату нечіткої логіки дозволила формалізувати причинно-наслідкові зв'язки оцінки якості ультразвукової далекометрії до твердих поверхонь від властивостей поверхні і робочих параметрів ультразвукового випромінювання. Отримані результати моделювання дозволили обрати раціональне співвідношення параметрів технологічного процесу, при якому може бути досягнута максимальна точність визначення відстані до твердої поверхні.

В результаті проведеного моделювання та розрахунків основних параметрів системи ультразвукового контролю, спроектовано ультразвуковий відслідковувач, що був реалізований на однокристальному мікроконтролері PIC16C84, який призначений для побудови автоматизованих систем низького і середнього ступеня складності, п'єзоелектричному випромінювачі МУП-3 та п'єзоелектричному ультразвуковому приймачі МУП-4, що повністю задовольняє поставленому завданню розробки високоточного ультразвукового відслідковувача, а розроблене авторами програмне забезпечення для такого відслідковувача, в результаті його випробування показало покращені результати контролю якості різки, а саме: високу точність (крок вимірювання може сягати 10 нм), більший діапазон вимірювання ($20 \cdot 10^{-9}$ – 999 м), надійність (надійність на перешкодозавадження перевищує 98,9%), і швидкодію (час вимірювання та обробки результатів вимірювання відстані з подальшим виведенням на екран не перевищує 0,5 с).

*Пантейков С.П., Жульковський О.О.,
Пантейкова О.С., Жульковська І.І.*
Дніпровський державний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В КОНВЕРТЕРАХ І ОШЛАКУВАННЯ ЇХ ФУТЕРІВКИ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ ВЕРХНІХ ФУРМ

Виробництво сталі у кисневих конвертерах – основний технологічний процес виплавки сталі у світі. Майже в усіх випадках використання конвертерної технології для виробництва сталі (за винятком технології донної паливно-кисневої продувки) застосовується вдування в розплав технічно чистого кисню зверху через водоохолоджувану продувальну (кисневу) фурму.

Для підвищення стійкості футерівки конвертерів в останні роки застосовується технологія роздування в агрегаті рідкого кінцевого шлаку азотом, що подається через верхню кисневу або спеціальну роздувальну (гарнісажну) фурму з метою набризкування крапель шлаку і створення на футерівці міцної захисної шлакової (гарнісажної) кірки, що перешкоджає швидкому спрацюванню коштовних вогнетривів.

У головці всіх верхніх фурм передбачено розташування від трьох до шести спеціальних отворів (сопел Лавалля), через які кисень або азот вдується відповідно в залізобетонний або шлаковий розплав із надзвуковою швидкістю, створюючи сприятливі умови для продувки металевого або роздування шлакового розплаву. Вадю фурмених головок є низька міцність зовнішнього зварного шва, що з'єднує мідний наконечник із сталевим перехідним кільцем зовнішньої труби фурми. Внаслідок впливу на фурму величезних силових навантажень від дугтя та охолодної води у моменти їх подачі, термічного подовження і повернення у початкове положення зовнішньої труби фурми, її деформації та впливу на трубу крутих і згинальних моментів, зовнішній зварний шов головки буде руйнуватися, що може призвести до відриву наконечника або всієї головки від тіла верхньої фурми і виникнення значної аварії, що мало місце у практиці роботи конвертерних цехів.

Авторами пропонується конструкція головки фурми (Патент UA 78112), в якій зовнішнє перехідне кільце додатково скріплено з наконечником за допомогою штифтів (кількість штифтів не менша за три), застосування яких дозволить в значній мірі розвантажити зовнішній зварний шов від напружень, що виникають на зовнішній трубі фурми внаслідок дуже складних умов її роботи. При цьому основне навантаження буде припадати на штифти, а зварний шов буде виконувати, в основному, роль герметизації стику наконечника із перехідним кільцем зовнішньої труби фурми. Застосування запропонованих конструкцій головок до верхніх фурм дозволить, в першу чергу, забезпечити виробництво за рахунок повного виключення можливості виникнення великої аварії у цеху, а також збільшити стійкість фурмених головок у порівнянні зі штатними конструкціями, що дозволить отримати значний економічний ефект.

Пантейков С.П., Романенко А.А., Бондаренко Я.І.
Дніпровський державний технічний університет

ПРО ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ СТАЛІ ІЗ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ ЗА РАХУНОК ПРЯМОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Технологічний процес двостадійного отримання сталі (перша стадія – відновна, друга – окислювальна) є класичним протягом значного часу, починаючи з XIII століття. Сучасний варіант зазначеної схеми такий: перший етап – виплавка передільного чавуну в доменній печі, другий етап – переробка виплавленого

чавуну в сталь у переробному (сталеплавильному) агрегаті (кисневому конвертері або електричній печі), після чого отримана сталь надходить на агрегати позапічної обробки (ківш-піч, вакууматор та ін.) для доведення її хімічного складу та температури до необхідних (рис. 1). У доменній плавці рідкий чавун – високовуглецевий ($C \approx 4\%$) сплав заліза, в якому (крім вуглецю) присутні Si, Mn, S, P, – отримують із залізнорудної сировини в результаті перебігу процесів відновлення заліза та зазначених елементів. Сталеплавильні печі отримують рідку сталь – низьковуглецевий ($C < 2,14\%$) сплав заліза – за рахунок вибіркового окислення у чавуні його домішок (C, Si, Mn, S, P) з переведенням їх у шлак і газу.

Спроби отримати сталь, минаючи доменний процес, призвели до появи різних процесів прямого відновлення заліза (ПВЗ), у тому числі процес Krupp–Renn, який дозволив отримувати сталь, але не в рідкому вигляді, а у вигляді твердої криці, що створювало певні складнощі при її подальшій обробці. Інші процеси ПВЗ отримують виключно чавун (процеси Corex, Finex, DIOS, Romelt, Hismelt, AusIron та ін.) або його замітники (процеси Midrex, Hyl, Purofer, Fior, Finmet та ін.) у вигляді високовуглецевого так званого губчастого заліза – в основному металізованих окотишів (DRI), гарячебрикетованого заліза (HBI) і заліза з низьким ступенем відновлення (LRI), що вимагає їх подальшої переробки в сталь. При цьому рідкий чавун переробляється в основному в конвертерах (хоча часто і в електропечах), а все губчасте залізо, як правило, служить сировиною для отримання сталі в електропечах (хоча іноді використовується як брухт у кисневих конвертерах). Залізо HBI та LRI також використовується в доменній печі для отримання чавуну (рис. 2).



Рисунок 1 – Варіанти сучасної класичної схеми отримання сталі

Таким чином, поява агрегатів ПВЗ абсолютно не вирішило питання одностадійного отримання сталі (минаючи стадію одержання чавуну), проте дозволило відмовитися від екологічно брудного виробництва коксу за рахунок значного розвитку безкоксової металургії, хоча це досягалося не скрізь, при цьому ще й ускладнювалася схема отримання сталі до трьохстадійної (рис. 2).

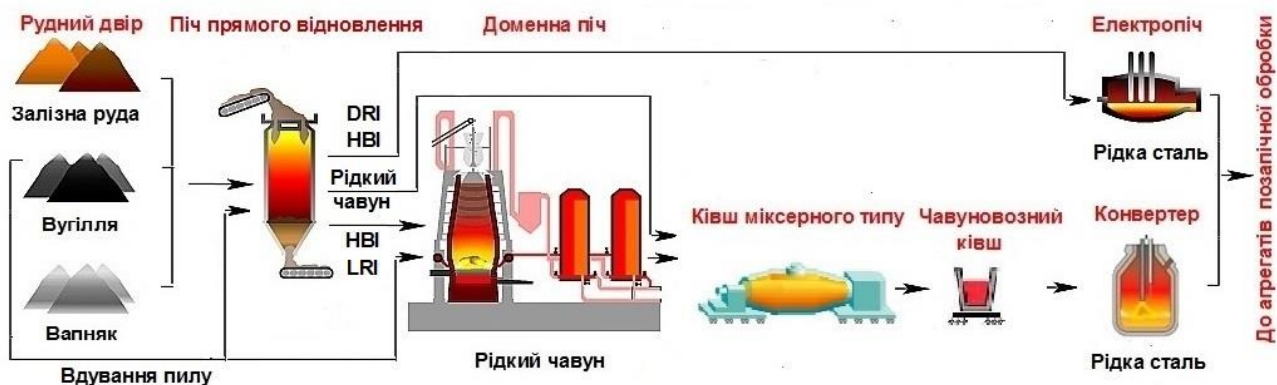


Рисунок 2 – Варіанти існуючої схеми отримання сталі з агрегатом ПВЗ

Пропонується технологічний цикл виробництва рідкої сталі із залізорудної сировини та будь-якого виду вугілля (а не тільки коксу) у відновлювально–окислювальному агрегаті (ВОА) прямого відновлення шахтного типу. Використання даної технології дозволить звести схему отримання сталі до одностадійної. У разі наявності (накопичення) на металургійному підприємстві значної кількості металевого (залізного) брухту його можна буде переробляти в сталь в електричних печах (рис. 3).

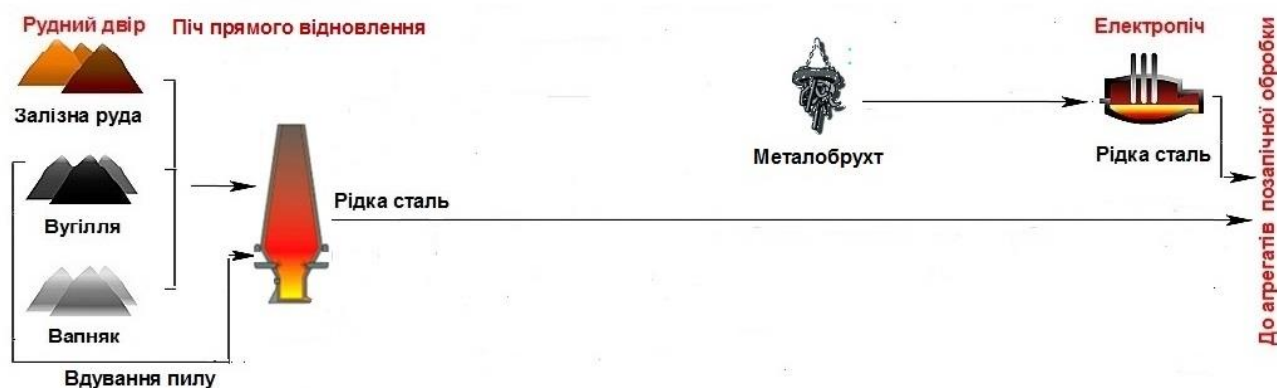


Рисунок 3 – Запропоновані варіанти отримання сталі

Застосування запропонованої схеми отримання сталі у ВОА шахтного типу, що розроблений авторами, призведе до: значного спрощення виробничого процесу (рис. 3), підвищення ступеня ресурсозбереження (зниження витрат шихти, палива, вогнетривів, води), зниження матеріальних витрат (будівництва меншої кількості цехів та агрегатів), поліпшення екологічної обстановки (зниження викидів в атмосферу, зменшення шлакових відвалів) та ін.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ ОТВОРІВ ІНСТРУМЕНТАМИ ОДНОБІЧНОГО РІЗАННЯ

В умовах жорсткої конкуренції в сфері сучасного машинобудування відбувається постійне підвищення вимог щодо точності та якості обробки поверхонь деталей машин різного призначення. Великий відсоток серед поверхонь різного призначення складають отвори з високими вимогами до точності розмірів (ІТ 5...ІТ8) і розташування відносно інших функціональних поверхонь деталі із забезпеченням точності розташування осі оброблюваного отвору та якості поверхні ($Ra\ 0,16...1,25$). При обробці отворів важливим геометричним параметром є співвідношення довжини отвору до його діаметру. В залежності від цього співвідношення прийнято класифікувати наступним чином: $l/d \leq 3,5$ – короткі отвори; $3,5 \leq l/d \leq 7$ – середні; $7 \leq l/d \leq 20$ – глибокі [1]. Задовільнити зазначені вимоги можливо за допомогою використання номенклатури інструментів однобічного різання (ІОР), які широко представлені на ринку різними виробниками, такими, як *Mapal, Seco, Sandvik Coromant, Walter, Iscar, Tungaloy, TaeguTec* та ін.

Порівняння поширених методів обробки отворів представлено у таблиці.

Інструменти однобічного різання відрізняються від інструментів для тонкого розточування можливістю забезпечення більш високої точності розташування осі отвору. В свою чергу, інструменти однобічного різання для свердління, такі як, головки ВТА, ежекторні, Т-МАХ, а також розточувальні головки Т-МАХ потребують застосування спеціального обладнання, яке забезпечує наявність внутрішнього механізму подання та відводу мастильно-охолоджувального технологічного середовища (МОТС) в зону різання та відводу пульпи. Всі інші інструменти для обробки отворів, представлені в таблиці, можуть використовуватись для роботи на універсальному обладнанні, що розширює область їх застосування та суттєво знижує собівартість обробки.

Постійне удосконалення, як методів обробки точних отворів, так і конструкцій інструментів призвели до існування великої кількості інструментів однобічного різання, які відрізняються за принципом роботи та конструктивними рішеннями. Але всіх їх об'єднує наявність різальних елементів, призначених для зняття основного припуску з заготовки, геометричні параметри яких впливають на процес різання та стружкоутворення і напрямних елементів, призначених для направлення та базування інструмента по поверхні оброблюваного отвору, та її вигладжування. В залежності від взаємодії напрямних елементів з поверхнею оброблюваного отвору розрізняють три основні види їх базування: з натягом з визначеністю базування та з невизначеністю базування та з зазором, який обирається мінімальним для запобігання заклинювання інструменту в отворі [2]. На точність формування осі оброблюваного отвору впливає стабільність положення інструменту [3] під час обробки, яка визначається кутами взаємного розташування напрямних елементів відносно різального.

Метод обробки	IT	Ra, мкм	Діапазон діаметрів	l/d	Види підводу МОТС /відводу пульпи
Свердління ІОР: рушничні	7-9	1,25...2,5	3...40	до 50	внутрішній / зовнішній
голівки ВТА	8-10	2,5...3,2	16...280	до 20	зовнішній / внутрішній
ежекторні голівки	8-10	2,5...3,2	18...180	до 20	внутрішній / ежекторний
голівка Т-МАХ	10	2,5...3,2	63...183	до 100	зовнішній / внутрішній
Розточування: тонке розточування	6-7	0,63...1,25	8...250	до 20	зовнішній / зовнішній
розточування ІОР	6-7	0,63...1,25	8...250	до 20	зовнішній / зовнішній
голівка Т-МАХ (ІОР)	9-10	1,25...2,5	65...150	до 150	зовнішній / внутрішній
Розгортання ІОР лезове	6-7	0,2...1,6	6...60	до 10	внутрішній / зовнішній зовнішній / зовнішній
абразивно- вигладжувальне	5-6	0,16...1,25	15...150	до 5	зовнішній / зовнішній

Забезпечення вимог щодо точності та якості оброблюваних отворів пов'язані з раціональним вибором методу обробки та конструкції інструменту. Досягнення високої точності обробки відбувається за рахунок розподілення сили різання, яка діє на різальний елемент між двома (або більше) напрямними елементами. При цьому важливу роль відіграють заходи спрямовані на зниження вібрацій [4], які виникають в процесі різання. Одним із варіантів вирішення даної проблеми є застосування віброзахисних елементів [5] для зниження рівня вібрацій, вбудованих до конструкції опорних напрямних.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Линчевский П.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках / Линчевский П.А., Джугурян Т.Г., Оргиян А.А.; под общ. ред. П.А. Линчевского. – К.: Техніка, 2001. – 300 с.
- 2 Джугурян Т.Г. Комбинированная обработка точных координированных отверстий / Джугурян Т.Г. – Одесса: АО БАХВА, 2003. – 108 с.
- 3 Оргиян А.А., Голобородько А.М., Перпери Л.М., Гугнин В.П. Статическая модель устойчивости процесса резания прецизионных конических отверстий // Наукові нотатки. Вип. 49. – Луцьк, 2015. – С. 111 – 113.
- 4 Тонконогий В.М., Оргиян А.А., Голобородько А.М., Перпери Л.М. Механизм возникновения колебаний при обработке однолезвийными коническими развертками одностороннего резания // Резание и инструмент в технологических системах. Международный науч.-техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2014. – Вып. 84. – С. 215 – 222.
- 5 Патент № 100240 Широколезова конічна розгортка однобічного різання (МПК В21D 28/26, В21D 35/00, В21J 5/06) / Wide-bladed conical reamer for one-sided cutting. Оборський Геннадій Олександрович (UA); Оргіян Олександр Андрійович (UA); Голобородько Ганна Михайлівна (UA); Перпері Людмила Михайлівна (UA). Патент опубліковано 10.07.2015, бюл. № 13/2015.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ПРЯМОГО КОНТРОЛЮ ЛІНІЙНОГО ЗНОСУ АЛМАЗНОГО КРУГА ПРИ ШЛІФУВАННІ СПА НА БАЗІ ЯВИЩА ПРИСТОСОВАНOSTІ

Цей метод можна віднести до способів прямого контролю лінійного зносу шліфувального круга [1]. Він є оригінальним, оснований на явищі пристосованості, дозволяє вести як простий безперервний так і дискретний контроль лінійного зносу РПК і може бути використаний для удосконалення процесів шліфування СПА алмазними кругами на самозаточувальних зв'язках (патент № 147888, Україна). Його основним завданням є розширення технологічних можливостей процесу контролю лінійного зносу шліфувального круга при одночасному забезпеченні достовірності отриманих результатів. Це досягається тим, що контроль лінійного зносу круга виконують у процесі шліфування безперервно, як матеріал наконечника використовують полікристалічний алмаз з мікротвердістю не нижче 80 ГПа, у якості виду контакту алмазного наконечника з робочою поверхнею круга обирають площину, вимірювальний стрижень встановлюють з можливістю здійснення додаткового осцилюючого руху у межах ширини робочої поверхні круга, а щільний контакт алмазного наконечника з останньою здійснюють постійним тиском значення якого обирають у межах 0,25 – 2,5 МПа.

Технічний результат полягає в тому, що алмазний наконечник, виконаний з полікристалічного алмазу твердістю не нижче 80 ГПа, який має площинний вид контакту з робочою поверхнею круга в силу явища пристосованості практично не зношується в діапазоні малих тисків (0,25 – 2,5 МПа). А це дає можливість реалізації безперервності контролю і гарантує отримання достовірних результатів вимірювання лінійного зносу алмазного круга, що обертається з робочою швидкістю. Надання вимірювальному стрижню додаткового осцилюючого руху у межах ширини робочої поверхні круга при необхідності дає можливість відслідковувати похибки її форми. Все це суттєво розширює технологічні можливості процесу контролю лінійного зносу круга. Зазначене вище пояснюється рис. 1, а та рис. 1, б. Як видно з рис. 1, а, (1 – СПА, що шліфується; 2 – пристосування шліфувальне; 3 – шліфувальний алмазний круг; 4 – шпиндель верстата; 5 – наконечник з полікристалічного алмазу; 6 – вимірювальний стрижень; 7 – ніжка індикатора; 8 – планка), круг 3, встановлюється на шпинделі 4 верстата.

Робочою частиною круга є алмазозносний шар товщиною h . Саме він зношується при шліфуванні СПА 1 встановленого в шліфувальному пристосуванні 2 яке має можливість здійснення прямолінійного поступального руху (під дією сили P_1) перпендикулярно РПК 3 і осциляції паралельно їй. Вимірювальний стрижень 6 з наконечником з полікристалічного алмазу 5 також встановлений з можливістю здійснення прямолінійного поступального руху (під дією сили P_2) перпендикулярно робочій поверхні круга 3 і осциляції паралельно їй.

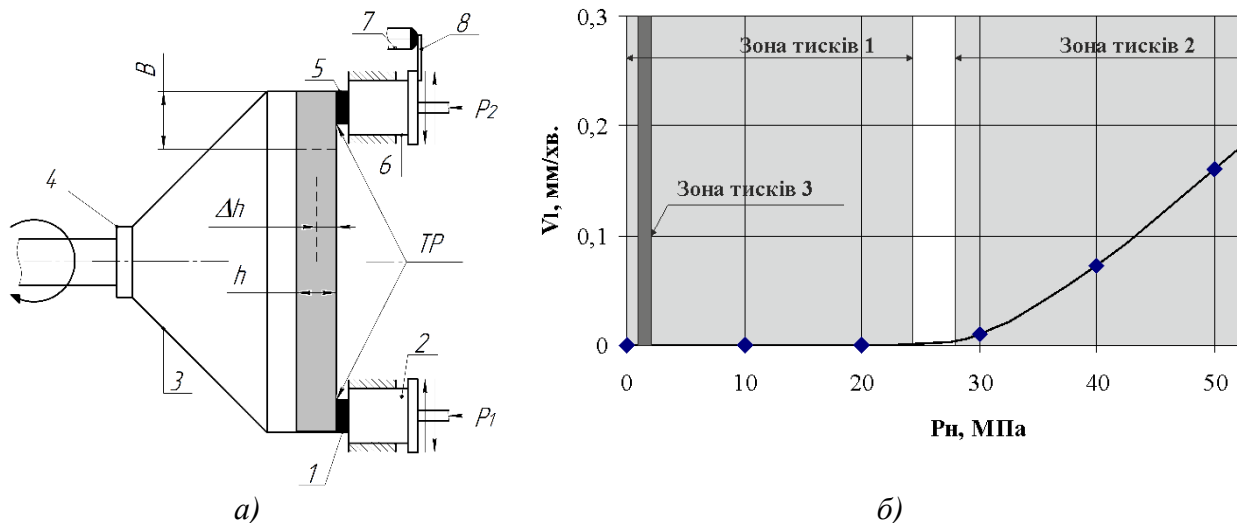


Рисунок 1 – Принципова схема способу контролю лінійного зносу (а) та схема впливу нормального тиску P_n на інтенсивність V_1 знімання СПА (б)

За допомогою планки 8 вимірювальний стрижень 6 знаходиться в постійному (а при необхідності і в періодичному) механічному контакті з ніжкою індикатора 7 за допомогою якого у даному випадку здійснюється контроль лінійного зносу круга.

Величину зносу круга Δh розраховують як різницю показань індикатора після та до процесу обробки у продовж визначеного часу. Замість індикатора можуть бути застосовані і інші вимірювальні пристрої (тензометричні балочки, ємнісні, індукційні датчики та ін.), що дозволяє вести безперервний запис лінійного зносу круга 3. Таким чином відстеження положення робочої поверхні круга здійснюють напряму шляхом введення вимірювального стрижня у контакт безпосередньо з робочою (різальною) поверхнею круга. Процеси обробки і вимірювання здійснюють з використанням технологічної рідини (ТР). Надання вимірювальному стрижню додаткового осцилюючого руху у межах ширини робочої поверхні круга при необхідності дає можливість відслідковувати відхилення її форми (відхилення від площинності), що несе в собі додаткову інформацію про процес шліфування. Чим менше площа контактної поверхні алмазного наконечника, тим вищою буде точність визначення вказаних відхилень. Але з точки зору надійності процесу контролю ця площа, як встановлено експериментально, повинна знаходитися у межах 4 – 7 мм².

Фізичне пояснення суті способу наведено на рис. 1, б на якому показано вплив нормального тиску P_n на інтенсивність V_1 знімання полікристалічного алмазу алмазними зернами круга. Як видно, існує дві принципово різні зони тисків. В першій (зона тисків 1, $P_n < 25$ МПа) тиск недостатній для самозаточування робочої поверхні круга і тому утворюється зносостійка пара тертя «полікристалічний алмаз – алмазні зерна круга». В цій зоні знімання припуску з полікристалічного алмаза практично не відбувається. Теоретично ця зона тисків може бути використана для зони вимірювання.

В другій зоні (зона тисків 1, $P_n > 30$ МПа) тиск достатній для сталого самозаточування робочої поверхні круга і тому гострі алмазні зерна починають ефективно знімати припуск з СПА. Вести вимірювання при таких значеннях тисків не можна.

Таким чином, процес обробки алмазу треба вести у зоні високих тисків (зона тисків 2), а вимірювання – у зоні малих тисків (зона тисків 1). Експериментально встановлено, що оскільки в зоні 2 реалізується процес інтенсивного самозаточування круга, то для гарантованого запобігання «підшліфовки» полікристалічного алмазу у зоні вимірювання треба використовувати тільки частину тисків зони 1 ($P_n = 0,25 - 2,5$ МПа, зона 3). Це забезпечує високу точність контролю лінійного зносу круга. Нижнє значення тиску (0,25 МПа) гарантовано забезпечує достатньо щільний контакт алмазного наконечника з робочою поверхнею круга (без вібрацій).

Приклад використання способу. Експериментальні дослідження проводилися на базі універсально-заточувального верстата мод. 3D642E. Технологічна рідина (ТР) – 0,5% CaCO₃ – інше вода. Використовували чашковий алмазний круг 12A2 45 150x20x3x32 AC4 125/100 4 органічній (самозаточувальній) зв'язці В2-01.

Для перевірки обґрунтованості діапазону тисків у зоні контакту наконечника з робочою поверхнею круга (його вплив на підшліфовку полікристалічного алмазу в зоні вимірювання Δl) провели серію експериментів. У якості заготовки для шліфування був прийнятий полікристалічний алмаз марки АСПК (мікротвердістю 70 ГПа), а тиск у зоні шліфування $P_n = 60$ МПа (при площі контакту у зоні шліфування 14 мм² сила притиску $P_1 = 840$ Н, рис. 1, а). Процес обробки тривав безперервно на протязі 5 хвилин (машинний час). Дані випробувань підтвердили його високу ефективність.

ЛІТЕРАТУРА

1 Semko M.F. Almaznoye shlifovaniye sinteticheskikh sverkhтверdykh materialov / M.F. Semko, A.I. Grabchenko, M.G. Khodorevskiy. – Khar'kov: Vishcha shkola, 1980. – 192 s.

Пилипенко В.О., Стельмах Н.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ДЕТАЛЕЙ У ПРОЦЕСІ ЇХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Генеративний дизайн в автоматизованому виробництві є ключовим для підвищення міцності деталей. Він дозволяє оптимізувати їхню форму, забезпе-

чуючи максимальну міцність при мінімальній вазі. Це призводить до ефективного використання матеріалів та прискорює процес розробки. Генеративний дизайн також автоматизує ітерації, що підвищує ефективність виробництва та якість деталей, роблячи виробництво більш точним та гнучким.

Генеративний дизайн - це інноваційний підхід до конструювання, який дозволяє оптимізувати форму та структуру деталей, сприяючи підвищенню їхньої міцності у процесі автоматизованого виробництва [1].

У своєму основному функціоналі, генеративний дизайн використовує алгоритми оптимізації для генерації різноманітних конструкцій, враховуючи визначені параметри та обмеження. Цей підхід спрямований на досягнення максимальної міцності деталей при оптимальному використанні матеріалів. Процес роботи полягає в автоматизованому переборі великої кількості варіантів, визначенні їхньої ефективності та відборі найоптимальніших рішень.

Генеративний дизайн використовує топологічну оптимізацію для визначення оптимальної форми деталі. Алгоритми враховують розподіл навантаження та обмеження, щоб визначити, де потрібно матеріал для максимальної міцності. Зайвий матеріал може бути видалений, що дозволяє знижувати вагу деталі, але при цьому збільшує міцність [2].

Генеративний дизайн дозволяє визначити оптимальні властивості матеріалу в кожній області конструкції. Це може включати в себе використання різних матеріалів або градієнтні структури для покращення властивостей деталі, таких як міцність та жорсткість [3].

Генеративний дизайн часто добре поєднується з адитивним виробництвом (3D-друку). Це дозволяє виготовляти складні форми та структури, які були б важко або неможливо виготовити іншими методами. Це робить можливим створення оптимізованої геометрії, що сприяє підвищенню міцності.

Генеративний дизайн дозволяє швидше виконувати ітерації та тестувати різні форми та конструкції на оптимальність.

Загалом, генеративний дизайн використовує алгоритми та обчислювальні методи для створення оптимізованих конструкцій, що призводить до додаткової міцності та оптимального використання матеріалів у виробництві деталей.

Для реалізації генеративного дизайну на виробництві використовуються різноманітні програмні засоби. Зокрема, Autodesk Generative Design, ANSYS, Siemens NX, та SolidWorks Simulation є популярними платформами з генеративним функціоналом. Ці програми дозволяють інженерам автоматизовано генерувати та оптимізувати деталі, враховуючи різноманітні фактори, такі як термін служби, міцність, та вага [4].

Генеративний дизайн дозволяє створювати оптимізовані складні форми та внутрішні решітки. Деякі з цих форм неможливо створити за допомогою традиційних методів виробництва. Замість цього їх створюють за допомогою нових методів адитивного виробництва.

Важливість використання генеративного дизайну у системі автоматизованого виробництва непередбачено велика. Цей підхід дозволяє не лише значно підвищити міцність деталей, але й раціоналізувати використання матеріалів,

прискорити процес конструювання та виготовлення, зменшити витрати на виробництво та забезпечити конкурентоспроможність у сучасній індустрії. Генеративний дизайн відкриває нові горизонти для ефективного та інноваційного підходу до проектування, що має вирішальне значення для успішності автоматизованих виробничих процесів [5]. В перспективі подальших досліджень планується створення нових алгоритмів проектування нових виробів та впровадження технології в систему автоматизованого виробництва, що дозволить розширити можливості створення оптимальних структур виробів, підвищить продуктивність виробництва на етапі конструкторсько-технологічного підготовки, а також удосконалив процеси оптимізації форм і внутрішніх решіток.

ЛІТЕРАТУРА

1 Picelli, R.; Vicente, W.M.; Pavanello, R. (2017). "Evolutionary topology optimization for structural compliance minimization considering design-dependent FSI loads". *Finite Elements in Analysis and Design*. 135: 44– 55. doi:10.1016/j.finel.2017.07.005.

2 Mastenko I. V., Stelmakh N. V.: Generative design of a frame type construction. *KPI Science News* 2, 2021, 81–89 [http://doi.org/10.20535/kpissn.2021.2.236954].

3 Generative Design 101 URL: <https://formlabs.com/asia/blog/generative-design/> (дата звернення: 28.11.2023).

4 Мастенко, І. В. Аналіз методів топологічної оптимізації при проектуванні елементів приладів / І. В. Мастенко, Н. В. Стельмах // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 109–111.

5 Sigmund, Ole; Maute, Kurt (2013). "Topology optimization approaches". *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 48 (6): 1031– 1055. doi:10.1007/s00158-013-0978-6.

Пірогов Д.О., Воронцов Б.С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ХВЕАМ 3D METAL PRINTING

Виготовлення та оброблення титанових сплавів завжди привертало увагу у виробничому секторі, що призвело до розробки технології, які створюють величезні перспективи для вирішення технологічних проблем. Адитивне виробництво визначають як процес виготовлення виробу згідно з тривимірною моделлю шляхом пошарового з'єднання матеріалів за допомогою автоматичного комп'ютерного керування, технології адитивного виробництва називають промисловим друком, а обладнання для його реалізації - принтерами. 3-D друк є одним із найдинамічніших напрямків виробництва, сфера адитивних технологій, або пошарового послідовного накладання матеріалу за даними цифрової моделі, дає можливість отримувати складні конфігурації заготовок, економити час та матеріали при їх виготовленні, на відміну від традиційних методів отримання заготовок, на-

приклад, таких як лиття. Титанові заготовки отримані методом адитивних технологій широко використовуються в оборонній сфері, авіаційній та ракетокосмічній галузях, в медицині, зокрема в протезуванні та вирощуванні повноцінних складових скелету, особливо дані технології приваблюють компанії, які працюють із дрібносерійним виробництвом, що скорочує для них час і вартість готового виробу [1, 2].

На сьогоднішній день розроблено безліч способів 3D друку (табл. 1) в основі якого лежить принцип пошарового вирощування об'єкта, основна різниця, метод нанесення і витратний матеріал, його форма і вид [3].

Таблиця 1 – Різновиди адитивного виробництва

Метод	Технологія	Матеріали
Екструзійний	Пошарове наплавлення (FDM)	Термопластики
Порошковий	Пряме лазерне спікання (DMLS)	Металеві сплави
	Електронно-променеве плавлення (EBM)	Титанові сплави
	Вибіркове лазерне плавлення (SLM)	Титанові сплави
	Вибіркове лазерне спікання (SLS)	Металеві порошки
	Вибіркове теплове спікання (SHS)	Термопластики порошкові
Струйний	Струйне наплавлення (3DP)	Пластики та металеві порошки
Ламінування	Метод ламінування	Плівка
Полімеризація	Стереолітографія (SLA), Цифрова світлодіодна проекція (DLP)	Фотополімери
Дротовий	Електронно-променеве плавлення (EBF)	Будь-які металеві сплави

Не дивлячись, на широкий розвиток та постійні дослідження в даній сфері, методи які розроблені раніше мають низку недоліків, такі як складне та вартісне обладнання, високовартісний матеріал, обмежені розміри отриманих заготовок або виробів, груба поверхня виробів, нерівномірна структура, напруження та деформації, висококваліфіковані кадри. Все це приводить до високої собівартості і відповідно обмежує використання адитивних технологій в промисловості. Оскільки адитивні технології відкривають можливості швидкого та точного виготовлення заготовок, форма і розміри яких, наближені до готового виробу, тому особливе значення має виробництво виробів саме із металу, бо саме метал є основним, конструктивним матеріалом в промисловості. Тому, спеціалістами НВО “Червона Хвиля”, була розроблена технологія xVeam 3D Metal Printing, це спосіб в якому, в якості джерела нагріву використовується газорозрядна електронно-променева гармата з кільцевим катодом, яка генерує електронний промінь в формі порожнистого конуса, що дозволяє матеріалу у вигляді металевого дроту, потрапляти прямо в центр розплавленої ванни. Така конфігурація дозволяє виключити утворення пор або не сплавлень матеріалу. Також, розроблена станція забезпечує помірну концентрацію потужності, що допомагає контролювати нагрівання та розплавлення дроту і тим самим контролювати форму, геометричні параметри і структуру осадженого матеріалу, знижуючи потребу у подальшій механічній обробці. Проведені дослідження по виготовлення тестового зразку показали, доцільність впровадження даної технології для отримання заготовок, так

як отримані задовільні механічні властивості (міцність, пластичність), високі показники корисного використання матеріалу, близька форма заготовки до форми готового виробу за короткий час та економічно вигідними показниками, розміри заготовок не мають суттєвих обмежень, а витратний матеріал, сам дріт, доступний і недорогий. [1, 2].

Майбутні дослідження мають на меті розробити необхідні рекомендації із застосування технології xBeam 3D в поєднанні із процесами різання, тому це вимагає подальших експериментів та має на меті запропонувати різні промислові стратегії, а зокрема описати виробничий процес, експерименти із режимами різання і процедурою для досягнення необхідної якості поверхні, провести необхідні дослідження із визначенням сил різання, деформацій, вібрацій, які впливають на мікроструктурні результати.

ЛІТЕРАТУРА

1 Технологія xBeam 3D Metal Printing на шляху до промислового виробництва / Д.В. Ковальчук, В.Г. Мельник, І.В. Мельник, Б.А. Тугай. // Сучасна електрометалургія. – 2020. – №3. – С. 30–34.

2 Новые возможности аддитивного производства с технологией xBeam 3D Metal Printing (Обзор) / [Д. В. Ковальчук та ін.]. // Автоматическая сварка. – 2017. – №12. – С. 26–33.

3 Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (I частина) / Г. О. Андросчук // Наука, технології, інновації. - 2017. - № 1. – С. 68-77.

Плис В.С., Дегтярьов І.М.
Сумський державний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ АПАРАТА, ЩО СПРЯМОВУЄ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОБРОБЛЕННЯ КАНАЛІВ НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНІЙ З ЧПК ОПЕРАЦІЇ

В даний час оброблення каналів спрямовуючих апаратів на сучасних верстатах з числовим програмним керуванням не представляє собою складнощів з точки зору відпрацьовування необхідних траєкторій руху по координатам, описання складних профілів і криволінійних поверхонь здійснюється в САМ системах і не займає так багато часу як раніше. Сучасні інструменти з твердих сплавів із покриттям допускають високі швидкості різання, тому продуктивність зняття матеріалу досить висока.

Але на багатьох деталях, які мають недостатню жорсткість, такі як апарати, що спрямовують, які мають великий центральний отвір і вихід каналів співпадає з розміром центрального отвору, що погано впливає на інструментальну доступність і відповідно через це такі деталі мають складність у базуванні та закріпленні. Як правило відбувається поступова обробка одного або двох каналів із подальшим пере закріпленням при хватами за вже оброблені поверхні, до яких не потрібен доступ інструменту.

Тому у магістерській роботі вирішувалось питання розроблення та дослідження спеціального верстатного пристрою для базування і закріплення апарату, що спрямовує. При цьому оброблення всіх каналів мало вестись за один установ без зміни положення затискних елементів, та мала виконуватись умова доступності інструменту до всіх оброблюваних поверхонь.

В результаті був спроектований верстатний пристрій з механізованим приводом за допомогою пневмокамери двосторонньої дії. Особливістю пристрою було те, що базова поверхня, за якою досліджувана деталь встановлювалась за центральним отвором, була виконана у вигляді розрізної втулки. Причому зовнішня поверхня втулки, яка контактувала з деталлю була циліндричною, а внутрішня поверхня була конічною з конусністю 1:10, щоб мав місце ефект самогальмування. У внутрішню поверхню втулки встановлювалась конічна пробка, яка була з'єднана зі штоком пневмокамери, та відповідно мала можливість до осьового переміщення.

Таким чином оброблювана заготовка апарату, що спрямовує встановлювалась у пристрій за посадкою із зазором, а при русі конічної пробки вниз і розтисканні пелюстків розрізної втулки утворювався натяг, який полишав заготовку можливості провороту та зміщення.

Результати інженерного аналізу у програмному комплексі ANSYS Workbench підтвердили, що при обробленні із силами різання, які виникають зміщення не відбувається. При цьому зменшення часу на операції склало 51% у порівнянні із базовим технологічним процесом.

Подвійний М.-В.Ф., Кучмистенко О.В

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МОМЕНТУ ДВИГУНА ПРИВОДУ РОТОРНОГО СТОЛА БУРОВОЇ УСТАНОВКИ

Для вирішення завдання використали методи порівняння, математичного і комп'ютерного моделювання, теорії автоматизованого електроприводу. Порівняння різних формул апроксимації залежності $M = f(s)$ проведено для приводу роторного стола Р-560 з електродвигуном АКБ-114-6 бурової установки «Уралмаш-4Э-76», які широко використовуються на бурових підприємствах України. Механічна характеристика була побудована за такими паспортними даними двигуна АКБ-114-6: $P_{\text{ном}} = 320$ кВт; $U_{\text{ном}} = 500$ В; $n_{\text{ном}} = 980$ об/хв; $I_{\text{ном}} = 455$ А; $\lambda = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,5$; $p = 3$; $\cos\varphi = 0,88$; ККД = 92,5%. Для визначення першої точки механічної характеристики знаходимо $M = 0$; $S = 0$; $n = n_0$; $\omega = \omega_0$; $\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,6$ рад/с; $n_0 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000$ об/хв.

Друга точка механічної характеристики: $M = M_{\text{НОМ}}$, $s = s_{\text{НОМ}}$, $\omega = \omega_{\text{НОМ}}$;

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{P_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} = 3118,36, \text{ Нм}; s_{\text{НОМ}} = \frac{n_0 - n_{\text{НОМ}}}{n} = 0,02;$$

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{\pi n_{\text{НОМ}}}{30} = 102,57, s_{\text{НОМ}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{НОМ}}}{\omega_0} = 0,02.$$

Третя точка механічної характеристики: $M = M_{\text{к}}$, $s = s_{\text{к}}$, $\omega = \omega_{\text{к}}$;

$$M_{\text{к}} = \lambda M_{\text{НОМ}} = 7795,9 \text{ Нм}; s_{\text{к}} = s_{\text{НОМ}} (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,0958;$$

$$\omega_{\text{к}} = \omega_0 (1 - s_{\text{к}}) = 94,57 \text{ рад/с}.$$

Нелінійну частину механічної характеристики розраховано згідно спрощеного рівняння механічної характеристики (рівняння Клоса) [1].

Тепер задаємося значеннями ковзання від $s_{\text{к}}$ до 1 і визначмо M і ω .

Таблиця 1 – Вихідні дані для побудови механічної характеристики двигуна приводу роторного стола бурової установки

s	0,2	0,4	0,6	0,8	1
M, Нм	6076,3	3531,95	2437,89	1840,89	1369,14
ω , рад/с	83,68	62,76	41,84	20,93	0

На рис.1 побудовано механічну характеристику $M = f(s)$ для двигуна АКБ-114-6. Враховуючи, що робочою є ділянка механічної характеристики, яка відповідає зміні ковзання в діапазоні $0 \div 0,1$, скористаємося методами комп'ютерного моделювання і програмним пакетом Curve Expert для інтерполяції заданої функції.

Для порівняння вибрано три інформаційні моделі: 7th Degree Polinomial Fit, Sinusoidal Fit та Quadratic Fit. В програмі позначення M замінено на y , а s – на x .

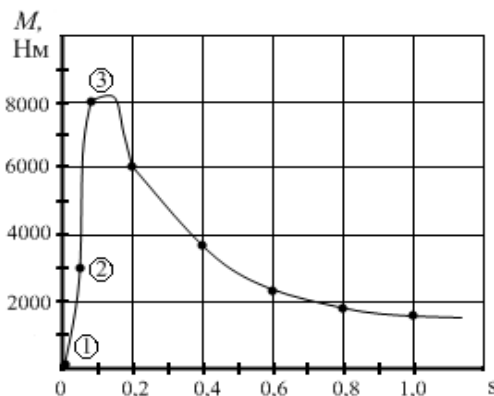


Рисунок 1. Механічна характеристика $M = f(s)$ для двигуна АКБ-114-6

Отже, для практичного використання можна рекомендувати інформаційну модель

$$y = a + b \cos(cx + d), \quad (1)$$

яка для механічної характеристики двигуна АКБ-114-6 має такий вигляд

$$y = 2024 + 6324,7 \cos(14,45x - 1,89) \quad (2)$$

або

$$M = 2024 + 6324,7 \cos(14,45s - 1,89). \quad (3)$$

Вікно програмного середовища Curve Expert для цієї інформаційної моделі наведено на рис. 2 [2].

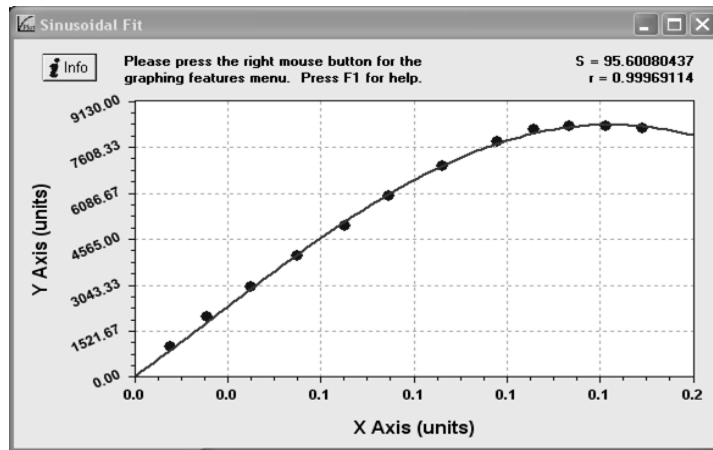


Рисунок 2 – Вікно програмного середовища Curve Expert для інформаційної моделі (3)

Бачимо, що теоретична крива добре узгоджується з заданою системою 13 точок (y_i, x_i) ($i = 1, 2, \dots, 13$), а коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0,99969$.

Запропоновано математичну модель процесу буріння свердловин, яка враховує зв'язки між осьовою силою на долото і швидкістю його обертання є придатною для різних умов буріння з різними високопродуктивними долотами. Це дає змогу ефективно розв'язувати задачі ідентифікації параметрів моделі та оптимального керування процесом буріння.

ЛІТЕРАТУРА

1 Шавранський М.В. Ідентифікація та математичне моделювання об'єктів автоматизації; методичні вказівки для самостійної роботи/ М.В. Шавранський, Г.Г Зварич. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. – 35 с.

2 Програмні продукти Curve Expert, Free Statistics.– Режим доступу: <http://en.freestatistics.info/stat.php>

Полозяк В.Р., Фешанич Л.І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПОЛУМ'Я В КАМЕРІ ЗГОРАННЯ ПІДГРІВАЧА ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Точний облік природного газу є одним з першочергових завдань як для постачальників, так і для споживачів цього енергоносія. Для подачі газу від газових родовищ до споживачів над газом виконується ряд робіт: очищення, осушення, стиснення, підігрівання, редукування тощо. Характер перебігу всіх цих процесів впливає на точність вимірювання витрати газу, оскільки дуже часто облік газу ведеться одночасно з одним або декількома з цих процесів. Підігрів природного газу на автоматизованих газорозподільних станціях необхідно здійснювати для нормального функціонування основного агрегату – редуктора тиску газу. Оскільки за різкого падіння тиску на редукторі відбувається різке падіння темпера-

тури газу, то це може призвести до утворення гідратів, обмерзання трубопроводу, замерзання та блокування регулювальної арматури редуктора. Для уникнення цього небажаного явища природний газ попередньо підігрівають.

Досліджувана система призначена для контролю наявності полум'я в камері згорання підігрівача. Джерелами полум'я в камері згорання є запальний та інжекційні пальники. подача газу до інжекційних пальників відбувається автоматично і контролюється системою регулювання температури у водяній ванні. Запальний пальник під час експлуатації підігрівача горить постійно. Навколо запального пальника у вигляді пелюсток розміщена термопара, яка при відсутності полум'я з пальника припиняє подачу газу на нього за допомогою соленоїдного клапана. Розміщення термопари на пальнику показане на рис. 1.



Рисунок 1 – Запальний пальник з термопарою

Недоліком такої конструкції є часте вигорання термопари, оскільки її пелюстки постійно знаходяться під дією полум'я. Крім того, при затуханні полум'я на запальному пальнику система відразу перекриває потік газу і до запального, і до інжекторних пальників, що в свою чергу повністю зупиняє роботу підігрівача.

Розглянувши можливі альтернативні перетворювачі, а також врахувавши їх ефективність, економічність та складність замовлення, найбільш придатним для даної системи є давач контролю полум'я Siemens QRA4U з детектором полум'я 28 FD. Давач та детектор полум'я зображені на рис. 2.

Давач контролю полум'я Siemens QRA4U призначений для створення факела розпалювання основних пальникових пристроїв, застосовуваних у системах автоматичного розпалювання, регулювання та захисту парових та водогрійних котельних агрегатів і топкових установок.

Отже, давач з фотоелементом полум'я є цифровим пристроєм, що діє за принципом підрахунку і оцінки пускових імпульсів, які надходять від детектора полум'я протягом певного заданого часу. Детектор реагує на дуже вузький спектр полум'я.

Чутливість до полум'я даного детектору: газове полум'я заввишки 5 см на відстані 25 м. Детектор може працювати при максимальній температурі до 200 °С. Клас точності – 1. Для роботи давача та соленоїдного клапана необхідне зовнішнє живлення 24В.



Рисунок 2 – Давач контролю полум'я Siemens QRA4U та детектор полум'я 28FD

Запропоновано реконструювати систему так, щоб контроль наявності полум'я в камері згорання відбувався незалежно від джерела цього полум'я – запального чи інжекторних пальників. Обрано первинний перетворювач, що не має безпосереднього контакту з полум'ям і забезпечує високу надійність і точність спрацювання.

ЛІТЕРАТУРА

1 Матіко Ф., Федоришин Р. Аудит вузлів обліку природного газу з метою підвищення їх точності. Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2006. № 561. С. 38–46.

2 Федоришин Р. М. Моделювання системи підігріву природного газу на автоматизованих газорозподільних станціях. Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація, 2007. № 581. С. 22–34.

3 Лабай В.Й. Тепломасообмін: Підручник для ВНЗ. Львів: Тріада Плюс, 2004. 260 с.

Попик О.В.

Державна установа «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень Національної академії наук України»

ОЦІНКА ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНИХ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ВИМОГ СТАНДАРТУ ISO 14031:2021

Зміна сучасного вектору економічного розвитку в бік більш екологічно дружніх та безпечних технологій є не тільки трендом, але й об'єктивною вимогою задля досягнення цілей сталого розвитку. Широке впровадження екологоорієнтованих заходів та рішень наразі дозволяє комплексно вирішувати соціально-економічні та природоохоронні питання на всіх рівнях та ланках, що підкреслює вагомість розробки методологічних інструментів оцінки ефективності їхньої реалізації.

Технологічні рішення в сфері енергозбереження за визначенням можуть класифікуватися є *екологоорієнтовані заходи*, тобто сукупність дій та форм впливу в системі суб'єктно-об'єктної взаємодії, кінцева мета якого визначається

пріоритетністю екологічної складової та природозберігаючим ефектом [1]. Варіативність природозберігаючих технологій та рішень в сфері енергоменеджменту визначають універсальність як одну із вимог до системи оцінки ефективності їхнього впровадження.

Одним з існуючих методологічних підходів до оцінки екологоорієнтованих заходів, в т.ч. в сфері енергоменеджменту, є оцінка екологічної ефективності (*Environmental performance evaluation, EPE*), що визначена в Стандарті *ISO 14031:2021 Environmental management. Environmental performance evaluation. Guidelines* [2]. У відповідності до вимог зазначеного Стандарту [2], *EPE* – це управлінський процес, який використовує ключові показники ефективності для порівняння минулих і теперішніх екологічних показників організації з її екологічними цілями та завданнями. Інформація, отримана в результаті *EPE*, може використовуватися організаціями в процесі визначення екологічних аспектів, встановлені цілей (місії) та завдань для покращення екологічних показників, визначенні стратегічних можливостей та інш.

Вищезазначений документ [2] визначає дві категорії індикаторів для *EPE*, а саме:

– *індикатори стану довкілля (Environmental condition indicators, ECI)* надають інформацію про стан довкілля, на який може впливати організація.

– *показники екологічної ефективності (Environmental performance indicators, EPI)* надають інформацію, пов'язану з управлінням організацією екологічними аспектами, і демонструють результативність програм екологічного менеджменту.

Показники екологічної ефективності (*Environmental performance indicators, EPI*) в свою чергу містять наступні індикатори оцінки:

– *показники ефективності управління (Management performance indicators, MPI)* надають інформацію про зусилля керівництва, спрямовані на вплив на екологічну ефективність управління організацією.

– *операційні показники результативності (Operational performance indicators, OPI)* надають інформацію про екологічну результативність діяльності організації.

Параметри *EPI* та *ECI* використовуються як елемент демонстрації досягнень цілей та результативності сталого розвитку організацій, реальний баланс в трьох вимірах сталості (соціальний, економічний та екологічний) через управління значущими екологічними аспектами (широко вживана категорія в сфері управління якістю). Показник *MPI* можуть демонструвати покращення в соціальному вимірі (наприклад, демонстрація реалізації навчання з екологічних аспектів) або в економічному вимірі (наприклад, інвестиції в нові енергозберігаючі технології з метою покращення екологічних аспектів). Індикатори *OPI* визначають результативність в сфері контексту навколишнього середовища (наприклад, оптимізація енергоспоживання).

Конкретизація набору індикаторів оцінки результативності для кожною з категорій показників здійснюється безпосередньо організацією, із врахуванням

масштабу, галузевою специфіки, обсягів техногенного впливу (екологічних аспектів) та інших критеріїв. Головною вимогою до даних, що використовуються, є забезпечення можливості перевірки, узгодженість, порівнянність, доступність та зрозумілість.

Стандартизація в сфері управління впровадженням екологоорієнтованих заходів та технологій із використанням Стандарту ISO 14031:2021 дозволяє організаціям більш ефективно визначати та корегувати стратегічні цілі та оперативні управлінські задачі, що в умовах невизначеності та нестабільності ринкових умов є вкрай актуальним та доцільним інструментом підтримання сталості.

ЛІТЕРАТУРА

1 Попик О.В. Оцінка ефективності впровадження екологоорієнтованих заходів та технологій. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Вип. 16. С. 571-575.

2 ISO 14031:2021 *Environmental management. Environmental performance evaluation. Guidelines*. 2021, 52 p.

Iryna Pochapska, Khrystofor-Yaroslav Khlibyshyn
Lviv Polytechnic National University

SIGNIFICANCE OF INDIVIDUAL AND GROUP CHARACTERISTICS OF STUDENTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Modern approaches to teaching and learning disciplines in the field of higher education should begin with the correct formation of the curriculum and the work program of the academic discipline. Experience shows that teaching a discipline should focus on the peculiarities of students, that is, take into account age (course), which disciplines (related to this one) were previously taught, gender and specialty, the level of knowledge of students. A lecture on the same topic, taking into account the above, will sound differently, as for each specialty there will be its own problematic moments, and the level of students will form the possibilities of the teacher.

The teaching talent fails if the level of previous preparation of students will be too low, or the educational group (or stream) will be very heterogeneous - consisting of “weak” and “strong” students. Of course, the learning process will be interesting and will give effective assimilation of knowledge if the following conditions are met:

1 The teacher will have proper professional training and deep knowledge of the subject and will have the ability to interest.

2 Application of the “bonus” grading system, for example, for quick and quality execution of tasks.

3 The teacher will only evaluate fundamental knowledge of the discipline in a level format, thus, differentiation of evaluation will be ensured.

4 “Strong” students will “pull up” “weaker” students to their level, helping the latter in performing joint tasks in laboratory and practical classes.

5 The process of joint work of students of different levels of intellectual development will encourage “strong” students to self-improvement, as they will act as a kind of tutors for classmates.

Ukrainian students of the 21st century are not always ready and open to change, in addition, they, for the most part, are not inclined to independence, expect that someone (parents, teachers, classmates) will push and encourage them to study.

Individual learning, as well as distance or external, is usually associated with correspondence form of education, but this is not the case. As personal experience shows, individual learning, first of all, is recommended for conscious and capable students who are able to work on their own, strive not only to have a high grade, but also to know, be able and understand the studied material, focusing on the principle that skills and knowledge - are never superfluous.

The aim of the study was to establish possible means of increasing the activity of students in the process of mastering the educational material of the discipline, on the example of the disciplines "Basics of labor protection and safety of life" and "Professional and civil safety".

The peculiarity of studying this discipline is the need for basic knowledge of students in various fields (law, chemistry, physics, ecology, etc.), in addition, the discipline "Basics of Labor Protection and Life Safety" do not belong to professional (profile) disciplines, and therefore, requires more motivation.

The survey conducted among students of 2-4 courses of humanities and technical directions showed that one of the stimuli for studying the discipline is the practical value of the acquired knowledge in future life, the second (no less important indicator) was the competence and professional training of the teacher. Teaching the discipline for students of the 2nd year requires a system of “constant care”, that is, reminders about timely execution of tasks, encouragement, praise-reproaches, etc., because, in fact, we are dealing with former schoolchildren. On the other hand, 4th year students work “for the result” and the concept of “knowledge acquisition” for 60% is secondary. It should be noted that students who, according to the curriculum, study the discipline "Basics of Labor Protection and Life Safety" after studying disciplines, say, "Mathematical and statistical methods of analysis", "Basics of law" or "Psychology of personality", feel significantly more comfortable.

New technical and technological capabilities also change approaches to learning and the learning process. Using the Internet capabilities for information search is a common thing, and for learning - sometimes causes difficulties, since not all students have a proper level of PC and various software products. However, if you do not take into account students who study in directions related to the direct use of computer technologies and means, then approximately only in 10% of the respondents there are problems with the use of virtual learning resources for communication with the teacher in the chat or passing the knowledge check remotely (testing in on-line mode), so they prefer “live communication” or email.

The stimulus for learning and performing current tasks, practically in all respondents, are clearly indicated deadlines for task execution and express surveys. The analysis of current success among master’s students in studying the discipline

"Professional and Civil Safety" showed that the control of material assimilation conducted at the end of each lecture shows success approximately 10-15% higher than similar control conducted after studying the topic, which is considered in several classes. In addition, the level of attention and activity of students is significantly higher. The lesson is accompanied by questions and clarifications from the students, but for some of them this is a stressful situation, primarily, this applies to students oriented "for the result", but after 2-3 express controls the stress factor completely disappears. Avoidance of stressful situations is achieved and the possibility of increasing the received grade due to tasks in the virtual learning environment, provided by the working educational program of the discipline. The said can be equally attributed to students of both full-time and part-time forms of education.

*Приходько В.П., Фролов В.К., Лапковський С.В.,
Данилова Л.М.*

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТЕХНОЛОГІЯ HSM В СУЧАСНОМУ МЕТАЛООБРОБЛЕННІ

Технологія HSM (High-Speed Machining) відноситься до числа найбільш прогресивних і стрімко розвивається. Впровадження сучасних високопродуктивних верстатів з ЧПК у виробництво неможливе без знання принципів високошвидкісного механічного оброблення HSM [1-3].

Вирішальний фактор у оцінці процесу HSM-оброблення – це продуктивність верстатів, які як визначають вартість виробництва, так і амортизацію інвестицій у цілому. У світовому верстатобудуванні сьогодні спостерігається стійка тенденція створення металооброблювальних верстатів, які призначені саме для HSM-оброблення. Досягнення у галузі технології створення різального інструменту дозволили ефективно застосовувати HSM-оброблення у різних галузях [1, 4, 5].

HSM-оброблення – одна із технологій, яка, у порівнянні зі звичайним різанням, дозволяє збільшити ефективність, точність і якість механічного оброблення. Її основна відмінна риса – висока швидкість різання (рис. 1), при якій значно збільшується температура в зоні утворення стружки, матеріал оброблюваної деталі стає більш пластичним, сили різання зменшуються, що дозволяє збільшити швидкість подачі інструмента і підвищити продуктивність оброблення.

Ще на початку 30-х років минулого століття на заводах Круппа у Німеччині була проведена серія наукових досліджень в області підвищення швидкості оброблення. Здійснював ці експерименти Карл Саломон, якого з того часу і прийнято вважати засновником сучасного високошвидкісного оброблення. Карл Саломон припустив, що при швидкості різання, яка у декілька разів вище, ніж при

звичайному обробленні, теплопередача від стружки до інструмента починає зменшуватися.

Ефект HSM обумовлюється структурними змінами матеріалу (через пластичні деформації, що здійснюються з великою швидкістю) у місці відриву стружки. При підвищенні швидкості деформацій сили різання спочатку зростають, а потім, з досягненням певної температури у зоні утворення стружки, починають істотно зменшуватися. Показово, що час контакту різальної кромки з заготовкою і стружкою такий малий, а швидкість відриву стружки настільки висока, що велика частина тепла, яке утворюється у зоні різання, видаляється разом зі стружкою, а заготовка і інструмент просто не встигають нагрітися. Даний ефект відомий давно. Тому у минулому верстатники іноді попередньо нагрівали важкооброблювані заготовки (наприклад, з титанового сплаву).

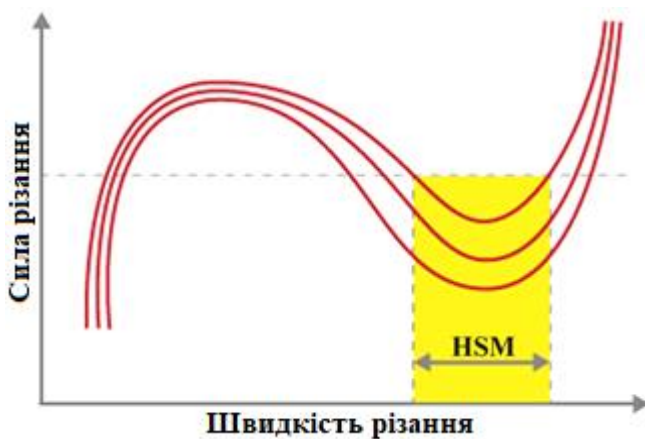


Рисунок 1 – Залежність сили різання від швидкості різання при HSM-обробленні

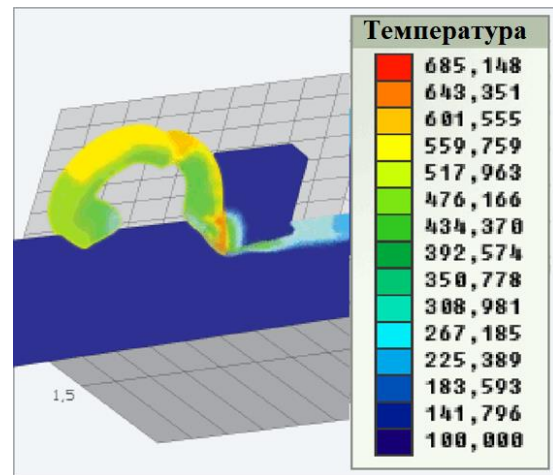


Рисунок 2 – Розподіл температур у зоні стружкоутворення

Формування стружки – це найбільш важливий аспект HSM. Як відомо, під час формування стружки 80% тепла утворюється у зоні механічної деформації матеріалу, 18% – у зоні контакту стружка-інструмент і 2% – у зоні тертя різальної кромки інструмента об заготовку.

Дослідження, які були проведені під час HSM-оброблення з правильно підібраними параметрами, показали, що 75% виробленого тепла відводиться зі стружкою, 20% – через інструмент і 5% – через оброблювану деталь (рис. 2).

Наразі HSM-оброблення використовується в трьох секторах промисловості [1, 5]. Перша галузь – це промисловість, яка займається механічним обробленням алюмінієвих сплавів для виробництва компонентів автомобілів, корпусів приладів або медичних пристроїв. Ця промисловість потребує високопродуктивного процесу видалення металу, тому що технологічний процес складається з великої кількості операцій механічного оброблення. Друга галузь – це авіаційно-космічна промисловість, в якій проводиться механічне оброблення великогабаритних деталей з алюмінієвих сплавів, часто з тонкими стінками. Третя галузь – це інструментальне виробництво, в якому потрібно проводити чистове оброб-

лення твердих матеріалів. У цій галузі важливо досягти високої точності при виготовленні інструментів з важкооброблюваних матеріалів. Але сфера використання HSM-технологій весь час розширюється.

ЛІТЕРАТУРА

1 Schulz H., Moriwaki T. High-speed machining, Ann. of the CIRP, t. 41, nr 2, s. 637-642.

2 <https://www.cnccookbook.com/high-speed-machining-trochoidal-milling-hsm-speeds-and-feeds/>.

3 <https://www.slideshare.net/nikhilkashyap125/high-speed-machining-hsm>.

4 <https://www.moldmakingtechnology.com/careers/high-speed-machining-simplified>.

5 https://www.researchgate.net/publication/245386190_Cutting_conditions_and_tool_optimization_in_the_high-speed_milling_of_aluminium_alloys.

Пронюк І.В., Коней В.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МОБІЛЬНИЙ РОБОТ-МАНІПУЛЯТОР З ФУНКЦІЄЮ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Мобільні роботи-маніпулятори, що являють собою автоматичні рухомі машини, з пристроями у вигляді маніпуляторів, можуть використовуватися для різних завдань, зокрема, для транспортування предметів, пакування, складування, сортування, прибирання та обслуговування промислового обладнання. Вони характеризуються автономністю, можливістю працювати без зупинок протягом тривалого часу, здатністю працювати з небезпечними для людини об'єктами, а також високою надійністю і точністю.

Метою роботи є створення прототипу недорогого і гнучкого в налаштуванні мобільного робота-маніпулятора з функцією ідентифікації об'єктів на основі алгоритмів машинного навчання (рис. 1).

3D-модель робота розроблено з використанням SOLIDWORKS (рис. 1). Проведено оптимізацію конструкції колеса в SOLIDWORKS Simulation за критерієм мінімізації відношення напруження/деформація. Основою робота є дві акрилові плити з отворами. Передні колеса приводяться в рух кроковими двигунами моделі NEMA17 17HS4401 з драйверами DRV8825. Рух на задні колеса передається за допомогою пасової передачі. Задні колеса кріпляться у підшипникових вузлах. На роботі встановлено маніпулятор (5 осей) на основі сервоприводів Tower Pro MG90S і SG90 9G. Для вимірювання відстані до перешкоди використовується ультразвуковий сенсор відстані HC-SR04. Є можливість установити більшу кількість таких сенсорів або сенсори іншого типу. Для транспортування предметів передбачено два пластикові контейнери. Живлення двигунів

(12 В) відбувається за допомогою блоку літєвих акумуляторів 18650. Інші компоненти отримують напругу живлення 5 В за допомогою перетворювача напруги. Радіозв'язок з ПК, на якому виконується керуюча програма, здійснюється за допомогою Bluetooth-модуля моделі HC-06.

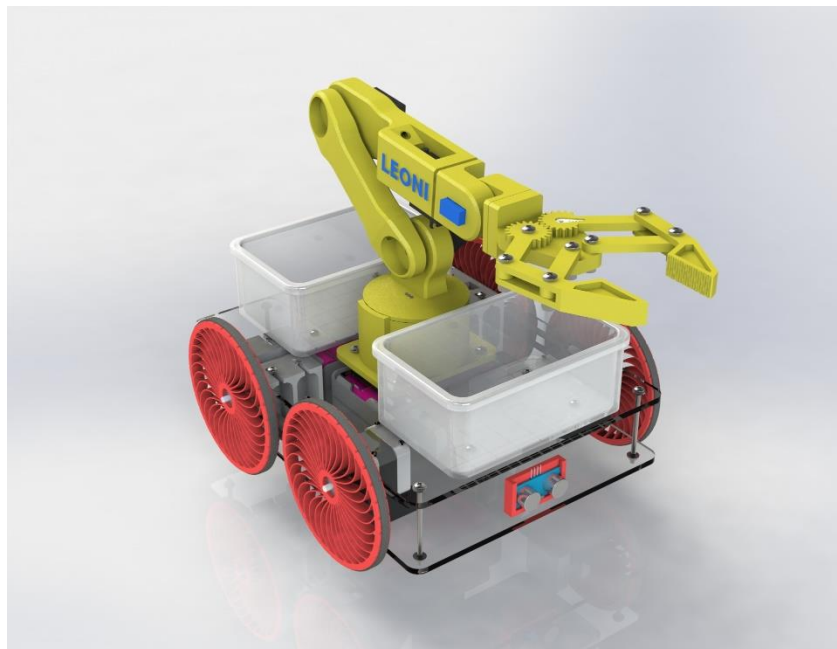


Рисунок 1 – 3D модель робота

Акрилові плити з отворами вирізали на лазерному верстаті з ЧПК центру інноваційного розвитку ІФНТУНГ. Корпуси підшипникових вузлів, колеса, тримачів ультразвукових сенсорів та деталі маніпулятора надруковані на 3D-принтері з пластику PETG. Програми для 3D-принтера готували за допомогою UltiMaker Cura.

Керуюча програма [1, 2], яка виконується на ПК, створена мовою програмування загального призначення Python з використанням її пакетів (pySerial, pyFirmata та інших). Інтерфейсом між керуючою програмою і мікроконтролером (Arduino Uno) робота є скетч StandardFirmata. Передача даних відбувається через UART (за допомогою Bluetooth) з використанням протоколу Firmata. Автоматична робота з ідентифікацією об'єктів ультразвуковим сенсором реалізована за допомогою Python-пакету машинного навчання scikit-learn. Робот сканує сектор і будує бінарну «картину» перешкод [3]. Ці дані передаються попередньо навченому бінарному класифікатору на основі градієнтного підсилення дерев рішень, який прогнозує клас ситуації (1 - об'єкт ідентифіковано, 0 - об'єкт не ідентифіковано).

Висновки. Розроблена конструкція робота, параметрична модель, технологія виготовлення та керуюча програма дозволяють гнучкі модифікації та удосконалення в майбутньому. Дешева конструкція шасі на основі крокових двигунів та пасових передач дозволяє виконувати повороти на місці, забезпечує точність руху, стійкість та надійність. Виконання керуючої програми на ПК мовою Python з її пакетами значно розширює можливості інтелектуального автоматич-

ного керування роботом. Прототип робота планується застосовувати для навчальних цілей, відлагодження алгоритмів керуючих програм і алгоритмів машинного навчання та проведення різноманітних експериментів, з метою використання цих напрацювань в промислових складських роботах. В майбутньому планується доукомплектувати робот більш потужним мікроконтролером з можливістю повністю автономної роботи та системою машинного зору, а також підготувати його до змагань роботів [3]. Матеріали для робота придбано за фінансової підтримки ЛЕОНІ Ваерінг Системс УА ГмбХ.

ЛІТЕРАТУРА

1 Програма для керування Bluetooth Arduino роботом. URL: <https://github.com/vkopey/CNC3018Pro-and-Robot-Arm/blob/main/prog2.py> (дата звернення 30.11.2023).

2 Bluetooth Arduino robot. URL: <https://youtu.be/ftHjnb2bgJ8> (accessed 30.11.2023).

3 Simple mobile robot based on Arduino, Python, pyFirmata and scikit-learn. URL: <https://github.com/vkopey/mechatronics3> (accessed 30.11.2023).

Пустовий А.М., Веремійчук Ю.А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РИНКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ЧАСТКИ ЛІЦЕНЗІАТІВ ГЕНЕРАЦІЇ ВДЕ

Загальносвітова енергетична тенденція збільшення частки відновлювальних джерел в енергетичному балансі, спонукає країни створювати економічно-привабливі умови для будівництва потужностей на базі ВДЕ. По мірі збільшення частки такої генерації в загальному енергобалансі, виникає потреба в переведенні субсидійованих суб'єктів генерації в ринкові умови. Виклики сьогодення, продиктовані енергетичною безпекою, спонукають створювати багато точкової малої генерації, яка за умов роботи поза ринком (без перетоків за балансові межі суб'єкта) стає економічно не вигідною для більшості суб'єктів. Це в свою чергу може зменшити темпи приросту обсягів встановленої потужності ВДЕ, тому ведеться постійна нормотворча робота по створенню умов, для підтримки розвитку нових потужностей ВДЕ, що будуть привабливі для виходу суб'єктів на ринкові умови.

Зміни ринкових обмежень $price-cap$, що були впровадженні у червні 2023 року (вступили в дію з липня 2023 року) наочно демонструють вплив генерації ВДЕ на ринкове ціноутворення (рис. 1).

Вплив на показники середньозважених індексів продемонстровано на рис. 2. Аналіз рис. 2 показує, що пікова електроенергія липня, в години якої наявний великий обсяг пропозиції від фотоелектричних станцій, суттєво здешевлена, відносно пікового індексу червня (і попередніх місяців). Також незвичним

для РДН стає ситуація коли позапікова електроенергія виявляється дорожчою ніж пікова.

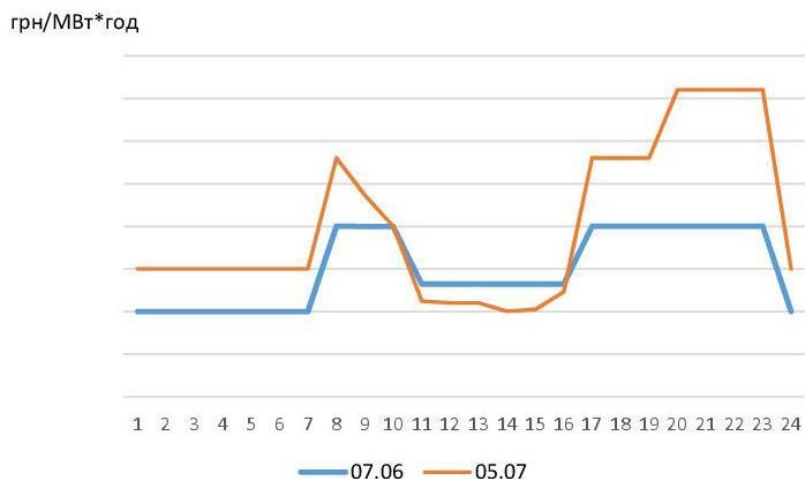


Рисунок 1 – Порівняння ціни РДН за робочий день червня та липня 2023 р

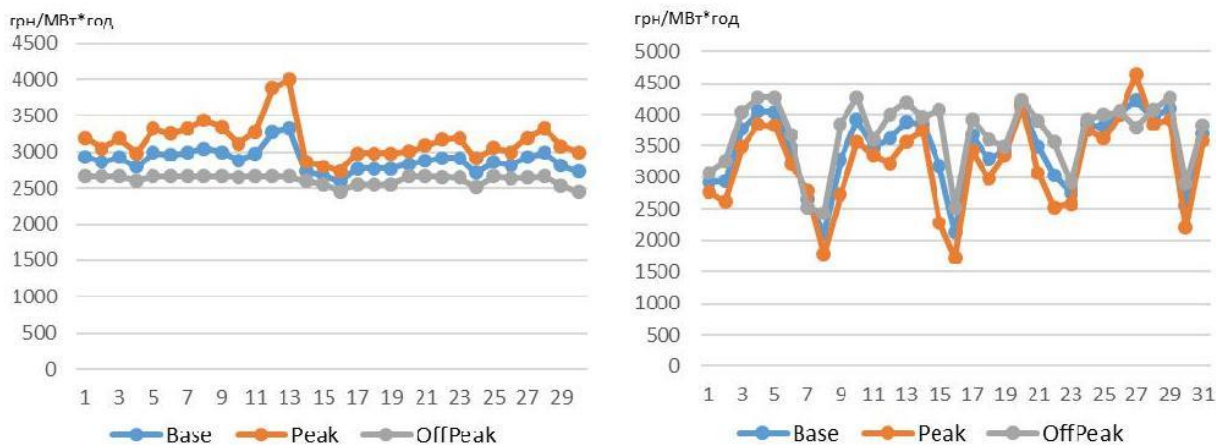


Рисунок 2 – Індекси РДН (а) червень 2023р (б) липень

В умовах дії воєнного стану, все більше підприємств приходять до часткового забезпечення потреб в електричній енергії, шляхом реалізації власних генеруючих комплексів, а зважаючи на нестабільність розподільчих мереж, більшість використовують і установки зберігання енергії (УЗЕ) на базі акумуляторних батарей. Слід зауважити, що параметри таких генеруючих установок гарантують споживання всієї виробленої електроенергії всередині мережі підприємства, а накопичені обсяги в УЗЕ використовуються тільки у разі відключень зовнішньої мережі, тому вони не були зобов'язані отримувати ліцензії на свою генерацію. Останні законодавчі зміни створюють стимул до збільшення встановлених потужностей генеруючих установок, адже тепер підприємства отримують змогу продавати надлишки згенерованої електричної енергії за ринковими умовами. Це дозволить залучити до встановлення ВДЕ підприємства, основне споживання яких припадає на осінньо-весняний період, що відмічається низькою активністю сонячного випромінювання, оскільки в них з'явиться можливість продати літні надлишки на ринку електричної енергії.

З огляду на це, можна стверджувати що кількість ліцензіатів- виробників електричної енергії малої потужності буде стрімко зростати. Що буде мати суттєвий вплив на ринкові ціни на електричну енергію, в сегментах РДН та ВДР. Такий тренд посилить роль постачальників та агрегаторів на ринку, прискорить його диверсифікацію та лібералізацію.

Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Петрикін Є.О.
Державний біотехнологічний університет

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ХВОСТОВОЇ ЧАСТИНИ КОРПУСУ РІЗЦІВ ДОРОЖНЬОЇ ФРЕЗИ

Для видалення пошкоджених шарів асфальтобетонних покриттів застосовують дорожні фрези, робочі органи яких експлуатуються в умовах інтенсивного абразивного зношування з наявністю локальних ударних навантажень при великих швидкостях переміщення та тисках середовища.

Нечисленність наукових праць щодо визначення процесів, які відбуваються на поверхнях матеріалів при різанні асфальтобетонних покриттів обертовими різцями, обумовлює необхідність проведення досліджень у цьому напрямі.

Підходи більшості закордонних та вітчизняних дослідників до вирішення проблеми підвищення терміну служби різців, засновані на удосконаленні матеріалу наконечника як найважливішого елемента конструкції, показали, що застосування дорогих твердосплавних матеріалів не забезпечує значного підвищення строку експлуатації інструментів. Отже, актуальним є здійснення цього завдання шляхом відновлення корпусу різців роздаванням хвостової частини через дослідження механізму та особливостей зношування.

Провели аналіз зносу різців та виявили, що більшість з них придатна для використання, так як форма твердосплавного наконечника не дуже змінилась та може ще використовуватись для подрібнення асфальто-бетонної суміші. Але вони мають знос хвостової частини корпусу різця, що спричиняє випадання різців з різцетримача. Розроблена та запропонована методика відновлення хвостової частини корпусу різців [1].

Розроблено та виготовлено пристосування – закритий штамп для роздавання хвостової частини корпусу різців (рис. 1). Матриця та оправка виготовлені за розмірами нового різця. Матеріал матриці та оправки сталь 45, пуансон виготовлений зі сталі 40Х з послідуочим загартуванням в мастилі.

Для оцінки зміни розмірів до та після осаджування хвостової частини корпусу різця на його поверхні в зоні вимірювання наносились поділкі [2]. Це було зроблено для того, щоб була можливість зробити вимірювання в тих же місцях після осаджування (рис. 2).



Рисунок 1 – Пристосування для відновлення роздаванням

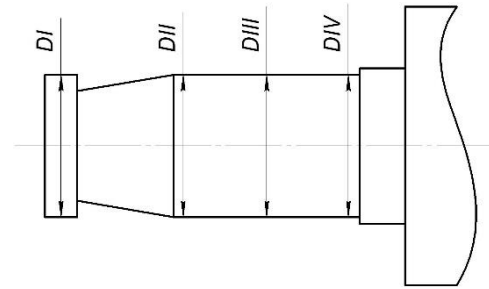


Рисунок 2 – Розміри, що контролюються при відновленні хвостової частини корпусу різця

В основному при роздаванні хвостової частини корпусу різці контролювали розміри d_I , d_{II} , d_{III} , та d_{IV} у двох площинах, перпендикулярно під 90° .

Таблиця 1 – Вимірювання розмірів до роздавання

Місце вимірювання	d_I		d_{II}		d_{III}		d_{IV}	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Різець до зміцнення								
1	16,39	16,40	16,52	16,51	16,36	16,32	16,32	16,38
2	16,45	16,41	16,48	16,46	16,40	16,34	16,32	16,53
3	16,32	16,33	16,52	16,56	16,41	16,35	16,32	16,21

Таблиця 2 – Зміна розмірів після роздавання

Різець після зміцнення	d_I		d_{II}		d_{III}		d_{IV}	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	16,90	16,92	16,60	16,59	16,44	16,37	16,32	16,32
2	16,85	16,85	16,88	16,96	17,09	17,07	16,46	16,44
3	16,72	16,79	16,87	16,83	16,46	16,49	16,32	16,25

Аналізуючи отримані результати (табл. 1 та табл. 2) видно, що навіть при роздаванні в пристосуванні проходить збільшення розмірів й центральної частини хвостової частини корпусу різця. При повторному нагрівання можемо збільшувати величину роздачі центральної частини, чим збільшуємо величину розкиду при виборі різців для відновлення роздаванням. Відновлювати різці доцільно з задовільною геометрією та з наконечником різця, який ще може заглиблюватись й різати асфальтобетонну суміш.

ЛІТЕРАТУРА

1 Технологія відновлення корпусу різців дорожньої фрези / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, Є.О. Петрикін // Тези доповідей 4-ої міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні транспортні технології» Харків, 27–28 листопада 2023 р. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – С. 335-337.

2 Гобиш В.С. Методика дослідження зносу різців дорожньої фрези / В.С. Гобиш, І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов // XIX-й Міжнародний форум молоді «МОЛОДЬ І ІНДУСТРІЯ 4.0 В XXI СТОЛІТТІ». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ДБТУ, 2023. – С. 114.

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ БАГАТОРІВНЕВОГО АНАЛІЗУ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується значним підвищенням цінності інформації, інформаційних ресурсів та технологій. Це призводить до активізації інформаційних відносин у різних сферах життя людини під час виконання різних видів діяльності, пов'язаних з отриманням, зберіганням, користуванням та поширенням відомостей. Конфіденційна інформація, незалежно від сфери відносин, в якій вона використовується, має вагоме значення і цінність для особи, що має доступ до неї. Використання інформації визначається її значущістю у сфері публічного управління для забезпечення державного управління в різних сферах суспільного життя. У приватній сфері інформація є важливою для реалізації та захисту прав держави, фізичних та юридичних осіб. Неправомірний доступ сторонніх осіб до такої інформації може значно пошкодити інтереси як держави, так і приватних осіб, а також загрожувати загальним суспільним інтересам [1].

На відміну від інформації, доступної для всіх, конфіденційна інформація не призначена для розповсюдження на широкий загал осіб. Збереження конфіденційності передбачає віднесення певних даних до інформації з обмеженим доступом і повинно відбуватися відповідно до чинних правових норм. Відповідно до цього, такий вид інформації потребує подвійного захисту та багаторівневого аналізу.

Захист інформації на основі багаторівневого аналізу - це стратегія заходів, спрямованих на забезпечення безпеки інформації на кількох рівнях, щоб ускладнити доступ до неї для несанкціонованих осіб. Цей підхід може використовуватися в різних контекстах, таких як захист даних, мереж та систем та дозволяє створити повноцінну систему безпеки, що охоплює різні аспекти і захищає інформацію на різних рівнях її обробки та зберігання. Інтеграція заходів на фізичному, логічному, мережевому, програмному, соціальному та стратегічному рівнях створює комплексний захист, який ускладнює можливість несанкціонованого доступу та атак. Важливо також наголосити на постійному аудиті безпеки та оновленні стратегій і заходів, оскільки ландшафт загроз може змінюватися з часом.

Впровадження такого багаторівневого підходу сприяє створенню стійкої системи, яка забезпечує конфіденційність, цілісність та доступність інформації, що є основними аспектами інформаційної безпеки.

Багаторівневий аналіз здійснюється за допомогою інструментарія, заснованого на штучному інтелекті, Pleaf. Це інструмент для збору та аналізу моделей бізнес-процесів з розширеною конфіденційністю, щоб охарактеризувати та кількісно оцінити, якою мірою результати процесу призводять до витоку інформації про його входи. Pleaf включає розширюваний набір плагінів аналізу, які дозволяють користувачам перевіряти потенційні витoki на кількох рівнях деталізації.

Інструмент Pleak призначений для підтримки аналізу приватних потоків даних у бізнес-процесах (БП) і програмах підприємства. Він може використовуватися аналітиками, розробниками та супровідниками бізнес-процесів для того, щоб зрозуміти вплив на конфіденційність бізнес-процесів, які використовуються або плануються їхніми організаціями або клієнтами.

Також однією з переваг є покращення загального стану справ у сфері конфіденційності, спростивши аналіз ризиків та оцінку наслідків витоку персональних даних у сучасних системах. Більшість IT-архітекторів або аналітиків не є експертами в галузі інформаційної безпеки і не можуть оцінити технічні ризики, пов'язані з використанням технологій безпеки. Pleak надає їм інструмент, за допомогою якого вони можуть описати свою систему за допомогою елементів приватних даних, зацікавлених сторін, бізнес-процесів і, за бажанням, алгоритмів аналізу даних. Після цього Pleak покаже, як приватні дані проходять через систему, кому і в якому обсязі вони витікають. Це значно розширить коло людей, які зможуть стверджувати, що система побудована з недостатнім рівнем конфіденційності.

Крім того, Pleak пропонує бібліотеку технологій для підвищення конфіденційності (PET), які можна включити в моделі. Після внесення цих технологій у моделі, Pleak проведе їх аналіз і покаже зменшення витоку. Оскільки кожна технологія безпеки базується на певних припущеннях, Pleak також збирає ці припущення та представляє їх для подальшої перевірки. Крім криптографічного аналізу конфіденційності, Pleak також забезпечить диференційований аналіз, який детально вивчатиме витік приватних даних до можливих несанкціонованих адресатів.

Pleak побудований на популярних інструментах, таких як мова BPMN (Business Process Model Notation – нотація моделі бізнес-процесів). BPMN популярна серед аналітиків процесів і систем, і, розширивши її, ми одразу ж орієнтуємося на набагато ширше коло користувачів, ніж могли б, створивши власну мову [2].

Отже, підхід для надійного захисту інформації втілений у наборі інструментів з відкритим вихідним кодом Pleak, який дозволяє аналітикам фіксувати моделі бізнес-процесів, що підвищують конфіденційність, а також характеризувати та кількісно оцінювати, якою мірою результати процесу призводять до витоку інформації про його входи. Pleak включає розширюваний набір плагінів аналізу, які дозволяють користувачам перевіряти, попереджати та захищатись від потенційних витоків на кількох рівнях деталізації.

Багаторівневий підхід дозволяє створити комплексну систему заходів, яка ускладнює атакам доступ до інформації і забезпечує високий рівень безпеки. Загальний висновок полягає в тому, що захист інформації на основі багаторівневого аналізу є ефективною стратегією безпеки в різних контекстах, включаючи захист даних, мереж та систем. Кожен рівень, починаючи від фізичного і закінчуючи стратегічним, виконує своє завдання у створенні комплексної системи заходів. Застосування фізичного захисту, логічного контролю, мережевого захисту, програмних засобів, соціальної усвідомленості та стратегічного планування

створює високий рівень безпеки, ускладнюючи можливість несанкціонованого доступу та забезпечуючи конфіденційність та цілісність інформації. Регулярний аудит та оновлення заходів безпеки важливі для адаптації до змін в ландшафті загроз та збереження ефективності заходів безпеки в часі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Прокоф'єва Д.М. Дослідження змісту категорій інформації з обмеженим доступом відповідно до чинного законодавства України.

2 URL: <https://pleak.io/wiki/pleak>

Рязанцев А.О., Реброва С.В.
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЯКІСТЬ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ З ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

Сучасна концепція модернізації освіти висуває необхідність компетентнісного підходу, який передбачає розвиток ключових компетенцій у здобувачів освіти, необхідних для успішної професійної діяльності напряму механічної інженерії. Такий підхід до підготовки кадрів з вищою освітою висуває на перше місце вміння аналізувати та застосовувати набуті знання, вміння та навички при вирішенні проблем механічної інженерії, а також вміння до постійного саморозвитку, навчання та самовдосконалення.

Аналіз досвіду освітніх систем багатьох зарубіжних країн засвідчив, що одним зі шляхів оновлення змісту освіти й освітніх технологій, узгодження їх із сучасними потребами, інтеграції до світового освітнього простору є орієнтація фахової підготовки на компетентнісний підхід та створення ефективних механізмів його запровадження. Вимоги до результату вищої освіти формулюються категоріями «компетенції», «компетентність».

Ефективна організація самостійної роботи створює умови для підвищення рівня навчальних досягнень здобувачів освіти, розвитку професійно значущих якостей особистості, творчих здібностей, самостійності та активності, тим самим сприяючи становленню та розвитку професійної компетентності майбутнього фахівця з прикладної механіки. Чим вище рівень самостійної пізнавальної діяльності студента, тим вища його здатність до подальшого професійного зростання, а відповідно й конкурентна спроможність його на ринку праці. Цифрові технології і є тим інструментом, який ефективно допомагає вирішити таке комплексне питання.

Забезпечення високої якості освіти в умовах воєнного стану, коли основною формою стала дистанційна та змішана форми навчання, не можливе без інформаційно-цифрових технологій. В умовах дистанційної та змішаної форми навчання впровадження цифрових технологій – це єдиний спосіб здійснення освіт-

нього процесу. Вони дозволяють студентам та викладачам бути взаємопов'язаними та взаємодіяти у віртуальному середовищі, незважаючи на географічну відстань між ними. Цифрові інструменти навчання дозволяють розширити доступ до якісних освітніх ресурсів та інноваційних методик, значно підвищити результативність управління самостійною роботою здобувачів освіти, створюють сприятливі умови для здійснення всіх етапів пізнавальної діяльності. Студенти отримують усю необхідну методичну допомогу, мають можливість самостійно розраховувати власні сили та час для підготовки до занять. Велика кількість цифрових інструментів у якості програмних продуктів застосовується при вивченні фундаментальних дисциплін та конструкторської підготовки. Розвиток штучного інтелекту дозволяє значно скорочувати час наукового пошуку. Таким чином, у сучасних умовах здійснення жодної складової освітнього процесу, а саме навчальної, наукової, методичної та виховної, не можливе без застосування цифрових ресурсів.

Цифрові технології безперервно розвиваються і їх кількість постійно зростає, тому виникає необхідність у дослідженні ефективного застосування тих або інших цифрових інструментів, а також методів їх впровадження у навчальний процес, забезпечуючи диференційний підхід до вибору цифрових ресурсів в залежності від освітньо-професійного напрямку навчання здобувача освіти.

Виникає питання дослідження дозування використання цифрових інструментів у навчальному процесі. Наприклад, перенасичення навчання різноманітними тестами може призводити до втрачання комунікативних здібностей, вміння формулювати особисту думку, а також існує велика вірогідність вгадування правильної відповіді.

Задачею викладача-освітянина є не тільки підготовка здобувача, як майбутнього фахівця у своїй спеціалізації, а й цілісної особистості здатної до творчого розвитку усе подальше життя. Розвиток творчості як у здобувача освіти, так і у особистості в цілому це здатність до аналітичного, критичного та просторового мислення, здатність до селекційної роботи і, як наслідок, генерування абсолютно нових ідей, наукових закономірностей, інженерно-технологічних інновацій тощо. Цифрові технології забезпечують доступ до нових інструментів та ресурсів, сприяють співпраці та обміну ідеями між науковцями, значно розширюють інформаційне поле людини, але вони не можуть навчити людину аналізувати, створювати, мислити творчо. Виникає необхідність постійного дослідження грамотного застосування цифрових технологій, щоб не втратити найважливішу компетенцію, яка притаманна людині – здатність до мислення та творчості.

ВИКОРИСТАННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХНЕУ ІМ. С. КУЗНЕЦЯ

Сучасний етап науково-технічного розвитку характеризується новими підходами до економіки, насамперед як до креативної економіки, динамічністю виробничих процесів, високим ступенем взаємного доповнення та узгодженості нових знань, здобутих у різних галузях науки та техніки.

Це потребує нових, більш ефективних підходів до навчання молоді, спрямуванням їх розуміння щодо важливості інноваційних технологій, зацікавленості переваг для суспільства використання ініціативних людей для скорочення термінів виробництва і реалізації продукції [1-2].

Саме з таких міркувань в ХНЕУ ім. С. Кузнеця функціонує навчальна лабораторія «Інноваційних технологій», створена на базі ФабЛаб для надання вільного доступу студентів, школярів, ініціативних людей до сучасного обладнання, необхідного для розвитку навичок до технічної творчості: 3D принтерам, лазерно-гравіювальному та фрезерному верстатам, наборам та конструкторам Arduino, платам Raspberry та датчикам для IoT (Internet of Things), іншим інструментам та електроніки. Набуті в лабораторії знання та особистий, отриманий без нав'язливого тиску, досвід, як школярів, так і студентів, призводять до збільшення бажань глибшого вивчення предмета, розвиваючи позитивну мотиваційно-ціннісну основу майже кожної професії.

Особливо важливе те, що освоєння 3D-моделювання сприяє розвитку комунікативної компетентності, знань культурних норм та обмежень у спілкуванні, звичаїв, традицій, етикету у сфері спілкування, у комунікативних засобах, властивих національному менталітету, що виражаються на етапах створення 3D-моделей, впливають на вибір майбутньої професії.

Завдяки 3D-моделюванню стає більш ефективним:

- розвиток інноваційного мислення та інженерної креативності молоді;
- навчання школярів, студентів, аспірантів та творчої молоді 3D - моделюванню, 3D друку, опануванню цифрового прототипування, подальшого використання 3D-принтерів, лазерного обладнання та ЧПУ-верстатів;
- підвищення якості підготовки фахівців та покращення здатності до працевлаштування студентів через взаємодію університету, бізнесу та промисловості на базі знань, отриманих в навчальній лабораторії;
- створення умов для стимулювання молодіжного підприємництва;
- залучення студентів до вибору інженерних дисциплін в вузах гуманітарного спрямування;

- підвищення кваліфікації (або отримання нових компетенцій) викладачів у галузі розробки Internet of Things (IoT), 3D моделювання, 3D друку та цифрового прототипування.

Деякі приклади виробів різного призначення приведені на рисунку.

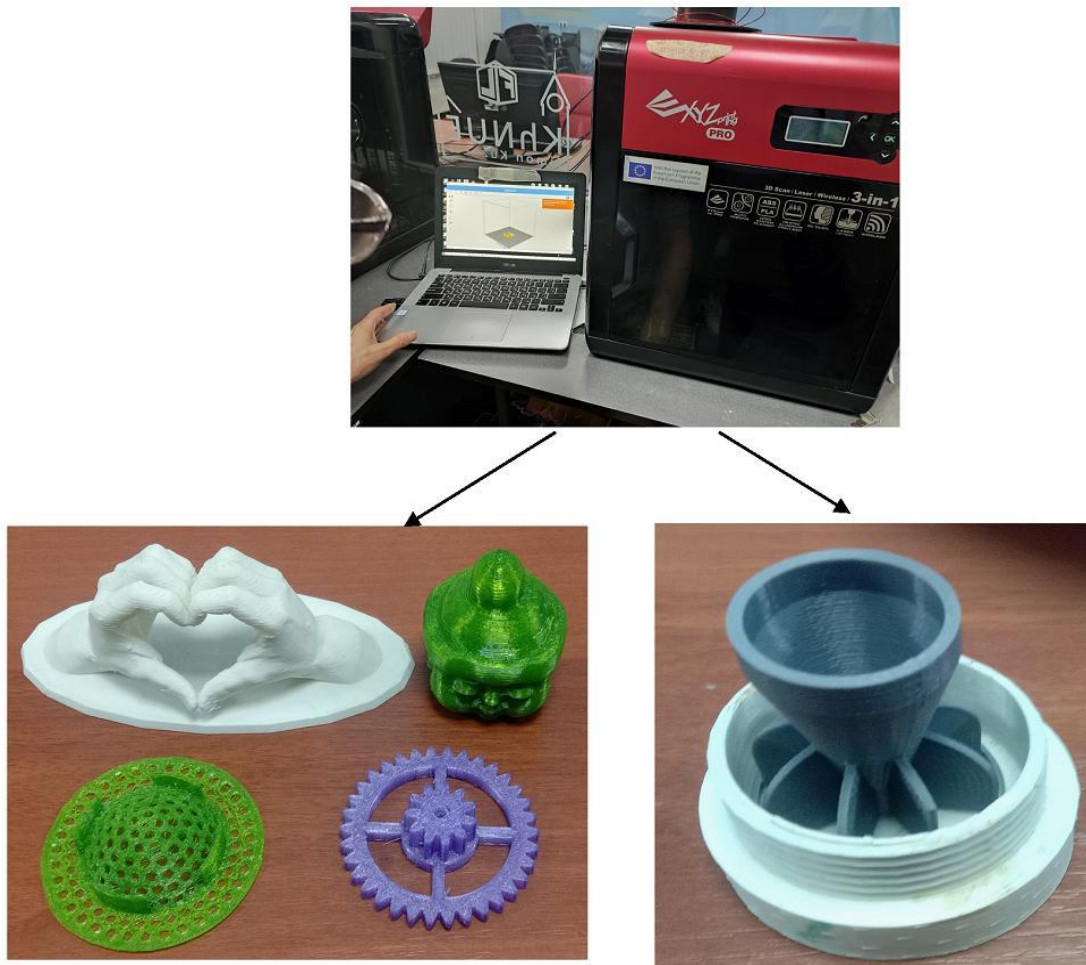


Рисунок – Приклади виробів, що друкувались на 3D-принтері

Таким чином, завдяки 3D - моделюванню можуть реалізуватися найрізноманітніші, потенційно найважливіші напрями проектної діяльності, результати яких можуть поліпшити і навіть зберегти в критичних умовах необхідний рівень якості життя та екології Землі, дозволяє заощаджувати кошти, знизивши до мінімуму ризик небажаних втрат від виконання неспроможного виробничого зразка.

ЛІТЕРАТУРА

1 Проривні технології в економіці і бізнесі (досвід ЄС та практика України у світлі III, IV і V промислових революцій): навчальний посібник / за ред. Л. Г. Мельника та Б. Л. Ковальова. – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 180 с.

2 Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» перед учеными Украины // Вестник ХНТУ, 2017., №2(61). – с. 67-75.

РОЗРОБКА МОБІЛЬНИХ ІМПУЛЬСНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ

Необхідність підвищення ефективності існуючих методів ліквідації аварій, що супроводжуються збільшенням збитків внаслідок пожеж, вимагає подальшого удосконалення високотехнологічних пристроїв для усунення зон загоряння та їх ліквідації на ранніх етапах виникнення. Перш за все, перспективними методами та пристроями слід вважати такі, що використовуються з мінімальною присутністю людини або збільшенням дистанції до небезпечної зони для пожежників та рятувальників і забезпечують зменшення витрат часу на ліквідацію пожеж.

Важливими обставинами при виборі методів пожежогасіння буде не лише збільшення інтенсивності навантажень на вогнище різноманітними силовими потоками, а й можливість з найменшими зусиллями доставляння в зону пожежі необхідну кількість спеціальних пристроїв, зручних у використанні, маса яких б не перевершувала 20-40 кг, для найшвидшого усунення джерел займань, наприклад безпосередньо вогнеборцями [1-2].

При створенні такого типу пристроїв, мобільних та зручних у використанні, слід ураховувати доцільність, на наш погляд, застосування швидкодіючих імпульсних пристроїв, дія яких на палаюче середовище може мати як одно миттєвий, так і ланцюговий характер, коли спрацювання одного елемента пристрою повністю або частково стає передумовою роботи другого або підсилює його дію.

Прикладами перспективних рішень, що можуть бути ураховані при створенні мобільного малогабаритного пристрою для дистанційного гасіння пожежі можна назвати такі пристрої, у яких робочими (силовими) органам будуть спеціальні пристрої з вибуховими в зоні пожежі камерами (додатково наповнені паром, інертними газами). Парові вогнегасники можуть бути ефективними в умовах обмеження наявності води, що перетворюється в пару після спрацювання розміщеного у них термозаряду. Також можливе вкидання у зону пожежі в якості снаряда і контейнерів для заряду вибухової речовини (А.с. СРСР N 1007261), де робочий орган – заряд з вибухівкою – розміщується у ємності з двошаровими стінками, щілина між якими заповнюється рідиною – водою або спеціальними розчинами. Вкидання контейнера або іншого типу вогнегасника можуть ефективно забезпечувати газодетонаційні пристрої [2].

Приклад виконання такого імпульсного пристрою наведено на рисунку.

Особливістю запропонованого мобільного пристрою є використання як металюного органу газодетонаційної камери 1, що може бути розташована одна або декілька (дві на рис.) на опорі, переважно на колісній 5. Інші елементи - це – вогнегасники 2, виконані як спеціальні снаряди, наповнені, наприклад, паром [1] та балон з окиснювачем 3 (кисень або повітря) і балон 4 з горючим газом або

газогенераторним пристроєм спеціальної (за умови мінімізації його маси) для вироблення горючого газу (наприклад, ацетилену).

Елементи мобільного пристрою можуть бути виконані при необхідності для роздільного їх доставляння в зону пожежі з наступним складанням для застосування в оптимальних умовах, залежності від уточнення обставин аварії.

Розміри такого пристрою визначаються, перш за все, розмірами пристрою для метання снаряду-вогнегасника, а саме розмірами газодетонаційної камери, довжина якої, зазвичай як трубки, у 20-30 разів більша за її внутрішній діаметр.

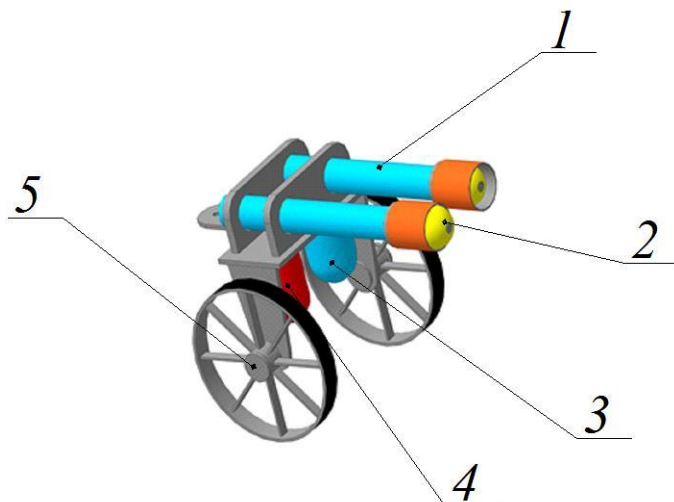


Рисунок – Малогабаритний мобільний (пересувний) пристрій на колісній платформі для метання вогнегасників з робочою рідиною (3D-модель): 1 – імпульсний пристрій типу газодетонаційна камера; 2 – вогнегасник (переважно куля); 3 – балон з окиснювачем (кисень або повітря); 4 – балон з газогенераторним пристроєм для горючого газу (наприклад, ацетилен або); 5 – пересувна опора (колісна)

Тиск в порожнині імпульсної камери вибирається з енергетичних міркувань – забезпечення метання снаряду-вогнегасника 2 на певну за міркуваннями безпеки дистанцію до вогнища, але не менший, ніж 0,15-0,2 МПа.

Застосування запропонованого вогнегасника як снаряда до мобільного малогабаритного пристрою для дистанційного гасіння пожежі дозволить підвищити ефективність придушення пожежі при ліквідації лісових пожеж (попереднім розташуванням на сприйнятливій дистанції від зони пожежі), ліквідації пожежі енергоносіїв (нафти та палива) завдяки мобільності і швидкодії застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1 Пат. № 98004 Україна. Вогнегасник / М.Ф. Савченко, В.В. Воліков, М.М. Савченко; опубл. 10.04.12, Бюл. № 7.

2 Пат. № 91442 Україна. Пристрій для дистанційного гасіння пожежі // М.Ф. Савченко, В.В. Воліков; опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14.

ЕКОЛОГІЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ В УКРАЇНІ

Наразі економічний розвиток України невпинно адаптується до впливу глобалізації світових економічних процесів, можна спостерігати збільшення використання природних ресурсів та підвищення рівня забруднення навколишнього середовища. Це викликає приріст суспільного попиту на розвиток екологічно безпечних технологій, територій, продукції та послуг.

Сучасні люди все більше обурені питаннями екології та стають більш обізнаними і свідомими щодо впливу продукції на їх здоров'я та довкілля. У зв'язку з цим великого значення набуває впровадження екологічної сертифікації.

Проте, наразі існують проблеми, які пов'язані з неактивним використанням та недостатньою визначеністю екологічної сертифікації в українському законодавстві. Актуальним завданням стає адаптація українського законодавства до європейських стандартів, оскільки це сприятиме вдосконаленню конкурентоспроможного та високотехнологічного виробництва в Україні [1].

Екологічна сертифікація підприємства – це процес при якому підтверджують відповідності об'єкта сертифікації природоохоронним вимогам, встановленим чинним законодавством, державними стандартами та іншими нормативними документами, включаючи міжнародні та національні стандарти інших країн, прийняті відповідно до законодавства.

Основна мета екологічної сертифікації це заохочення виробників впроваджувати технологічні процеси та розробляти товари, які мінімально впливають на природне середовище, а також гарантують споживачеві безпеку продукції для його життя, здоров'я, майна та навколишнього середовища.

Для багатьох видів продукції наявність екологічного сертифіката або знака стає важливим чинником конкурентоспроможності, спонукуючи виробників до вдосконалення своєї продукції в напрямку більшої екологічної безпеки.

Екологічна сертифікація може розглядатися як система перевірки та технічних випробувань продукції, діяльності і об'єктів для визначення відповідності встановленим нормативним документам, а також включає подальший технічний нагляд за сертифікованою продукцією [2].

В Україні система екологічної сертифікації почала розвиватися у відповідності до вимог ДСТУ ISO 14024 з 2003 року як незалежна і добровільна система. Її створення спрямовано на підтримку формування ринку продукції з кращими екологічними характеристиками за чітко визначеними критеріями оцінки.

Забезпечення ефективного функціонування системи передбачає такі етапи:

1 Розробляння, узгодження, прийняття та періодичний перегляд екологічних критеріїв оцінювання життєвого циклу (стандартів), які дозволяють оцінити поліпшені екологічні та функціональні характеристики об'єктів стандартизації.

2 Оцінювання відповідності об'єкта сертифікації вимогам екологічних критеріїв через процедуру сертифікації.

3 Здійснення нагляду за сертифікованими товарами, послугами чи об'єктами нерухомості, що включає перевірку відповідності вимогам екологічних критеріїв та правилам застосування екологічного маркування.

4 Забезпечення міжнародного визнання результатів оцінювання.

Екологічна сертифікація стає невід'ємною частиною виробничих практик, в першу чергу, для виробників, які впроваджують технології більш чистого виробництва та інновації. Це спрямовано на поліпшення характеристик товарів чи послуг у відношенні до їх впливу на довкілля та здоров'я людини протягом усього життєвого циклу [3].

В Україні екологічна сертифікація поки не набула широкого поширення через низький рівень соціальної свідомості, недосконалість законодавства та відсутність відповідної підтримки від держави для виробників. Відповідно до наявного документу ISO, екологічна сертифікація у країні має добровільний характер і обмежується рекомендаціями стосовно відповідності національним вимогам.

Таким чином, можна зазначити, що для виробників товарів та послуг в Україні екологічна сертифікація може виступати як інструмент для підвищення конкурентоспроможності на міжнародному ринку. Введення екологічної сертифікації може бути засобом стимулювання підприємств до впровадження екологічно чистих технологій та практик, що в свою чергу може призвести до покращення екологічної ситуації в країні. В довгостроковій перспективі впровадження екологічної сертифікації може сприяти підвищенню економічного стану країни через залучення інвестицій, підвищення якості виробництва та забезпечення сталого розвитку [4].

ЛІТЕРАТУРА

1 Хрещева О. Г. Екологічна сертифікація в Україні та країнах ЄС, 2018 – С. 83 – 95.

2 Екологічне право: [підруч. для студ. юрид. спец. вищ. навч. закл.] / за ред. А. П. Гетьмана. – Х.: Право, 2013. – 432 с.

3 Берзіна С.В., Капотя Д.Ю., Бузан Г.С. Екологічна сертифікація та маркування. Методичний довідник. – К.: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 114 с.

4 Михалевич, А. П. Екологічна сертифікація в Україні та ЄС: проблеми та перспективи розвитку / А. П. Михалевич, О. М. Салавор // Європейські виміри сталого розвитку: збірник наукових статей за матеріалами IV Міжнародної науково-практичної конференції, 20-21 жовтня 2022. – Київ : НУХТ, 2022. – С. 97-108.

STEM ОСВІТА, ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ДОПОМОГИ ШКОЛЯРАМ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

У сучасних умовах військового стану, особливо у тих областях країни, де впроваджена система дистанційного навчання, дуже складно підтримувати якість освітнього процесу під час занять в режимі онлайн. Альтернативною моделлю навчання є неформальна освіта, яка дозволяє поглибити знання школярів. Однією з таких моделей є робота STEM лабораторій.

Метою даного дослідження є систематизація досвіду роботи STEM лабораторії та оцінка її ефективності у якості інструмента неформальної освіти.

Питаннями STEM освіти приділено багато уваги у сучасній практиці та літературі, зокрема, дослідженнями даного питання займались: Барна О. [1], Балик Н., Весела Н. [2], Гончарова Н. [3], Кузьменко О. [4] та інші.

Враховуючи значний доробок методичних рекомендацій та дослідження STEM освіти, питанням оцінки ефективності неформальної освіти та організації діяльності STEM лабораторій приділено недостатньо уваги.

Спираючись на власний досвід організації роботи STEM лабораторії, ми проведемо відповідне дослідження впливу її діяльності на формування освітніх компетенцій у школярів. Наша лабораторія знаходиться у Харківському національному економічному університеті ім. Семена Кузнеця. Так, дійсно, в економічному. Хоч напрям університету і не «точні науки», але ми допомагаємо учням шкіл, використовуючи STEM підходи у навчанні таких наук, як фізика, хімія та робототехніка.

STEM освіта – це дуже цікаве спрямування у сфері освіти дітей у рамках доуніверситетської освіти. STEM це акронім, який є аббревіатурою, яка складається з наступних слів: природничі науки (Science), технології (Technology), технічна творчість (Engineering), мистецтво (Art), математика (Mathematics).

STEM – освітня програма, яка дозволяє учневі ближче познайомитись з тим, як на практиці реалізуються теоретичні концепції. Поширення STEM зумовлене дефіцитом спеціалістів у галузях математики, природничих, комп'ютерних наук та технологій. Найбільш активно просувають STEM – підхід в освітньому напрямку Сполучених Штатів Америки. Програма STEM впроваджується на державному рівні. Такий підхід запроваджено у багатьох університетах Сполучених Штатів Америки. STEM – освіта відокремилася у 2001 році, Е. Рауп заснував організацію «Ініціативна наука» і вперше використав у документах поняття STEM. В Україні ця освітня програма теж починає потроху розвиватися.



Наш університет також бере естафету в освітній гонці. Починає розвивати STEM лабораторію. Для дітей ми приготували різні майстер класи з фізики, в яких безпосередньо приймають участь школярі. Ми розповідаємо дітям про різні фізичні явища, показуємо різні експерименти, які дають їм розуміння фізичних явищ. При цьому результати проведення експериментів показуємо, у тому числі і на екранах комп'ютерів, що дозволяє дітям більш повно зрозуміти їх сутність та отримати первинні знання із сучасних комп'ютерних технологій.

До нас приходять діти з різних шкіл, різної підготовки та різного віку. Це все відкриває дітям сферу спілкування та отримання знань.

Перший семестр роботи STEM лабораторії довів, що, завдяки роботі STEM лабораторії у школярів 7-11 класів:

- зростає цікавість до вивчення учбового матеріалу;
- краще сприймається учбовий матеріал та засвоюються теоретичні знання;
- розвиваються комунікативні та пізнавальні навички;
- збільшується активність школярів під час експериментів.

Таким чином, робота STEM лабораторії дозволяє підвищити ефективність освітнього процесу та отримати багато позитивних ефектів у навчальному процесі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Барна, О. В., Балик, Н. Р. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. Електронна версія: <http://elar.ippp.edu.ua:8080/bitstream/123456789/4559/1/Barna.pdf>

2 Весела, Н. О. (2017). STEM-освіта як перспективна форма інноваційної освіти в Україні. Електронна версія: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/175>

3 Гончарова, Наталія Олександрівна. Понятійно-категоріальний апарат з проблеми дослідження аспектів STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки* 10 (2017): 104-114. Електронна версія: <https://core.ac.uk/download/pdf/187134101.pdf>

4 Кузьменко, Ольга. "Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти. Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. 9 (3) (2016): 188-190.

АНАЛІЗ СТОНШЕННЯ МЕТАЛУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГНУТИХ ПРОФІЛІВ

Актуальність роботи.

Гнуті профілі прокату широко використовуються у будівництві, автомобілебудуванні та інших галузях економіки. В умовах сучасної конкурентної економіки одними з ключових напрямів розвитку виробництва є підвищення його ефективності за рахунок зниження енергоспоживання та матеріаломісткості, які можливі при виробництві виробів, одержуваних профілюванням, питанням технології виробництва гнутих профілів та освоєння їх виробництва в Україні приділялася значна увага.

Мета роботи.

Дослідження деформованого стану металу при його

Задачі роботи.

1. Визначити теоретичні значення стоншень у місцях згинання.

2. Виконати експериментальні дослідження стоншень у місцях згинання.

3. Зіставити значення стоншень, отриманих теоретичними та експериментальними методами.

Основний зміст роботи.

Експериментальні дослідження виконані на гідравлічному пресі УІМ-50. В ході експерименту зразок розмірами $30 \times 80 \times S$ мм (S – товщина металу, що дорівнює 1 мм) послідовно підгинався на кути 90° , 120° та 180° при радіусах у місці згинання, рівних S , $2S$ та $3S$. Вимірювання виконувались геометричними методами.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень стоншень місць згинання зразків

R	S	Значення стоншень, мм		Розмір розходження	
мм		теоретичні	експериментальні	абсолютний, мм	відносний, %
s	1	0,365	0,334	0,011	9,2
$2s$		0,290	0,271	0,009	7,01
$3s$		0,253	0,244	0,009	3,7

Примечание:
 S – товщина металу; R – радіус місця згинання

На підставі експериментальних досліджень побудовано графіки, які описують розподіл деформацій у місці згинання.

В результаті виконаних досліджень отримано наступні дані:

- розподілу напружень та деформацій на ділянці згинання;
- залежність зусилля згинання від ходу пуансона (рис. 1).

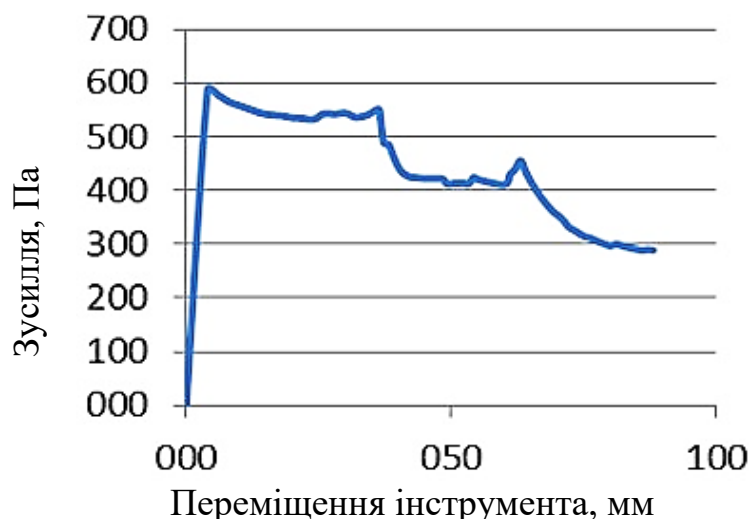


Рисунок 1 – Графік залежності зусилля на інструменті від переміщення інструменту

На рис. 2 наведено графік, який описує залежність величини деформації від кута згинання зразків товщиною 1 мм

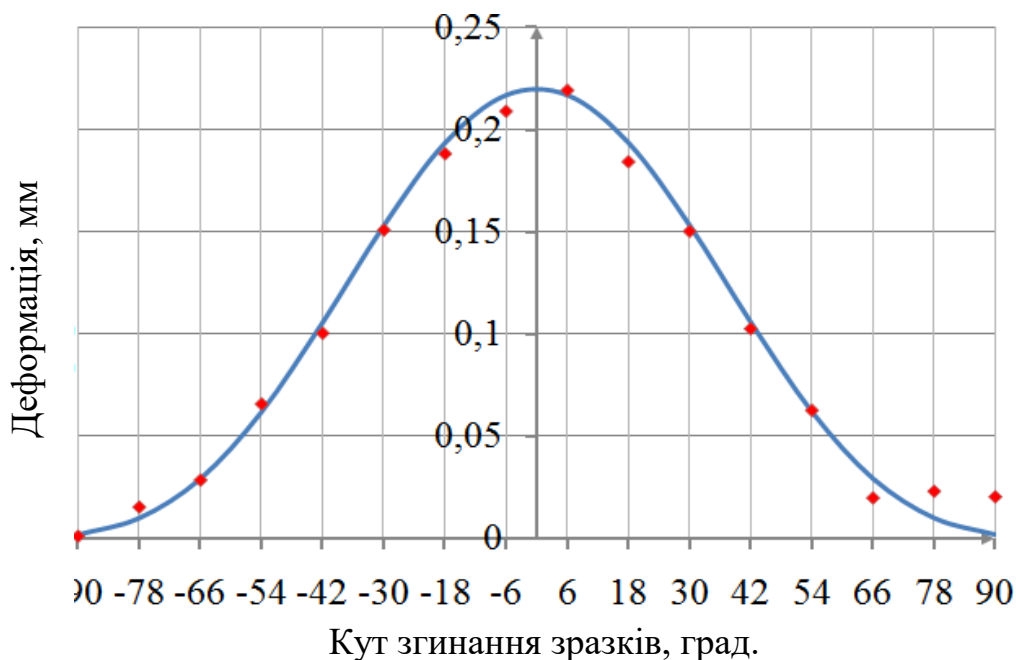


Рисунок 2 – Залежність величини деформації від кута згинання зразків товщиною 1 мм

Висновки.

1. Виконано теоретичний аналіз та експериментальні дослідження процесу згинання листового металу.

2. Встановлено, що теоретичний аналіз процесів вигину листового металу забезпечує достатню для інженерних розрахунків точність (похибки не перевищує 5 – 10 %).

ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЖОРСТКОСТІ ВЕРСТАТІВ

В експериментах статичні вимірювання виконані з метою визначення змінності характеристик жорсткості верстатів при обертальних та поступальних переміщеннях робочих органів, а також отримання деяких силових характеристик (наприклад, натяг підшипників і постійних складових зусиль різання).

Вимірювання радіальної жорсткості, тобто жорсткості у напрямку нормалі до осі шпинделя, виконувались на оздоблювально-розточувальних верстатах із застосуванням спеціального оснащення. На шпindelній головці 3 (рис. 1а) встановлювалася контрольна консольна оправка 2 діаметром 30 мм, довжиною 100 мм, що імітує типову борштангу. Кутіві положення шпинделя визначалися по лімбу, розміченому через 10° , а пристосування 1, що навантажує і вимірювач радіальних переміщень поверталися слідом за шпинделем. Для визначення змінності жорсткості шпindelного вузла з оправкою застосовувалося пристосування, що закріплюється на поверхні моста верстата (рис. 1б).

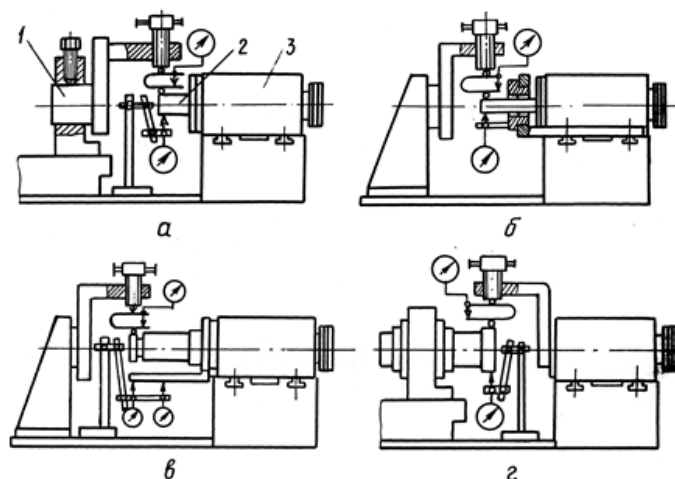


Рисунок 1 – Схеми вимірів жорсткості залежно від кута повороту шпинделя оздоблювально-розточувальних верстатів: а – на консольній оправці відносно столу; б – на консольній оправці відносно поверхні мосту у зоні кріплення шпindelної головки; в – на шпindelі з винесеними опорами для оцінки впливу корпусних деталей; г – на пристрої з деталлю.

При вимірах жорсткості шпинделя з винесеними опорами, крім переміщень різцевої головки, визначалися лінійні та кутові переміщення важеля, закріпленого на фланці корпусу шпindelної головки (рис. 1в). За цими даними оцінювали внесок деформацій корпусних деталей у радіальні пружні переміщення різця.

При вимірюваннях змінності жорсткості настановно-затискного пристосування з деталлю (рис. 1г) навантажувальний пристрій закріплювався на фланці шпинделя. Зміни напрямку радіальної сили задавалися поворотом шпинделя у відповідності з умовами навантаження при розточуванні.

*Степанов М.С., Літовченко П.І., Мироненко О.Л.,
Іванова Л.П., Іванова М.С.*
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Національна академія Національної гвардії України

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХОНЬ ШЛІФУВАЛЬНОЇ БАБКИ, ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕПЛОВОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН

Шліфування, в тому числі кругле, відрізняється високою енергонасиченістю процесу, що визиває теплові деформації технологічної системи і викликає зниження точності обробки. Величина погрішностей розмірів і форми шліфованих деталей значною мірою визначається погрішністю положення шпинделя із встановленим на ньому шліфувальним кругом.

Робота, що пропонується, присвячена визначенню температури на поверхнях шліфувальної бабки (ШБ) круглошліфувального верстату і дослідженню теплових потоків і потоків охолодження, що діють на неї, та визначення впливу її теплового стану на положення шпинделя шліфувального круга.

Тепловий стан технологічних рідин відіграє значну роль у формуванні теплового поля верстата, тому зменшення теплового впливу технологічних рідин на елементи верстата є досить актуальною задачею. Оскільки опори шпинделя встановлені в корпусі ШБ, погрішність положення осі шпинделя визначається тепловими деформаціями бабки, що виникають під дією теплових потоків на її поверхні. Значною мірою, теплові потоки на поверхнях шліфувальної бабки пов'язані з зміною температури технологічних рідин, що використовуються у шліфувальних верстатах, в першу чергу, мастильно-охолоджуючої рідини (МОР), а також робочих рідин гідросистеми верстата, гідроприводу подач, мащення.

Авторами розроблено і запатентовано конструкцію пристрою для подачі МОР у зону різання, який одночасно захищає передню стінку ШБ від попадання на неї розігрітої МОР. В даній роботі викладаються результати дослідження ефективності застосування розробленого пристрою при круглому шліфуванні деталей.

При дослідженнях вивчався взаємовплив потоків нагріву і охолодження, що утворюється під дією технологічних рідин – МОР і робочої рідини в опорах шпинделя. Під час дослідження розглядалися наступні випадки: 1) шліфування без використання захисного пристрою; 2) шліфування із використанням захисного пристрою.

Випадок 1. Розігріта МОР із зони різання змішується з потоком повітря, який утворюється при обертанні шліфувального круга, утворюючи потік аерозольної суміші, і цей потік попадає на передню і ліву бокову стінки шліфувальної бабки.

При цьому:

– на передній стінці має місце нагрів від дії теплоти, що надходить від підшипникових вузлів через стінку корпусу; нагрів від потоку аерозольної суміші, що складається з нагрітої МОР і потоку повітря, який утворюється при обертанні шліфувального круга;

– на лівій боковій стінці має місце нагрів від дії теплоти, що надходить від підшипникових вузлів через стінку корпусу; нагрів від потоку аерозольної суміші, що складається з нагрітої МОР і потоку повітря, який утворюється при обертанні шліфувального круга, і цей потік попадає на ЛБС;

– на правій боковій стінці: нагрів від дії теплоти, що надходить від підшипникових вузлів через стінку корпусу; охолодження потоком повітря, який утворюється при обертанні шківів клинопасової передачі.

Випадок 2. При цьому на стінках шліфувальної бабки протікають наступні процеси теплообміну:

– на передній стінці: нагрів від дії теплоти, що надходить від підшипникових вузлів через стінку корпусу; охолодження потоком повітря, який утворюється при обертанні шліфувального круга;

– на правій боковій і лівій боковій стінках тепловий процес залишається таким же як і у випадку I.

Таким чином на поверхні ШБ діють теплові потоки і потоки охолодження, які утворюють складний процес теплообміну, при цьому, тепловий стан ШБ здійснює вплив на величину зміщення осі шліфувального круга та на точність шліфованих деталей.

Для визначення параметрів складного теплового стану ШБ, що впливає на точність шліфування, передбачається проведення динамічного теплового аналізу в середовищі PTC CREO Simulate з використанням методу скінчених елементів. В даній роботі розроблено математичну модель, яка описує систему теплових полів ШБ, і отримано залежності для розрахунку температури на всіх поверхнях ШБ.

Для розрахунку температури на всіх поверхнях ШБ розроблена комп'ютерна програма Heat_Transfer, за допомогою були виконані розрахунки температури при температурах у опорах шпинделя у діапазоні: у передній – 35-55 °С, а у задній опорі – 25-55 °С, які раніш були отримані експериментально.

На першому етапі виконувався статичний тепловий аналіз в САПР Creo Simulate, в результаті якого при заданій температурі у опорах шпинделя встановлювалося значення середньої температури стінок;

– виконувався автоматизований розрахунок за програмою Heat_Transfer середньої температури стінок шліфувальної бабки у всьому діапазоні температур у опорах.

Таким чином, розроблено математичні залежності, алгоритм і програму для визначення температури на всіх поверхнях шліфувальної бабки круглошліфувального верстату, які дозволяють визначити теплові потоки нагріву і охолодження, що діють на шпиндель шліфувального круга. Отримані результати є базою для побудови теплової моделі і проведення динамічного теплового аналізу шліфувальної бабки в середовищі PTC Creo Simulate з метою визначення зміщення осі шпинделя під дією теплових потоків у ШБ протягом робочої зміни.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ГІБРИДИЗАЦІЇ

Актуальність даної роботи з одного боку обумовлена необхідністю захисту довкілля, оскільки перехід на електротранспорт порівняно з двигунами внутрішнього згоряння дозволить зменшити негативний вплив на середовище в зв'язку з відсутністю вихлопів та економією пального. З іншого боку, використання електрорOVERERA матиме позитивний вплив на здоров'я людини при періодичному використанні його в якості активного транспортного засобу.

На сьогоднішній момент, в суспільстві усе частіше використовується низькопотужний електротранспорт (електросамокати, електрорOVERERИ, моноколеса, тощо). В результаті аналізу існуючих моторів для розроблюваного електрорOVERERA вирішено було застосувати безредукторний двигун-колесо Шкондіна, що складається з статора (всередині) і ротора (зовні) та має перевагу перед іншими мотоколесами завдяки тому, що має більший ККД (від 83% до 94%), легку конструкцію, мінімум деталей і більшу надійність, а також підтримує рекуперативне гальмування на відміну від міддрайва і редукторного електродвигуна. При виборі акумуляторів для виконання поставлених в роботі завдань було прийнято рішення застосувати в розроблюваній конструкції літій-залізо-фосфатні акумулятори, оскільки такі акумулятори допускають від 800 до 2000 перезарядок протягом 10 років, можуть експлуатуватися на морозі до -30 градусів, доступний швидкий заряд за 45 хв., мають найбільше число циклів заряду-розряду (1500-2000), дозволяють віддавати більшу потужність, пожежобезпечні, не горючі.

Метою доповіді є розробка гібридної моделі низькопотужного електротранспорту шляхом поєднання ровера з мопедом, що забезпечують можливість розвинення великої швидкості з можливістю пересування бездоріжжям.

Для забезпечення ергономічності та естетичності розробки, окремі компоненти виробу, як-то: батарейний бокс, вирішено виготовити з армованого акрилу під розміри рами з врахуванням розташування акумуляторів в корпусі батарейного блока, для чого було виконано комп'ютерне моделювання та подальший 3D-друк такого боксу. Також, для підвищення ергономічності конструкції були використані контролер забезпечення керування електрорOVERERом; датчик педалювання, застосування якого приводить до ефекту, коли не відчувається навантаження на ноги та економиться заряд акумулятора; та ручки газу мотоциклетного типу, що дозволить ручне регулювання швидкості, контролювання датчику заряду акумулятора та керування кнопкою "круїз-контроль" для фіксації вибраної швидкості.

АНАЛІЗ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОМУ ШЛІФУВАННІ ЗІ ЗМІННОЮ ПОЛЯРНІСТЮ ЕЛЕКТРОДІВ

Для досягнення найбільш раціональних режимів обробки часто використовують залежності складових сили різання, які, у свою чергу, залежать не тільки від режиму різання, а й від багатьох інших факторів, серед яких дуже суттєвим є площа контакту шліфувального круга з поверхнею, що обробляється. У роботах [1, 2] визначено ступінь впливу площі контакту робочої поверхні круга для конкретних умов обробки на радіальну P_y та тангенціальну P_z складові сили різання, величина якої знаходиться в межах $n = 0,6 - 0,9$, що підтверджує значущість фактора, що розглядається.

Сила різання на шліфувальному крузі являє собою суму сил на окремих зернах, що одночасно знаходяться в контакті з поверхнею деталі, у зв'язку з чим

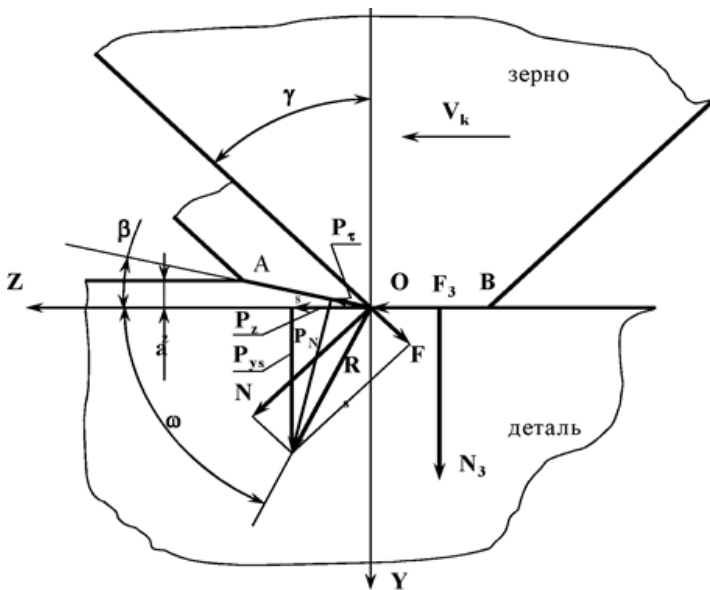


Рисунок 1 – Схема дії сил при електро-ерозійному шліфуванні на шар, що зрізається

спочатку визначимо силу різання на одиничному зерні. При визначенні рівнодіючої сили різання виходитимемо з рівноваги ряду активних (зовнішніх) сил, що діють на шар, що зрізається, і реактивних (внутрішніх) сил, що діють на алмазне зерно (рис. 1). До цих сил належать: нормальна сила N , з якою передня поверхня діє на шар, що зрізається, сила тертя стружки по передній поверхні F , сила нормального тиску N_3 задньої поверхні на поверхню різання та сила тертя F_3 поверхні різання об задню поверхню зерна. Складаючись, сила N та F утворюють силу стружкоутворення R_s , нахилену до поверхні різання під кутом дії ω . Розкладемо силу стружкоутворення R_s на дві: силу P_N , перпендикулярну умовній площині зсуву OA , та силу P_τ , діючу вздовж площини зсуву.

Сила P_N стискає шар, що зсувається, а сила P_τ зрушує його вздовж умовної площини зсуву. При цьому зсувна деформація починається в тому випадку, коли напруга зсуву стає рівною межі плинності оброблюваного матеріалу на зсув τ_s . Для визначення складових сили різання P_z та P_y сумісний початок координат з

точкою O і розкладемо силу стружкоутворення на дві складові P_{zs} та P_{ys} , що діють у напрямі осей Z та Y . Тоді отримуємо наступні залежності:

$$P_{zk} = \frac{\left(\frac{\sqrt{1+M^2 a_z \cos \omega}}{\sin \beta} + \kappa_3 M \mu l_3 \right) b C}{1 + \left(\frac{\sqrt{1+M^2 a_z \cos \omega}}{\sin \beta} + \kappa_3 M \mu l_3 \right) b z_p \frac{4a\alpha V_k \sqrt{H} \alpha_e}{\sqrt{\pi} \lambda V_\delta S}}, \quad (1)$$

$$P_{yk} = \left(\frac{\sqrt{1+M^2 a_z \sin \omega}}{\sin \beta} + \kappa_3 M \mu l_3 \right) b \left(C - \frac{4a\alpha V_k \sqrt{H} \alpha_e}{\sqrt{\pi} \lambda V_\delta S} P_{zk} \right). \quad (2)$$

Коректність формул (1), (2) при розрахунку складових сил різання в процесі плоского алмазного врізного шліфування сталі Р6М5 кругами з алмазів АС6 зернистістю 50/40, 100/80, 160/125 підтверджена експериментально (рис. 2).

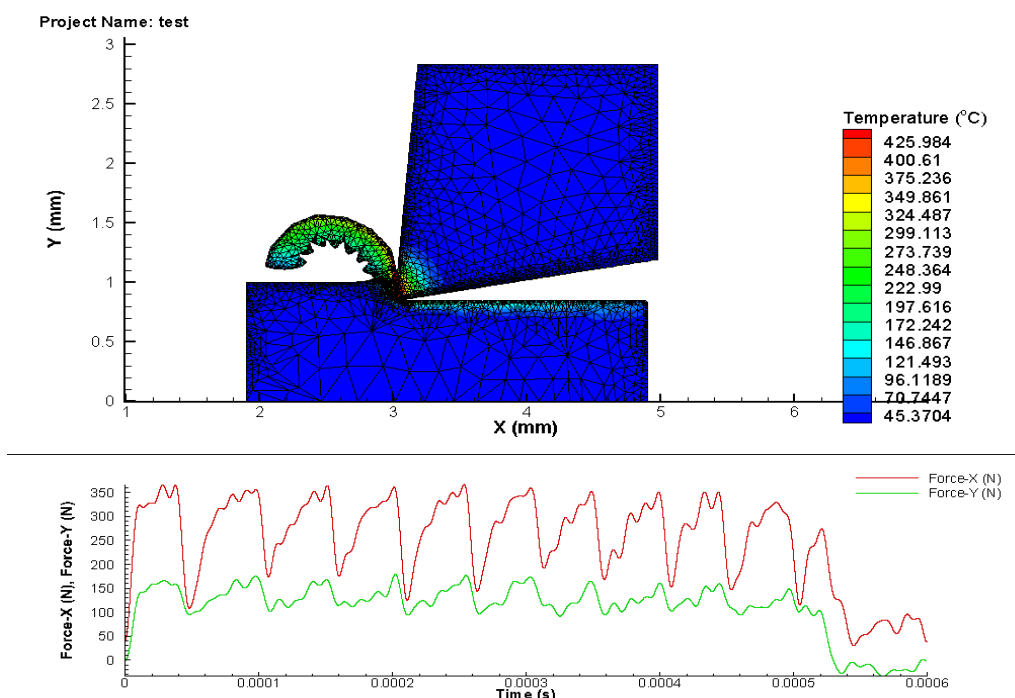


Рисунок 2 – Експериментальні значення складових сил різання в процесі плоского врізного алмазного шліфування

При цьому розбіжність теоретично розрахованих та певних експериментально величин складових сили різання знаходиться в межах 15 – 25 %. Дещо більша розбіжність спостерігається при зіставленні величин складової P_y , особливо для круга зернистістю 50/40 (до 35 %). Зі зниженням профілю алмазного круга, що у найбільшій мірою проявляється на дрібнозернистому крузі і чого не враховує розроблена методика розрахунку.

ЛІТЕРАТУРА

1 Aurich, J. C., H. Sudermann, O. Braun. 2006. «Experimental investigation of burr formation in the surface grinding of tool steel». Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 220(4):489–497. doi: 10.1243/095440505X32706.

2 Strelchuk, R. M., S. M. Trokhimchuk. 2021. «Mathematical modeling of the surface roughness of the grinding wheel during straightening». Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (1):53–59. doi: 10.33271/nvngu/2021-1/053.

ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОГЕОМЕТРІЇ ТА ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕСІ ЇХ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

Стан поверхневого шару характеризується його твердістю, мікроструктурою, величиною та знаком залишкових напружень і глибиною їх залягання. Фактори, що впливають на шорсткість обробленої поверхні, також впливають і на її пластичну деформацію. Таким чином, пластична деформація, величина наклепу і висота складових мікронерівності профілю обробленої поверхні мають фізичний зв'язок, що аналітичне встановлення якого здійснено на основі аналізу імітаційного реологічного моделювання. Ідея функціонально-орієнтованого проектування полягає у визначенні та аналізі висотних та крокових параметрів мікронерівностей оброблюваних поверхонь деталі необхідному для вирішення задачі вибору такої структури та параметрів технологічних операцій та переходів, що забезпечать оптимальний комплекс функціональних властивостей цієї деталі в умовах її потенційної експлуатації

В процесі формоутворення деталей виникають вимушені коливання системи верстат-заготовка-інструмент, що викликані динамічною дією зовнішніх сил, і автоколивання системи. Саме автоколивні процеси за частотою є найбільш значущими при формуванні вібраційної складової мікронерівності. Цей процес відбувається внаслідок розбалансованості внутрішньосистемних чинників – відставанням зміни сили різання від зміни товщини зрізу і динамічною характеристикою величини сили різання, що зменшується при зростанні швидкості різання. Причому, висота мікронерівності поверхні буде тим більша, чим більшою є подвоєна амплітуда коливання леза інструменту щодо оброблюваної поверхні.

З врахуванням регенеративних коливань, дійсна товщина зрізу стає змінною величиною, що залежить від постійної заданої величини глибини різання і динамічної складової, що формується за рахунок мікро- та макронерівностей, які утворені в результаті деформацій поверхневого шару деталі після попереднього технологічного переходу або внаслідок похибок у виготовленні заготовки. З метою визначення вібраційної складової мікронерівності профілю побудована нелінійна динамічна модель автоколивань технологічної системи, що також враховує регенеративний механізм збудження коливань при русі інструменту по поверхні заготовки, утвореної на попередньому переході. У моделі сили різання залежать від геометричних параметрів інструменту і механічних характеристик ортогонального різання. Механізм виникнення автоколивань може бути проілюстрований на прикладі аналізу реологічної імітаційної картини різання, що демонструє зміщення за фазою максимально-мінімальних значень кута зсуву і радіальної складової сили різання (рис. 1).

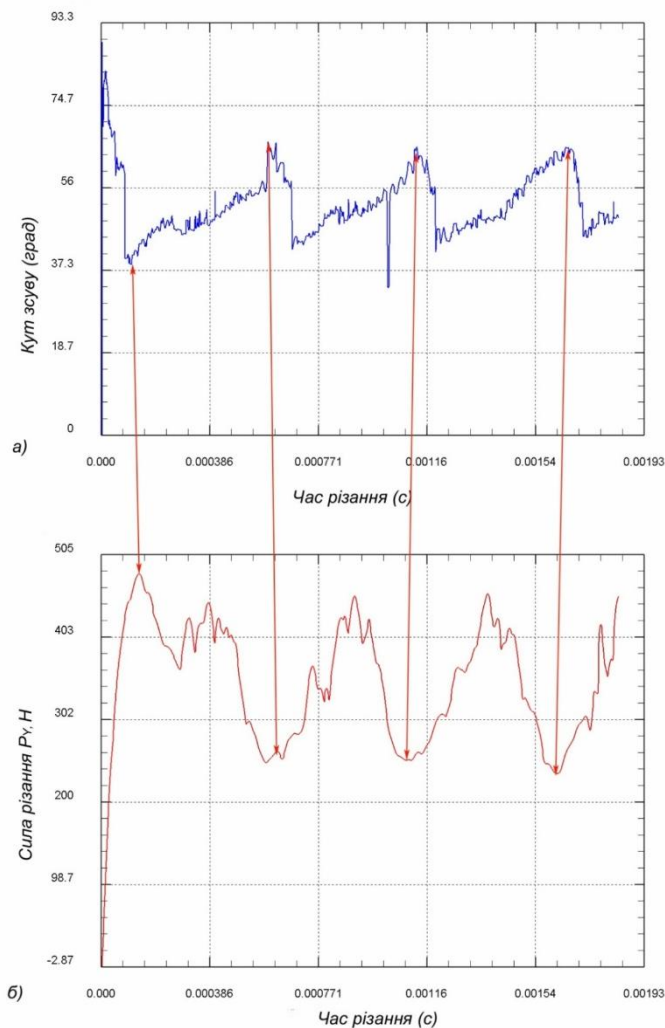


Рисунок 1 – Механізм збурення автоколивань (синхронність зсуву по фазі максимально-мінімальних значень кута зсуву (а) і радіальної складової сили різання (б)).

Динамічна нестабільність технологічної системи при роботі на інтенсивних режимах різання обумовлена, головним чином, вторинним збудженням (регенерацією) автоколивань під впливом вібраційного сліду на поверхні різання. Очевидно, що для досягнення максимальної ефективності управління вторинними автоколиваннями треба впливати безпосередньо на сам механізм їх регенерації, що вимагає ясного розуміння його природи і закономірностей. В ході регенерації автоколивань їх фаза відносно коливань сліду встановлюється незалежно від початкових умов, що свідчить про самоорганізацію системи ВПД. Руйнування цієї самоорганізації примусовою зміною фази автоколивань, наприклад, за допомогою періодичної плавної зміни (модуляції) швидкості різання, відкриває нову можливість управління динамічною стабільністю технологічної системи ВПД.

РОЗРАХУНОК МІКРОПРОФІЛЮ ПОВЕРХНІ, ОТРИМАНОЇ В РЕЗУЛЬТАТІ ЧИСТОВОГО ТОЧІННЯ З ВРАХУВАННЯМ КОЛИВАНЬ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Мікропрофіль обробленої поверхні, що визначає значення її шорсткості, утворюється в результаті векторного додавання трьох складових: висоти мікронерівностей, що одержується як результат копіювання різального клину інструмента з урахуванням кінематичних характеристик його руху (Δ_1), висоти мікронерівностей, яка визначається коливаннями елементів різального інструменту (Δ_2) та складової профілю шорсткості, обумовленої пластичними деформаціями в зоні контакту інструмента і заготовки (Δ_3).

Геометрико-кінематична складова мікронерівності Δ_1 при умовах: $\varphi > \arcsin(s/2r)$ і $\varphi_1 \geq \arcsin(s/2r)$ становить:

$$\Delta_1 = \frac{S^2}{8r} \quad (1)$$

Причому нелінійна динамічна модель автоколивань технологічної системи враховує регенеративний механізм збудження коливань при русі інструменту по поверхні заготовки, утвореної на попередньому переході. У моделі сили різання залежать від геометричних параметрів інструменту і механічних характеристик ортогонального різання:

$$\begin{cases} M\ddot{x} + K_x \dot{x} + C_x x = \tau_{xy} \cdot S_i \times \\ \times \left(b_1 + \frac{S_{i-1}^2}{16r} \left(1 + \sin \left(\frac{2\pi x}{S_{i-1}} - \frac{\pi}{2} \right) \right) \right) \frac{\cos(\eta - \gamma)}{\sin \beta \cdot \cos(\beta + \eta - \gamma)} \\ M\ddot{y} + K_y \dot{y} + C_y y = \tau_{xy} \cdot S_i \times \\ \times \left(b_1 + \frac{S_{i-1}^2}{16r} \left(1 + \sin \left(\frac{2\pi x}{S_{i-1}} - \frac{\pi}{2} \right) \right) \right) \cdot \frac{\sin(\eta - \gamma)}{\sin \beta \cdot \cos(\beta + \eta - \gamma)} \end{cases} \quad (2)$$

Лінійні гармонійні коливання інструменту в радіальному напрямі у поєднанні з головним обертовим рухом заготовки і поступальною подачею викликають утворення нерівностей в подовжньому (співпадаючому з напрямом головного руху) і поперечному (перпендикулярному йому) напрямі. Високочастотні коливання інструменту мають істотний вплив на шорсткість поверхні.

Мікрорельєф поверхні в поперечному напрямі моделюється накладенням на масив переміщень інструменту профілю його вершини в плані, який описується дугою радіусу R :

$$\Delta_2 = 2A_{\max} - H_B \quad (3)$$

де $A_{\max} = \frac{\chi}{\sqrt{(J^{pad} + \chi - mp^2\omega^2)^2 + \mu_{mp}^2 p^2 \omega^2}} H_{вих}$ – максимальна амплітуда коливань інструменту, визначувана при рішенні диференціального рівняння руху інструменту; J^{pad} – радіальна жорсткість технологічної системи, Н/мм; (χ – коефіцієнт, залежний від конкретних умов оброблення; m – приведена маса рухомої системи, Н; $\omega = \frac{\pi n}{30}$ – циклічна частота головного руху; $H_{e_{i-1}} = \frac{Ra_{i-1}}{2}$ – амплітуда нерівностей поверхні, отриманої в результаті виконання попереднього технологічного переходу.

Слід вершини інструменту на даному технологічному переході:

$$H_{e_i} = R - (R - r) \cos \frac{\psi}{2} - \sqrt{r^2 - \left((R - r) \sin \frac{\psi}{2} \right)^2} \quad (4)$$

де центральний кут для лезових інструментів з геометрією Wiper (WH):

$$\psi = \arccos \left(1 - \frac{S^2}{2(R - r)^2} \right). \quad (5)$$

Складова профілю шорсткості, обумовленої пластичними деформаціями в зоні контакту інструмента і заготовки Δ_3 визначаємо за формулою (6) при умовах: $\varphi > \arcsin(\frac{s}{2r})$ і $\varphi_1 \geq \arcsin(\frac{s}{2r})$

$$\Delta_3 = \frac{\left(1 - \frac{\tau_{xy}}{\sqrt{\tau_{xy}^2 + \bar{\sigma}^2}} \right) \cdot \left(2S_i + \frac{r}{2} \cdot \left(1 - \frac{\tau_{xy}}{\sqrt{\tau_{xy}^2 + \bar{\sigma}^2}} \right) \right)}{64} \quad (5)$$

де τ_{xy} - динамічне напруження зсуву, МПа; $\bar{\sigma}$ - ефективне середнє напруження, МПа.

Проведені дослідження чистового точіння різних виробів із конструкційних сталей довели, що середньостатистичні значення висоти мікронерівностей, що одержується як результат копіювання різального клину інструмента з урахуванням кінематичних характеристик його руху (Δ_1) становлять приблизно 50%, висоти мікронерівностей, яка визначається коливаннями елементів різального інструменту (Δ_2) – 40% та складової профілю шорсткості, обумовленої пластичними деформаціями в зоні контакту інструмента і заготовки (Δ_3) – 10%, відповідно. Причому, для чорнового оброблення ці середньостатистичні співвідношення суттєво відрізняються і становлять: Δ_1 - приблизно 80%, Δ_2 – 15% та Δ_3 – 5%.

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МІКРОДУГОВИМ ОКСИДУВАННЯМ

Мікродугове оксидування (МДО) є одним із найперспективніших способів поверхневого зміцнення матеріалів вентильної групи (Al, Mg, Ti, Zr та сплави на їх основі). Перетворення поверхневих шарів матеріалу на керамікоподібні оксидні покриття забезпечує поверхню високу твердість, зносо-корозійну стійкість, антифрикційність та інші властивості. Існує позитивний досвід застосування МДО для поверхневого зміцнення алюмінієвих деталей.

У роботі розв'язувалося завдання зміцнення шатунів герметичного поршневого компресора типу ХВГ, виготовлених із деформованого алюмінієвого сплаву АК6.

Шатун є однією з найвідповідальніших деталей кривошипно-шатунного механізму. Одним із поширених дефектів є зношення отворів верхньої - поршневої та нижньої - кривошипної головок шатуна. Зміцнення поверхні тертя отворів дасть змогу уникнути використання вкладишів і втулок.

На зразках - свідках відпрацьовано режими МДО: електроліт - водний розчин 1 г/л КОН + 6 г/л Na_2SiO_3 ($\text{pH} = 11,9$, $\rho = 140 \text{ Ом}\cdot\text{см}$), напруга 380 В змінного струму частотою 50 Гц, густина струму 20 А/дм², тривалість обробки 2 години.

Сформоване покриття товщиною $\sim 150 \text{ мкм}$ міцно зчеплене з основою, має кристалічну будову ($\sim 80\% \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 + \sim 20\% \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$). Особливістю покриттів є їхня двошарова будова, яка потребує видалення технологічного шару для остаточної підготовки поверхні тертя. Твердість робочого шару покриття становить $\sim 18 \text{ ГПа}$. Коефіцієнт тертя в парі із загартованою сталлю в умовах змащування $f < 0,1$.

МДО обробку шатунів проводили у спеціально розробленому технологічному оснащенні, що дало змогу забезпечити зміцнення тільки поверхонь отворів головок і тим самим зменшити енерговитрати. Наявність додаткових електродів в отворах головок забезпечило формування однакового за товщиною і твердістю покриття по всій оброблюваній поверхні.

Лабораторні випробування шатунів з покриттями показали доцільність застосування технології МДО для зміцнення шатунів, що має підвищити надійність компресора.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГІЄЮ В ТЕПЛИЦЯХ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ

Оптимізація вирощування рослин у теплицях передбачає використання різноманітних технологій та автоматизованих систем. За допомогою різновидів теплиць, технологій управління мікрокліматом, технічних засобів та інформаційних технологій досягається покращення продуктивності та якості сільськогосподарської продукції, а також зниження витрат ресурсів.

Застосування різних типів теплиць, таких як полікарбонатні, скляні, поліетиленові, теплиці-тунелі та теплиці зі стійким каркасом, дозволяє вибирати оптимальну конструкцію для конкретних видів рослин та кліматичних умов. Технології управління мікрокліматом, включаючи системи опалення, вентиляції та освітлення, регулюють умови середовища у теплицях, що є ключовим фактором для забезпечення комфортних умов для росту рослин.

Технічні засоби, такі як сучасні сенсори та автоматизовані системи, дозволяють моніторити та керувати параметрами в теплицях, такими як температура, вологість, рівень CO₂ та інші. Це дозволяє вчасно реагувати на зміни та оптимізувати використання ресурсів та є сучасним і важливим напрямком розвитку сільськогосподарського виробництва, який сприяє створенню більш стійких, продуктивних та ресурсозберігаючих систем вирощування рослин у закритому ґрунті.

Побудова архітектури комп'ютерної системи управління теплицею (рис. 1) при вирощуванні рослин визначає ефективність та продуктивність аграрного виробництва.

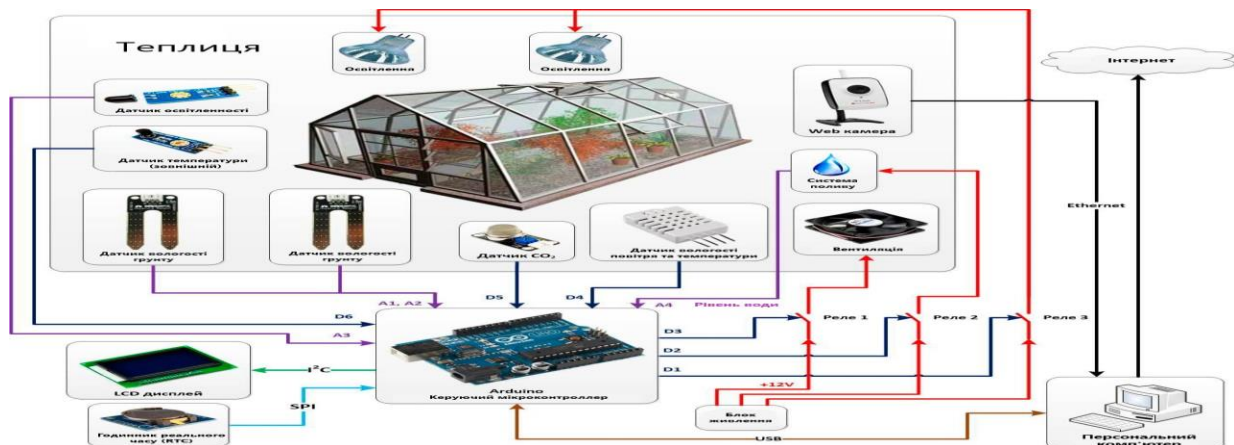


Рисунок 1 – Архітектура комп'ютерної системи управління теплицею

Загальна характеристика об'єкта управління дозволяє ретельно аналізувати умови, необхідні для оптимального росту рослин та визначити критичні фактори, які впливають на їхнє здоров'я та врожайність, а саме: параметри мікроклімату, вологості та освітлення, які впливають на ріст та розвиток рослин. Ця інформація становить основу для подальшого проектування системи управління.

При дослідженні принципів побудови автоматизованих систем енергоуправління теплицею були розглянуті методи зниження споживання енергії та оптимізації роботи ключових систем, таких як опалення, освітлення та вентиляція. Аналіз системи інтелектуального енергоуправління теплицею дозволив розкрити значущість інтеграції інтелектуальних функцій в управління тепличним середовищем, що сприяє сталому та високоефективному її функціонуванню.

Аналіз структури системи інтелектуального енергоуправління теплицею вказав на важливість інтеграції інтелектуальних функцій у систему управління. Застосування алгоритмів та системи моніторингу сприяє автоматизації прийняття рішень та оптимізації параметрів середовища для рослин, що стає ключовим фактором для покращення продуктивності та стабільності тепличного вирощування.

Правильне використання електронних компонентів системи інтелектуального енергоуправління теплицею, зокрема сенсорів, мікроконтролерів, трансмітерів грає ключову роль у забезпеченні надійності та ефективності системи.

Характеристики опалювальних систем, використання утеплення, освітлення та рівень автоматизації впливають на загальну потужність енергоспоживання. Особливу роль відіграють технології, що спрямовані на оптимізацію цих системних характеристик, що може призвести до значного зниження енерговитрат та підвищення стійкості системи до змінних умов.

Методи та технології визначення вологості ґрунту, які застосовуються для ефективного управління системою поливу в теплицях дозволяють визначити фактори, які можуть впливати на точність вимірювань, такі як тип ґрунту, кліматичні умови та технічні параметри використовуваних приладів.

Частина роботи, що стосується захисту працівників, містить пояснення щодо використання приладів для вимірювання температури та вологості в теплицях, а також шкідливих і небезпечних факторів, які можуть виникнути під час роботи в теплицях.

Охорона навколишнього середовища передбачає проведення аналізу сучасного стану використання джерел енергії та розгляд нових перспективних можливостей розвитку енергетичних систем. Перехід до відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та біомасова енергія, має велике значення у зменшенні вуглецевих викидів та зменшення енергетичної цінності.

Проте, також є необхідність системних змін у сфері технологій, виробництва та споживання з метою сприяння повному впровадженню цих перспективних джерел. Забезпечення сталого енергетичного майбутнього вимагає комплексного підходу на рівні політики, інноваційних рішень у сфері енергетики та активної підтримки з боку суспільства.

Перехід до відновлювальних джерел енергії є критично важливим для забезпечення сталого розвитку та збереження навколишнього середовища, але це потребує спільних зусиль усіх секторів суспільства та системних змін у підходах до виробництва та споживання енергії.

Tonkonogyi V.M., Buchka Y.V.
Odesa Polytechnic National University,
Larshin V.P., Gushchin A.M., Yaroshevskiy O.M.
Odessa Military Academy,
Tselikova A.S.

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

ADAPTIVE MECHATRONIC MECHANISM MODULE

Conventional material machining methods are based on the principle of continuous contact interaction between the tool and the workpiece. However, such methods encounter problems when machining anisotropic and superhard metallic and non-metallic materials. The paper describes a new successfully tested technical solution for new generation mechatronic machines.

To realize controlled reciprocating motion in CNC machines, an adaptive mechatronic mechanism (AMM) module has been developed, which provides dynamic equilibrium of the “system of opposing forces” during machining. This module generates and regulates force parameters in mechatronic machines, and realizes a new approach to controlling machining processes.

It has achieved the following advantages:

- 1) reducing the AMM module weight by half and the possibility of installing it in the spindle socket of the CNC machine tool;
- 2) increased speed of the tracking system (by reducing the weight of moving parts and switching to the principle of “disturbance-based” control);
- 3) expansion of the range of control of cutting force parameters, which allows machining various materials, including anisotropic and superhard ones (Fig. 1, a).

In the overall machine layout, the movements of the workpiece in the direction of the x and y axes are carried out using the machine’s longitudinal and cross feeds (Fig. 1, b) and the adaptive movement of the spindle in the z axis is carried out by AMM.

Adaptation of the spindle carrying the machining tool to continuously changing cutting conditions is carried out by the oppositely directed electromagnetic F_{em} and electrodynamic F_{ed} forces, the difference in magnitude and direction of which allows the cutting process to be carried out.

Since the cutting process by its nature is a mechanical phenomenon, and the forces F_{em} and F_{ed} refers in fact to the electromagnetic effect, it is necessary to harmonize their combined action in the AMM design. That is why the “ball bearing screw converter” is developed and used for it (Fig. 2).

This converter is the main part of AMM. The housing 1 is made of textile and contains two kinematic ball bearings, each with a screw 2 (known as a spindle) and a nut 3. This pair is not self-locking, i.e., the screw 2 has the possibility to make angular and reciprocating movements in clockwise and counterclockwise when the rotary motion of the screw 2 is set by the nut 3. The screw-nut pair is fixed in the housing 1

on two ball bearings 4 which allows the nut 3 to rotate freely relative to its longitudinal axis, and the screw 2 to make linear movements along the same axis.

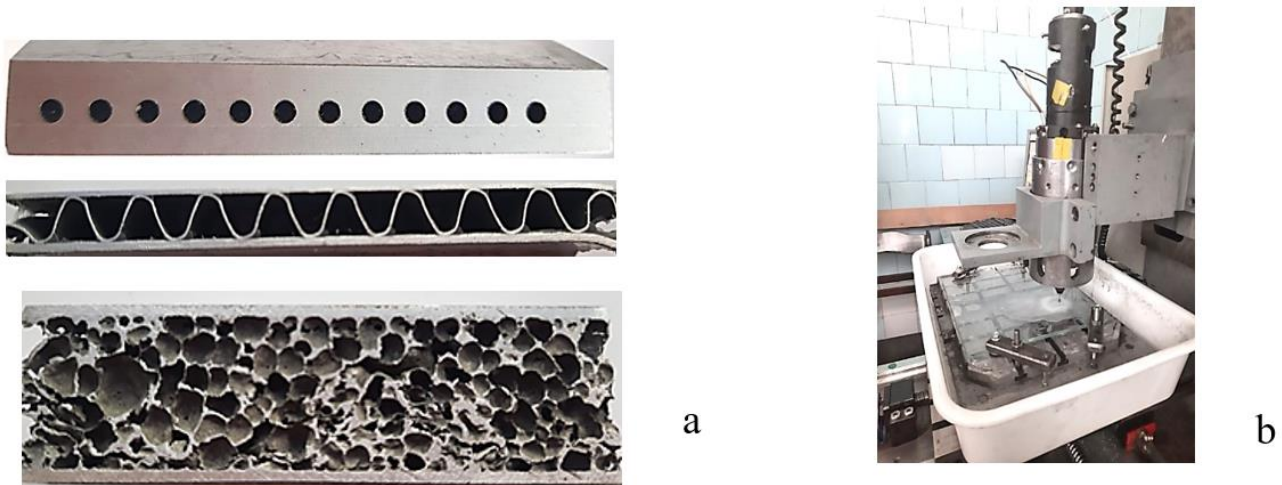


Figure 1 – High-strength porous structural materials (a) and CNC mechatronic technological system for their machining (b).

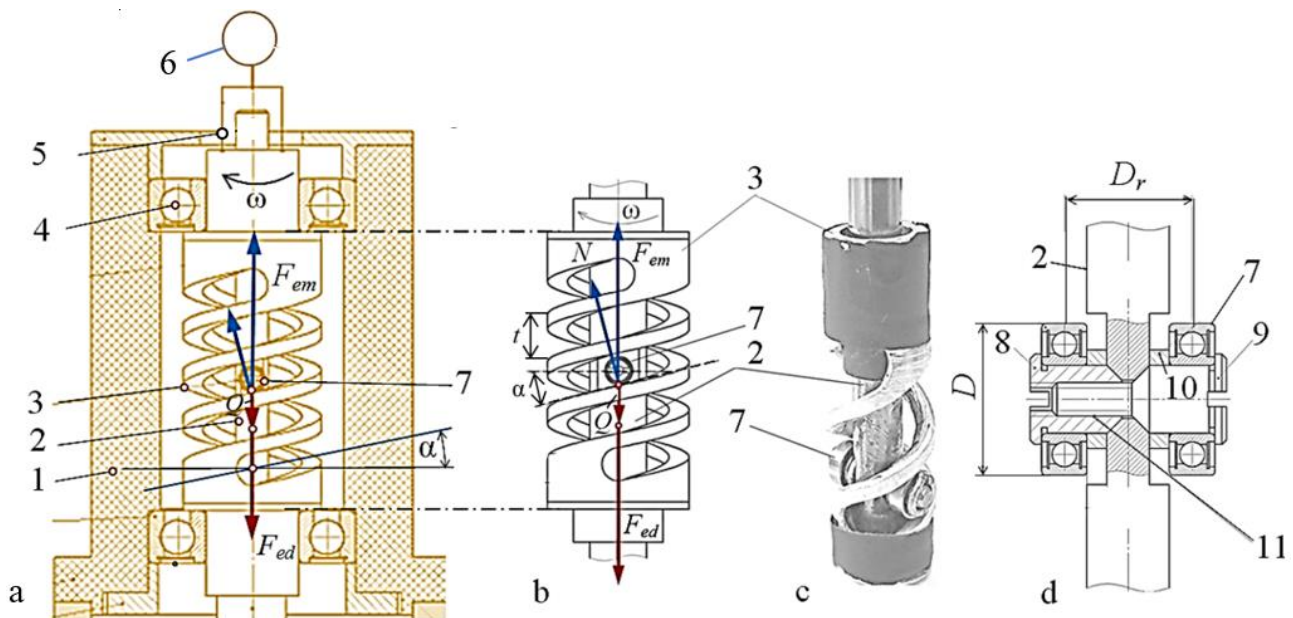


Figure 2 – Design of a ball bearing screw converter (a, b, c) and a screw (d).

In Fig. 2 the following is designated: Q stands for the weight of the moving parts of AMM, N ; F_{ed} and F_{em} are the electrodynamic and electromagnetic forces acting on the spindle, N . The rotary motion is transmitted to the ball screw nut through the bypass coupling 5 from a motor 6. The linear motion of the spindle 2 is due to the forces F_{em} and F_{ed} applied to its axis. This gives the spindle the capability of smooth helical movement within the nut 3 without play or seizure.

The ball bearing screw converter shown as a part of AMM, changes the rotation of nut 3 and the reciprocating movement of screw 2 into a helical movement of screw 2 relative to nut 3. This is necessary to ensure dynamic balance of force parameters arising during the AMM functioning in the machining process. There are other designations in Fig. 2: number 7 is ball bearings (2 pieces); 8 and 9 are the threaded tightening elements; 10 is the spring washers (2 pieces); 11 is the threaded connection.

AMM module finds application in various fields such as CNC machine tool construction, biomedicine (implant and prosthesis manufacturing), nuclear and military technology (robotics, automobiles and other vehicles), as well as in stone machining and engraving. AMM enables the realization of various process cycles based on the reciprocating motion of the tool. Prospects are opening up for the development of equipment for the repair of military technological machines, especially in the field on the basis of mobile repair complexes.

Mechatronic and intelligent machines analyses have revealed a synergistic integration of mechanics, electronics and informatics in their structure. The developed AMM module stabilizes the force machining parameters such as force and torque. The problems of fluctuations of force parameters in processing machines are solved by a control system realizing the “disturbance compensation principle”. AMM module as part of a mechatronic technological system enables efficient machining of materials with complex anisotropic structure, such as polymers and artificial crystals. The module has tactile sensitivity for different machining modes. The AMM information model includes elements of structure, operation and control algorithms. This paper fits into the new scientific direction “Mechatronic and intelligent technological machines”.

Титюк І.М., Оргіян О.А.

Національний університет «Одеська політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ТИПОВИХ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ВЕРСТАТІВ

Визначимо зміст основних типових завдань дослідження нестационарних пружно-динамічно-інерційних-систем (ПДІС) верстатів:

1 Отримання вихідних даних для розрахунку стійкості та вимушених коливань верстатів. До завдань цього типу відносяться вимірювання величин, значення яких практично неможливо визначити поза досвідом: періодичних, аперіодичних та випадкових змін жорсткості та демпфування в ПДІС верстата при змінах напрямків та точок застосування навантажувальних сил; змінності параметрів процесу різання.

2 Перевірка адекватності розрахункових моделей. Особлива важливість цього напрямлення експериментів пов'язана з тим, що завдання динамічного розрахунку нестационарних систем вирішуються наближеними методами, і тому дослідної перевірки вимагають як вихідні припущення моделі, так і точність обраного розрахункового наближення.

3 Виявлення в динамічній системі дослідних зразків верстатів окремих елементів, що впливають на змінність параметрів та на точність обробки. Такі дослідження виконують з метою вдосконалення конструкції верстата, вибору раціональних режимів обробки та обґрунтування методики випробувань верстатів, що випускаються серійно.

4 Перевірка показників динамічної якості під час випробувань верстатів. Основним критерієм для оцінки показників динамічної якості є точність обробки, на якій найбільше позначається вплив змінності властивостей системи. Вибір критерію визначає необхідність вимірювань похибок обробки спільно з кінематичними та динамічними характеристиками коливань, а також перевагу оцінки інтенсивності коливань за величиною переміщень у напрямку нормалі до оброблюваної поверхні. Втім, інші загальноприйняті критерії якості (довговічність, продуктивність, енергетичні втрати, шум) залежать не тільки від середніх значень, а й від характеристик змінності параметрів системи.

Серед відмінностей нестационарних динамічних систем від стаціонарних важливим обґрунтуванням методики експерименту є невизначеність перебігу перехідного процесу. Зміна параметрів системи призводить до залежності параметрів перехідного процесу від часу. Оцінка якості нестационарної системи за перехідним процесом способом, прийнятим для стаціонарних систем, часто втрачає сенс. Тому при дослідженнях нестационарних динамічних систем основним завданням експерименту є вимір коливань при заданих зовнішніх впливах.

Тіхенко В.М., Булгак К.П.

Національний університет «Одеська політехніка»

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВОДІВ ПОДАЧ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Для формування поверхонь оброблюваних деталей на металорізальних верстатах слід забезпечувати необхідні рухи подачі робочих органів. У випадках прецизійної обробки значно підвищуються вимоги до надійної і стабільної роботи приводів подач. В спеціальних верстатах, до яких відносяться обробно-розточувальні та агрегатні верстати, зазвичай використовуються гідравлічні приводи подачі розточувальних інструментів. Від надійності та стабільності роботи гідроприводів подачі багато в чому залежить продуктивність, точність і якість обробки на цих верстатах.

Стабілізація швидкості руху незалежно від величини зовнішнього навантаження та інших випадкових факторів має особливе значення при дуже малих подачах робочих органів верстатів, оскільки в цих випадках величина нестабільності подачі може наближатись до значень запрограмованих переміщень. Як показують результати експериментальних досліджень при тонкому розточуванні довгих отворів на обробно-розточувальних і агрегатних верстатах швидкість робочої подачі з часом знижується, що зменшує продуктивність. Крім того, при роботі з малими значеннями подачі виникає нерівномірність руху, яка може бути у вигляді автоколивань швидкості, що призводить до зниження якості обробки та зменшення стійкості ріжучих інструментів [1]. Ці автоколивання відносяться до стохастичних процесів, на виникнення яких впливають безліч факторів [2].

Наприклад, причиною появи релаксаційних коливань може бути наявність «падаючої» характеристики тертя в напрямних робочого органу, виникнення гістерезисної характеристики сил тертя за попереднім зміщенням, а також стисливість масла в робочих порожнинах гідроциліндра.

Слід мати на увазі, що на рівномірність руху також можуть впливати дефекти виготовлення та складання вузлів подачі, наприклад, непаралельність вісі гідроциліндра напрямним або перекіс напрямної втулки штока гідроциліндра. Особливу увагу слід приділяти використанню сучасних ущільнень для герметизації поршневої та штокової порожнини гідравлічних циліндрів.

До особливостей гідроприводів агрегатних та розточувальних верстатів відносяться поєднання малих швидкостей робочих подач (порядку 5 мм/хв) та великих зачень швидких ходів (порядку 5...8 м/хв), причому час обробки поверхонь деталей різанням може багаторазово перевищувати період здійснення підведення та відведення інструментів. У більшості верстатних гідроприводів використовують нерегульовані насоси з приводним асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором. Зміна швидкості робочих органів верстатів забезпечується за рахунок дроселювання робочої рідини, а її надлишок відводиться через гідроклапан тиску в бак. Тому ККД таких гідроприводів низький. Створення гідроприводів зі зниженими енергетичними витратами шляхом керування джерелом гідравлічної енергії може здійснюватися під час переходу до об'ємного регулювання двома способами. У першому – використовують насос із регулятором, який дозволяє змінювати подачу насоса. У другому – подача насоса регулюється зміною частоти обертання приводного електродвигуна. Поява надійних промислових перетворювачів частоти відкрила можливості безступінчастого регулювання подачі насосів шляхом зміни частоти обертання асинхронного валу двигуна, що суттєво зменшити нагрівання робочої рідини

Гідроприводи подачі робочих органів прецизійних верстатів повинні забезпечувати плавність реверсування та переходів з швидких ходів на робочі подачі, а також рівномірність переміщення і стабільність подачі при тривалих циклах обробки. Основними впливами, що збурюють, в цих умовах є зміни сил тертя та інерції в перехідних режимах, які виникають при переході з швидких ходів на робочі подачі та при перемиканні робочих подач [3]. При цьому динамічні характеристики гідроприводу істотно впливають, як на характер перехідних процесів, так і на рівномірність переміщення інструменту в режимі робочої подачі. У разі недостатнього запасу стійкості гідромеханічної системи можлива поява автоколивань гармонійного або релаксаційного типу, що викликаються нелінійною характеристикою тертя і податливістю гідроприводу, обумовленої стисливістю робочої рідини в порожнинах гідроциліндра і трубопроводах. Перспективним напрямом забезпечення стабільності подачі є використання принципів мехатроніки. Тонке регулювання витрати безперервно дозуємих середовищ, які поступають до гідродвигунів, дає можливість чітко контролювати та стабілізувати параметри руху робочих органів при дії чинників як детермінованого, так і випадкового характеру. Демпфірування навантаженням в'язкого тертя зі змінним коефіцієнтом підсилення, який знижується зі збільшенням швидкості ковзання, дає

найбільш ефективно підвищення стійкості [2]. Використання швидкодіючих мікропроцесорних пристроїв для керування демпфіруванням дозволяє здійснити «інтелектуальну» поведінку металообробного обладнання, яке функціонує в умовах змінного зовнішнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1 Тихенко В.Н. Исследование равномерности движения гидропривода стола отделочно-расточного станка / В.Н.Тихенко, А.А. Волков // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця, 2012, №1(35). – С. 55-58.

2 Струтинський В.Б. Стохастичні процеси у гідроприводах верстатів: монографія / В.Б. Струтинський, В.М. Тіхенко. – Одеса: Астропринт, 2009. – 456 с.

3 Тихенко В.Н. Исследование переходных процессов в гидроприводах подачи агрегатных станков / В.Н.Тихенко, А.А. Волков // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця, 2012, №4(38). – С. 70-72.

Тіщенко А.В.

Донбаська машинобудівна академія

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛИСТОПРАВИЛЬНОЇ МАШИНИ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Актуальність. снуюча на виробництві математична модель, яка використовується для розрахунку положення роликів у машині, має численні недоліки такі, як низька швидкість розрахунків та нестійкість до нових матеріалів. У розробці безпечної та надійної програмного забезпечення виникають проблеми, пов'язані з покращенням точності та швидкості обробки металевих листів у листопрямильній машині. Тому актуальності набуває розробка нової математичної моделі для правки металевих листів та дослідження її ефективності на основі нейронної мережі, яка здатна швидко та точно розраховувати положення роликів у листопрямильній машині.

Мета даної роботи – розробити нову математичну модель на основі нейронної мережі та перевірити ефективність створеної автоматизованої системи управління для правки металевих листів.

Результати дослідження

Для покращення точності та швидкості обробки металевих листів на машинобудівному виробництві нами розроблена сучасна ефективна математична модель на основі нейронної мережі, яка здатна швидко та точно розраховувати положення роликів у листопрямильній машині [1, 2].

У нейронну мережу вводяться параметри листа (розмір, товщина, марка сталі) та характеристики машини, включаючи кількість роликів і максимальну ширину вхідного листа. Мережа обробляє ці дані, враховуючи інформацію про межу текучості сталі, залежну від марки сталі та розмірів листа.

У результаті обробки інформації нейронною мережею користувач отримує налаштування для листоправильної машини, включаючи положення роликів та навантаження на них. Ця інформація буде використовуватися для коригування форми металевго листа з метою видалення дефектів та зроблення його рівним.

Першим етапом дослідження ефективності було планування експерименту і визначення критичних параметрів процесу: товщина листа (10-40 мм), границя текучості матеріалу (200-1600 МПа), остаточна кривизна (1,5-5 мм) та положення третього ролика у ЛПМ. Забезпечення точності і контроль над цими факторами сприяє досягненню надійних результатів дослідження та зниженню ризику виникнення помилок.

По-перше створили план експеримент - рандомізований план для трьох факторів одного блоку із 16 спостережень. Підставили реальні значення, які заходяться ближче до розташування третього ролика, інші ролики розраховуються за формулою тому їх не враховували при експерименті. Наступним етапом було створення математичної моделі (2-го порядку – три фактори, один відгук) та проведення її аналізу. В ході експериментальної перевірки створили таблицю для попереднього аналізу ANOVA. Знайшли коефіцієнт детермінації, який дорівнює 100%, що вказує на те, що загальна якість моделі добра. Зробили перевірку на статистичну значимість за критерієм Стюдента, яка надала статистично значимий коефіцієнт 0,000 менше ніж 0,05 із помилкою 0.00. Аналіз отриманої діаграми значущості коефіцієнтів показує, що статистично значимими коефіцієнтами є межа плинності матеріалу та товщина листа.

Наступний етап дослідження – проведення перевірки ефективності роботи нейронної мережі, здійснення регресійного аналізу та визначення регресійних коефіцієнтів моделі. З цією метою використана регресійна модель (множинна лінійна регресія або нелінійна регресія), яка описує залежність між факторами (товщиною листа, діаметром роликів, межею плинності) та вихідними параметрами процесу, такими як продуктивність або якість продукції [3].

Висновки. Експериментальна перевірка розробленої моделі автоматизованої системи управління для правки металевго листа на основі нейронної мережі довела її надійність та ефективність. Проведений регресійний аналіз та отримані регресійні коефіцієнти, їх значущість за критерієм Стюдента та значення довірчих інтервалів свідчить про ефективність і якість розробленої моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Тіщенко А.В. Автоматичні системи управління листоправильних машин із використанням нейронних мереж при реалізації машинного навчання. Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод : *матеріали* VI-й Всеукраїнської науково-практичної конференції 20-22 квітня 2023 року, м. Краматорськ – Тернопіль, ДДМА, 2023. **Режим доступу URL:** <http://cit.dgma.donetsk.ua/materials.html>

2 Тіщенко А. (2023). Дослідження використання нейронних мереж при реалізації машинного навчання автоматичних систем управління листоправильних машин. *Grail of Science*, (24), 269–277. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.02.2023.050>

3 Грибков, Э. П., Коваленко, А. К., Ивчик, Р. С., Титенко, А. А. (2020). Исследование влияния настройки рабочих роликов на качество правки листового металлопроката. *Обработка материалов давлением*, 1 (50). 236-242.

USE OF THE LATEST TECHNOLOGIES TO IMPROVE QUALITY AND REDUCE THE USE OF RESOURCES IN ENTERPRISES

Nowadays, the latest technologies occupy one of the most important steps in development, both in the volume of an ordinary enterprise and in the volumes of entire states. Now for each of us is not something surprising discovery of new technologies. They relate to every area of our lives, ranging from daily needs (going to the store, or traveling by transport), ending with the processing of raw materials in huge enterprises. Every day, state giants sell new technologies to other countries that want to keep up with the times. One of the pressing topics of today is the automation of processes that will ensure less use of resources, improving the quality of products and most importantly improving the quality of life of citizens.

Below we want to present you some examples of the use of automation technologies in our lives:

– The sphere of production in the country is a huge part of the development of the state. All other areas somehow depend on the production of products. It should be understood that the processing of the same raw material is quite difficult work, at the same time, automation of the processing and production process plays an important role. This makes the process easier and less resource-intensive. For example, we can take dangerous for people enterprises. Chemical enterprises deal with chemical raw materials, the usual replacement of people with robots and new machines will make the lives of workers easier and safer, and the production of products easier and less costly. Also, enterprises where it is very difficult to process raw materials physically, using human power and old technologies, need automation to speed up the process, which in turn makes the process faster and easier. What we have, the human resource does not always play the most important role in the process of manufacturing products. Robots are a real way to simplify people's lives and reduce the percentage of use of human resources.

– Everyone has heard about the use of artificial intelligence to work in a particular sphere of life. Artificial intelligence is improving every day, this makes it a promising technology that will help automate various areas in the future. A few years ago, no one understood how integral this technology would be in our lives. Take the well-known ChatGPT as an example. In 2019, OpenAI developed an AI tool capable of creating fake news, but decided not to publish it due to the possibility of abuse. In the same year, they introduced GPT-2, claiming its impressive capabilities in text generation. In 2020, OpenAI released GPT-3, an even more powerful version of its chatbot. GPT-3 has received tremendous attention for its ability to generate high-quality and diverse text in large volumes. [1] Today it is a very useful tool for automating various technical processes, a good example is code editing. Sometimes it takes a huge amount of time, which is almost unacceptable with short project deadlines. But this is only a small fraction of all its capabilities, their list is countless. With its

help, many processes are automated: finding information, creating texts and much more.

In the modern world, technology has become a necessary component of our daily life, penetrated into all spheres, from production to daily needs. One of the key trends is the automation of processes aimed at reducing the use of resources, improving product quality and improving the quality of life. Production, which was previously dependent on human resources, is now involved in the automation process, which contributes to the efficiency and safety of industrial enterprises. Chemical enterprises, as an example, can replace people with robots and use the latest technologies to process chemical raw materials, reducing risks for workers and reducing costs. This expands the possibilities of production and contributes to the creation of safer working conditions. Artificial intelligence, as another key technological trend, is developing and is already finding its application in the automation of various areas, from text generation to code editing. Such innovations help to save time and effort, which is an important factor in the rapid development of technology. As a result, it can be noted that automation technologies solve important problems, simplifying routine processes, improving security and increasing productivity. They define new standards in modern society, providing opportunities for more efficient use of resources and improving the quality of life.

REFERENCES

1 Володимир Коваленко - Цифрова Історія створення ChatGPT. Все, що ми знаємо про OpenAI URL <https://webnauts.pro/uk/blog/istoriya-stvorennya-chatgpt-vse-shho-my-znayemo-pro-openai/> [Електронний ресурс] (дата звернення: 23.11.2023).

Трач Б.В., Фешанич Л.І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

РОЛЬ ФАЗЗИ-ЛОГІКИ У ПРИЙНЯТТІ ТОРГОВЕЛЬНИХ РІШЕНЬ: ПЕРЕВАГИ ТА ОБМЕЖЕННЯ

В сучасному світі фінансів та торгівлі застосування технологій штучного інтелекту є ключовим для досягнення успіху. Одним з інноваційних методів, що використовується для прийняття рішень на фондовому ринку, є фаззі-логіка. Її застосування в торгівлі відкриває широкі перспективи та водночас викликає обґрунтовані питання.

Огляд фаззі-логіки та її роль у торговельних рішеннях

У контексті торговельних рішень, фаззі-логіка виявляється цінною, оскільки фінансові ринки постійно заселені неоднорідною, а часто й нечіткою інформацією. Застосування фаззі-логіки у торгівлі дозволяє ефективно опрацювати цю нечіткість, враховуючи різноманітні ступені неоднозначності та нечіткості, які є типовими для фінансових даних.

Торговельні рішення, засновані на фаззі-логіці, здатні працювати з реальними даними, які мають нечіткі або неоднозначні властивості, та враховувати цю неоднорідність при прийнятті торговельних рішень. Це дозволяє моделі фаззі-логіки адаптуватися до різноманітних ринкових умов та забезпечувати більш гнучке прийняття рішень в умовах невизначеності. [1]

Однією з ключових переваг застосування фаззі-логіки у торгівлі є її здатність адаптуватися до динамічно змінюючихся ринкових умов, що дозволяє більш ефективно реагувати на коливання ринку та миттєво адаптувати стратегії торгівлі до нових умов. Таким чином, фаззі-логіка відіграє значну роль у створенні та застосуванні торговельних систем, здатних працювати з великим обсягом нечіткої та неоднозначної інформації на фінансових ринках.

Переваги використання фаззі-логіки в торгівлі

Фаззі-логіка може бути використана для аналізу технічних показників, таких як цінові коливання, обсяги торгів, а також для врахування нечітких сигналів від індикаторів, таких як "Relative Strength Index" (RSI) або "Moving Average Convergence Divergence" (MACD).[2]

У цьому контексті фаззі-логіка може допомогти торговельному роботу розробляти правила для управління позиціями на ринку в умовах, коли індикатори можуть давати суперечливі чи нечіткі сигнали. Наприклад, при різких цінових рухах, коли індикатори можуть показувати суперечливі сигнали "купити" та "продати", фаззі-логіка може допомогти роботу визначити оптимальний вихід або вхід в позицію, враховуючи ступінь нечіткості в сигналах.

Фаззі-логіка дозволяє створювати моделі, які адаптуються до динамічно змінюючихся ринкових умов. Моделі, засновані на фаззі-логіці, можуть оперативно реагувати на коливання цін, обсягів торгів та інших факторів ринку, адаптуючи стратегії торгівлі без значного перегляду чи переконфігурації. Фаззі-логіка легше враховує експертні знання та досвід, але не вимагає великої кількості даних для навчання моделі, що є важливим у торгівлі, де дані можуть бути обмеженими.

Фаззі-логіка дозволяє гнучко налаштовувати параметри та правила моделі, щоб враховувати нові дані чи умови на ринку. Це дозволяє підтримувати актуальність торговельної стратегії в змінних умовах ринку.

Обмеження та виклики при використанні фаззі-логіки

Експертні знання можуть бути нечіткими або неоднозначними. Терміни, які використовуються експертом для опису певних ситуацій на ринку, можуть мати різні трактування, що ускладнює їх переклад у чіткі фаззі-правила. Експерт може мати особисті інтуїтивні оцінки або погляди, які важко формалізувати в чіткі правила. Це може ускладнювати перетворення їхнього досвіду у відповідні фаззі-правила без відповідного узагальнення та адаптації.

Переклад експертних знань у фаззі-правила вимагає глибокого розуміння фахових аспектів ринку. Без достатньої експертизи в даній області, складно сформулювати точні та ефективні правила на основі думок експертів. Експертні думки можуть бути дуже конкретними або специфічними для певних сценаріїв, що

ускладнює їх узагальнення для використання в умовах, які виходять за рамки початкових даних. Важливо збалансувати експертні думки з реальними даними з ринку. Іноді експертні знання можуть не враховувати всіх аспектів ринкових умов, тому потрібно враховувати об'єктивні дані для створення більш повних та точних фаззі-правил.[3]

Іноді фаззі-моделі можуть видаляти частину нечіткої інформації, що може призвести до упущень чи спотворень у результаті аналізу. Застосування фаззі-логіки може призвести до ризиків через недостатню стандартизацію підходів до оцінки ризиків та навчання моделей. Фаззі-логіка не завжди є універсальним рішенням. У деяких ситуаціях існують більш ефективні методи аналізу та прийняття рішень.

При роботі з великими обсягами даних і складних моделей, фаззі-логіка може показати граничні можливості.

Висновки та перспективи

Фаззі-логіка відкриває нові можливості для розуміння та аналізу фінансових ринків, проте її застосування потребує уважності та експертності. Розуміння як переваг, так і обмежень фаззі-логіки є ключовим для її успішного використання у прийнятті торговельних рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1 Investopedia. (Fuzzy Logic: Definition, Meaning, Examples, and History). [веб-сайт]. Режим доступу: <https://www.investopedia.com/terms/f/fuzzy-logic.asp>

2 Investopedia. (What Is Analysis Paralysis? Definition, Risks, and How to Fix) [веб-сайт]. Режим доступу: <https://www.investopedia.com/terms/a/analysisparalysis.asp>

3 QuantStart. (Calculating Realised Volatility with Polygon Forex data) [веб-сайт]. Режим доступу: <https://www.quantstart.com/articles/calculating-realised-volatility-with-polygon-forex-data/>

Третяк В.В., Близнюк О.О.

Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

МОЖЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТП ЗА ДОПОМОЮ СТРУКТУРНО-АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОДОБИ В САПР ТП

Однією з перспективних задач в САПР ТП є задача класифікаційної обробки даних для автоматичного генерування технологічного процесу.

В сучасних САПР цю задачу спочатку виконує спеціаліст. В залежності від можливостей САПР він кодує необхідну інформацію, а система автоматичного проектування в залежності від вхідної інформації на деталь і технічних вимог автоматично формує ТП. Синтез ТП в такій постановці питання виконується для автоматичного режиму тільки на етапі формування ТП за алгоритмом, який вже внесено у програму.

В доповіді представлено приклад виконання програми для автоматичного генерування елемента ТП. Як приклад – елемент необхідності формування отвору у штампованій заготовці для сформованої таблиці імперичних даних (ТЕД- 60 деталей) в залежності від геометричних ознак і показника складності поковки (рис. 1) методом самонавчання.

Авторами розроблено алгоритм і діючу програму автоматичного прийняття рішення за допомогою структурно-аналітичного методу розпізнавання подоби методом самонавчання. Метод розроблено в ХАІ і він має декілька переваг. Так - рішення формується у виді бінарного графа, який легко аналізується спеціалістами (рис 2).

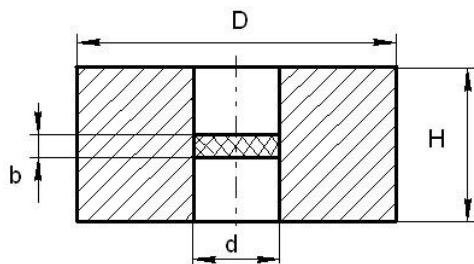


Рисунок 1 – Схема визначення ознак заготовки

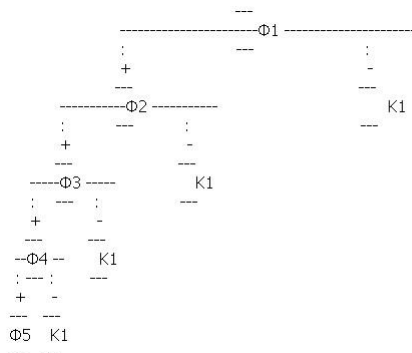


Рисунок 2 – Фрагмент автоматично сформованого графа рішень

А любий граф можна представити у виді бінарного графа. Метод легко працює з різноманітними вхідними даними (бінарними, кількісними, словниковими і порядку) в тому числі для малих вибірок. На рис.3 представлено фрагмент таблиці істинності предикатів в який автоматично формується бінарний граф. І саме ця форма легко використовується в САПР ТП.

НОМЕР ВЕРШИН	ТИП О-П	НОМЕР ОЗНАКИ	ПОРІГ	X ≥ Q	X < Q
1	СПКОМБ	2	.12000E+01	2	-1
2	СПКОМБ	1	.24000E+02	3	-1
3	СПКОМБ	4	.96000E+00	4	-1
4	СПКОМБ	5	.15000E+00	5	-1
5	СПКОМБ	1	.84800E+02	-2	6

Рисунок 3 – Фрагмент автоматично сформованої таблиці істинності предикатів

На рис. 4 показана форма для виконання статистичного аналізу даних на новій вибірці і автоматизованого прийняття рішення.

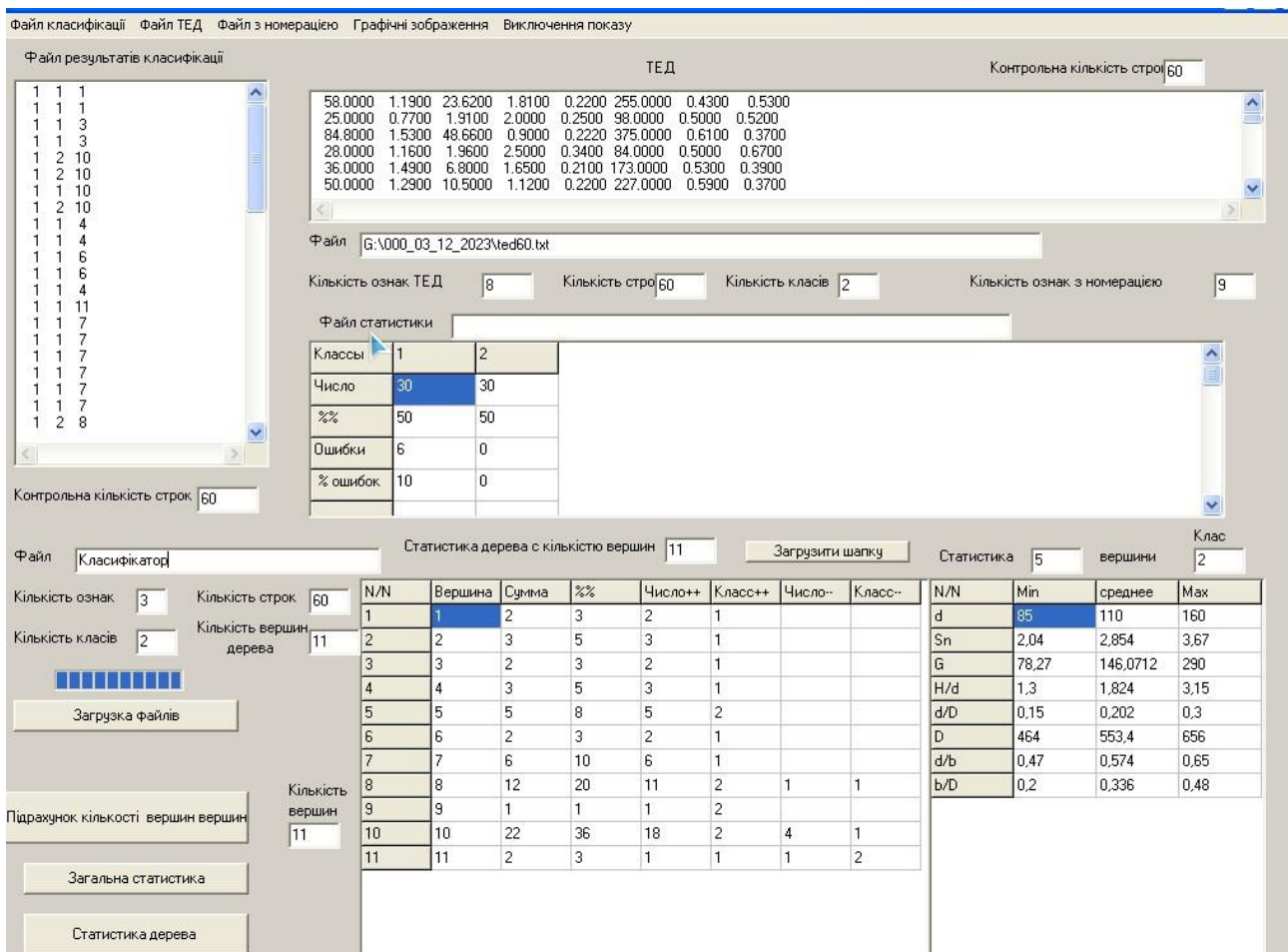


Рисунок 4 – Фрагмент форми для виконання статистичного аналізу даних і автоматизованого прийняття рішення

Авторами також розроблено алгоритми і програму для автоматизованого прийняття рішень для елементів технологічного процесу для механообробних операцій.

Третяк Т.Є., Шелковий О.М., Мироненко О.Л.,
Мироненко С.О.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ НЕЕВОЛЬВЕНТНИХ ЗУБЧАСТИХ ЗАЧЕПЛЕНЬ»

Зубчасті передачі, що використовуються у сучасному машинобудуванні, повинні забезпечувати передачу великих обертаючих моментів, бути точними та швидкохідними, плавними та безшумними, мати високу працездатність: надійність та довговічність роботи. У зв'язку з цілим рядом недоліків зубчастих передач з евольвентним профілем бічних поверхонь зубів, що є найбільш пошире-

ними механічними передачами, які застосовуються в машинобудуванні, актуальною задачею є дослідження зубчастих передач зі складним невольвентним профілем бічних поверхонь зубів, які в ряді областей застосування мають переваги перед евольвентними зубчастими передачами.

Розроблено комп'ютерну програму Gears, що призначена для геометричного аналізу процесу формоутворення поверхонь зубів обкатними зуборізними інструментами за допомогою комп'ютерної графіки, розрахунку та аналізу якісних показників зубчастих зачеплень, утворених рейками з різним профілем бічних поверхонь зубів, вибору форми профілів зубів інструментів, що забезпечують найбільш раціональне поєднання профілів зубів оброблених ними зубчастих коліс.

Програму розроблено на базі узагальненої математичної моделі формування профілів ріжучої частини інструментів для формоутворення невольвентних зубчастих передач на основі кінематичного аналізу їх руху методами теорії відображень простору [1, 2].

Алгоритм роботи програми містить такі основні блоки:

- введення вхідних даних (кількість етапів формоутворення зубчастих коліс, з яких складається зачеплення; параметри профілів інструментальних рейок, а також параметри послідовно оброблюваних інструментальних і робочих зубчастих коліс);
- розрахунок профілів зубчастих коліс, що становлять зубчасту пару;
- виведення на екран комп'ютера зображення профілів бічних поверхонь зубів та їх рухів у процесі обкатки;
- обчислення довжини активних ділянок профілів зубів, кутів перекриття зубчастих коліс та коефіцієнту перекриття зубчастого зачеплення;
- обчислення приведених радіусів кривизни та коефіцієнту тиску в точках торкання профілів зубів.

Тим самим створено передумови для вибору з отриманого в результаті геометричного моделювання поля кінематичних кривих таких профілів зубів інструментів, які б забезпечували найбільш раціональне поєднання профілів зубів оброблених ними зубчастих коліс і необхідні якісні показники зубчастого зачеплення.

Програмні блоки реалізовано на мовах програмування Pascal та Delphi 7 для ОС Windows 7, 8.1, 10, 11.

Вікно програми Gears (рис. 1) містить три панелі з полями для вибору або введення вхідних даних [3]:

- панель для вибору об'єкту дослідження;
- панель для вибору або введення параметрів формоутворення та зображення зубчастих коліс;
- панель для вибору параметрів зображення зубчастого зачеплення.

За допомогою програми проведено чисельні експерименти, результати яких показують, що невольвентні зубчасті зачеплення можуть мати менші коефіцієнти тиску в точках торкання профілів у порівнянні з евольвентними зачепленнями при збільшенні або зменшенні коефіцієнта перекриття.

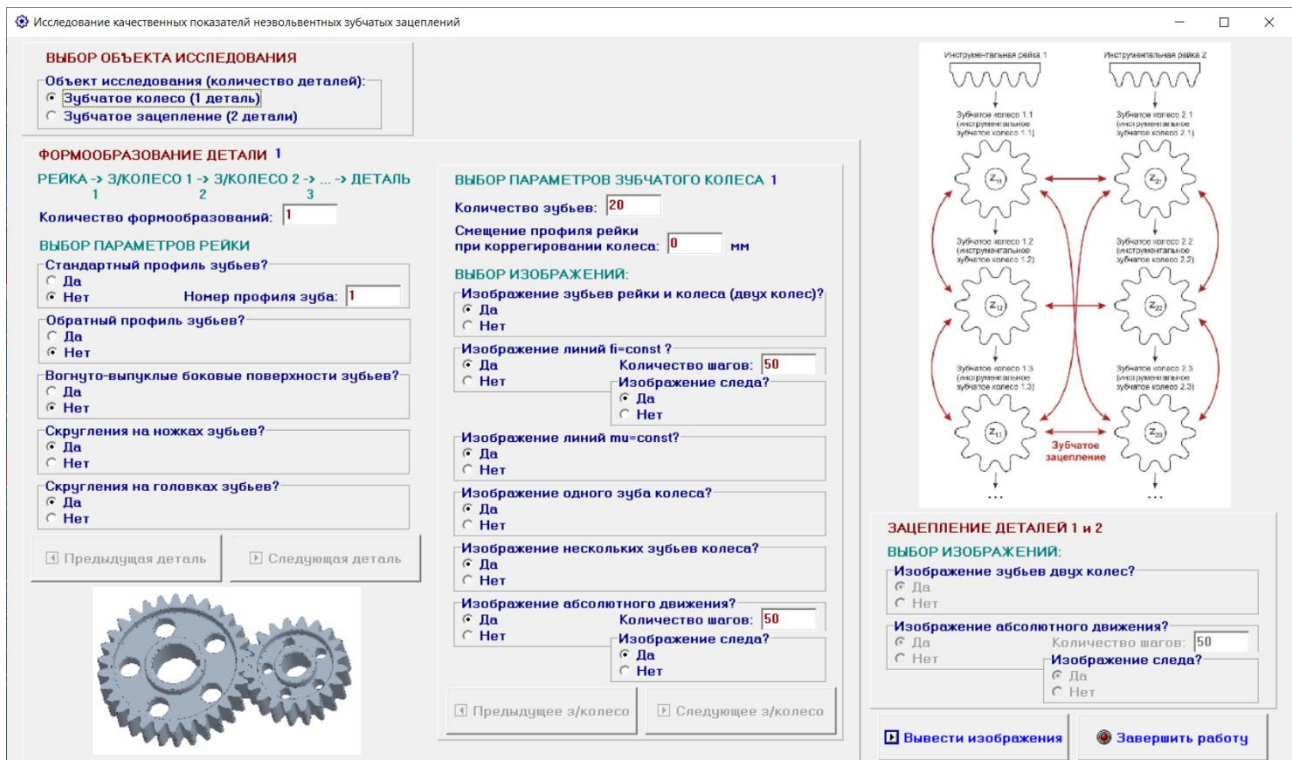


Рисунок 1 – Вікно програми Gears для вибору або введення вхідних даних

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Перепелиця Б.О. Відображення афінного простору в теорії формоутворення поверхонь різанням. Х., 1981. 152 с.
- 2 Третьак Т.Е., Шелковой А.Н., Гуцаленко Ю.Г., Мироненко С.А. Анализ качественных показателей незвольвентных зубчатых передач. Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2019. – Вып. 90. – 188 с. С. 72-84.
- 3 Комп'ютерна програма «Исследование качественных показателей незвольвентных зубчатых зацеплений» («Gears»). / Третьак Т.Е., Шелковий О.М., Мироненко О.Л., Мироненко С.О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 117622 від 28 березня 2023 р.

Тришевський О.І., Кононенко Ю.С., Кононенко Я.С.
Державний біотехнологічний університет

ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГОФРОВАНИХ ПРОФІЛІВ СПОСОБОМ ОСАДКИ ХВИЛЯСТОЇ ЗАГОТОВКИ

Один зі шляхів поліпшення якості гофрованих гнутих профілів, що застосовуються в сільгоспмашинобудуванні, - їхнє виробництво способом осадження хвилястої заготовки (рис. 1). Для цього способу характерна інша, порівняно зі звичайними способами формування, схема напружено-деформованого стану місць вигину гофрів: вони формуються пластичним вигином зі стисненням. Отримувані цим способом профілі вирізняються меншою різноширинністю за довжиною, рівномірнішим розподілом механічних властивостей за перерізом,

меншим потоншенням у місцях вигину, останні можуть бути виконані з меншими радіусами.

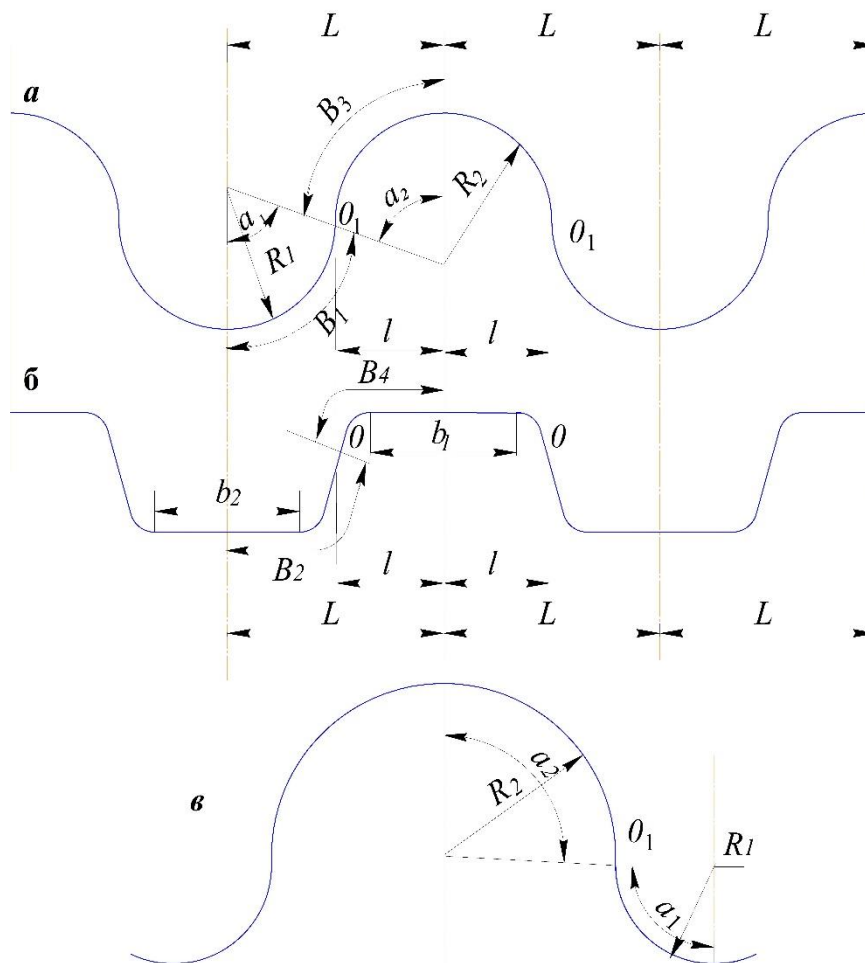


Рисунок 1– Схема проміжної хвилястої заготовки (а), гофрованого профілю (б) та елементу хвилястої заготовки (в)

Раніше було встановлено три технологічні принципи проектування калібрувань валків під час виробництва гофрованих профілів названим способом.

1. Відстань L між осями хвиль хвилястої заготовки має дорівнювати відстані між осями гофрів на готовому профілі;
2. Периметр хвилястої заготовки повинен дорівнювати периметру гофрованого профілю ($B1 = B2$; $B3 = B4$);
3. Середні точки O на похилих прямолінійних ділянках гофрованих профілів повинні відповідати точкам O_1 контакту дуг хвилястої заготовки і перебувати на однаковій відстані (l) від осей гофрів.

Геометрична форма проміжної хвилястої заготовки при цьому являла собою профіль, утворений дугами радіусів R_1 і R_2 (рис. 1а). Якщо верхні та нижні горизонтальні елементи гофрів профілю мали однакову ширину ($b_1 = b_2$), то радіуси заокруглень і кути підгину хвилястої заготовки також мають бути однакові ($R_1 = R_2$; $a_1 = a_2$). Якщо ж ширина цих елементів була неоднаковою ($b_1 \neq b_2$), то радіуси заокруглень і кути підгину хвилястої заготовки були різними, тобто, в точках O_1 було відсутнє сполучення (рис. 1.в), причому ступінь несуміжності

збільшувалася зі збільшенням різниці в ширині елементів, що могло призвести до зламу заготовки в місцях з'єднання дуг.

З метою запобігання зламу заготовки розроблено нову методику проектування калібрувань, що має ту особливість, що $a_1 = a_2$, а похилі прямолінійні ділянки гофрованого профілю є прямолінійними і на проміжній хвилястій заготовці, для того, щоб у процесі її формування та подальшого осадження вони не зазнавали значних деформацій (порівнянних із деформаціями ділянок, які згинаються).

Горизонтальні прямолінійні елементи гофрів можуть мати як однакову, так і різну довжину. В обох випадках для визначення конфігурації хвилястої заготовки достатньо враховувати дві умови (рис. 2).

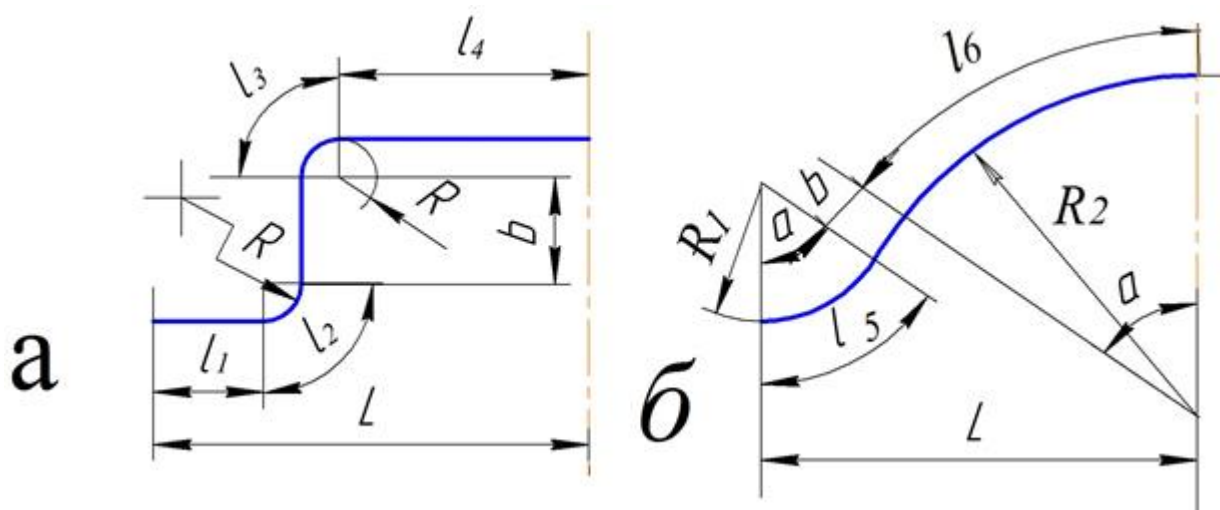


Рисунок 2– Схема для визначення параметрів хвилястої заготовки з похилою прямолінійною ділянкою: а – гофрований профіль; б – хвиляста заготовка

1) периметр заготовки має дорівнювати периметру гофрованого профілю ($l_1 + l_2 = l_5$; $l_3 + l_4 = l_6$);

2) відстані між осями гофрів мають дорівнювати відстаням між осями відповідних хвиль заготовки (L).

На підставі схеми рис.2.б можна скласти рівняння:

$$R_1 \sin a + b \cos a + R_2 \sin a = L \quad (1)$$

де R_1 і R_2 – радіуси хвиль заготовки (за нейтральною лінією); b – ширина похилої прямолінійної ділянки; a – кут підгинання елементів хвилястої заготовки; L – відстань між осями гофрів (хвиль).

Величину радіусів хвиль можна виразити таким чином (рис.2) :

$$R_1 = \frac{l_3}{a} = \frac{l_1+l_2}{a}; R_2 = \frac{l_6}{a} = \frac{l_3+l_4}{a} \quad (2)$$

Підставивши (2) у (1) і зробивши перетворення, отримуємо:

$$\frac{l_1+l_2+l_3+l_4}{a} \sin a + b \cos a = L \quad (3)$$

Представивши функції $\sin a$ і $\cos a$ у вигляді рядів:

$$\left. \begin{aligned} \sin a &= a - \frac{a^3}{3!} + \frac{a^5}{5!} + \dots \\ \cos a &= 1 - \frac{a^2}{2!} + \frac{a^4}{4!} + \dots \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Для розв'язання рівняння (3) обмежимося трьома членами кожного з рядів (4), що дає досить високу точність. Після переворень отримуємо:

$$A \left(1 - \frac{a^2}{3!} + \frac{a^4}{5!} \right) + b \left(1 - \frac{a^3}{2!} + \frac{a^4}{4!} \right) = L, \quad (5)$$

де: $A = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$.

Розв'язавши це рівняння, знайдемо кут підгинання хвилястої заготовки a (у радіанах).

Виготовлення гофрованих профілів із трапецієподібними і прямокутними гофрами за калібруваннями, розрахованими з використанням наведеної вище методики, забезпечує отримання якісної продукції.

Тулупов В.І., Онищук С.Г.

Донбаська державна машинобудівна академія

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБІВ КОМБІНОВАНИМИ МЕТОДАМИ ОБРОБЛЕННЯ

Одним з головних етапів життєвого циклу продукції машинобудування, що визначає наступні етапи, є виробництво. На етапі технологічної підготовки визначаються послідовність виконання технологічних операцій, які визначають споживчі властивості виробу при його подальшій експлуатації. Забезпечення експлуатаційних властивостей виробів машинобудування є одним з засобів щодо забезпечення життєвого циклу [1].

В машинобудівній галузі промисловості використовується багато технологічних методів зміцнення поверхонь виробів. Серед них виділяють традиційні та комбіновані методи зміцнення.

До традиційних методів зміцнення належить поверхнево-пластичне деформування. До комбінованих методів зміцнення з модифікацією поверхні належать [2]: хімічні та хіміко-термічні (цементування, азотування, нітроцементация), термічні (гартування струмами високої частоти), обробка виробів концентрованими потоками енергії (пучки електронів, плазмові потоки, лазерне випромінювання), механічні (поверхнево-пластичне деформування) та ін.

Критерієм щодо вибору того чи іншого методу має бути енергоємність процесу зміцнення, характеристики покриття (зносостійкість, глибина зміцненого шару, твердість, величина залишкових напружень в поверхневому шарі).

Найменші витрати енергії (питома енергоємність різання) спостерігаються при застосуванні електричних джерел тепла, а найбільші – плазмово-механічних і лазерно-механічних.

Авторами роботи запропоновано використовувати як джерело енергії імпульсний електричний струм.

Як комбіновані методи обробки досліджувалися два – зміцнення поверхні модифікацією дисульфідом молібдену [3] та зміцнення поверхні з використанням алюмотермії [4].

Особливістю першого методу є наступне: на поверхню деталі наноситься дисульфід молібдену, виконується вигладжування з використанням імпульсного електричного струму. В результаті силового та теплового факторів на нанесений попередньо шар твердого змащення утворюється регулярна дискретна структура поверхневого шару, що є поєднанням зміцнених фрагментів з дисульфідом молібдену (MoS₂) та фрагментів з оксидом молібдену (MoO₃), глибина розповсюдження якої залежить від режимів здійснення процесу вигладжування.

Особливістю другого методу є використання методу алюмотермії, який ініціюється електричним імпульсом від електроду на відкритому повітрі, для отримання покриття поверхні оксидом алюмінію та хромом, що утворюються внаслідок хімічної реакції в зоні обробки.

Обидва методи забезпечують створення зміцненого поверхневого шару на досліджуваних зразках. Експериментальні дослідження виконувались на зразках, виготовлених зі сталі 40Х.

Результати металографічних досліджень свідчать про те, що досліджені методи забезпечують збільшення мікротвердості поверхні у 3 рази, глибина зміцненого шару 0,25 мм. Поверхневий зміцнений шар насичується хромом і алюмінієм після алюмотермії та молібденом після електроімпульсного вигладжування.

Зносостійкість зміцнених поверхонь досліджувалась з використанням методу «штучних баз», що дозволяє визначити лінійне зношення поверхні деталей. Випробування на устаткуванні за методикою випробувань на машині тертя виконувалось за схемою «диск-колодка».

Результати досліджень свідчать про те, що зносостійкість після електроімпульсного вигладжування збільшується в 1,8 рази, після алюмотермії – в 2 рази. Інтенсивність зношення поверхні після електроімпульсного вигладжування зменшується в 1,6 рази, після алюмотермії – в 1,8 рази.

Використання розглянутих методів зміцнення поверхневого шару дозволяє в технологічному процесі виготовлення деталі виключити операцію термічної обробки.

ЛІТЕРАТУРА

1 Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: НВП «Вид-во Наукова думка» НАН України, 2007. – 558 с.

2 Серета Б.П. Поверхнєве зміцнення матеріалів: монографія / Б.П. Серета, Н.Є. Калініна, І.В. Кругляк. – Запоріжжя: ЗДІА, 2004. – 230 с.

3 Тулупов В.І., Онищук С.Г. Дослідження зносостійкості металевих зразків після електроімпульсного вигладжування з модифікуванням поверхні // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали ХVІІІ міжнародної науково-технічної конференції, 21-24 грудня 2020 р., Краматорськ, 2020. – С. 89.

4 Тулупов В., Онищук С. Дослідження методу поверхневого зміцнення деталей із використанням алюмотермії // Технічні науки та технології. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – № 2(24). – С. 17-22. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-2\(24\)-17-22](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-2(24)-17-22).

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ШНЕКА, ЩО ПОДАЄ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОБРОБЛЕННЯ КАНАВОК НА КОМПЛЕКСНІЙ З ЧПК ОПЕРАЦІЇ

Наразі роль машинобудування в Україні та світі важко переоцінити через те, що в усіх галузях необхідна його продукція.

Зараз на виробничих підприємствах ведеться постійний пошук способів зростання продуктивності праці, що необхідно для підвищення конкурентності продукції і зменшення долі людської праці. Тому важливим є зростання продуктивності виробництва в цілому та зменшення норм основного та допоміжного часу на усіх переходах у технологічному процесі.

Зменшення часу обробки передбачає усунення так званих «вузьких місць», а саме переходів де втрачається багато часу, в декілька разів більше, ніж на всіх переходах аналізованої технологічної операції.

Для аналізу у магістерській роботі була обрана операція оброблення канавок на деталі «Шнек, що подає». Дані канавки можна представити як багатозахідну різь з великим кроком. Поверхні цієї різі призначені для захоплення і подавання мастила з картера змащення на підшипники відцентрового насоса у вузлі змащення якого і працює деталь, що обрана для магістерського дослідження.

Підвищення продуктивності можливо за рахунок зменшення кількості проходів, що у свою чергу призводить до необхідності збільшення глибини різання. Тому сили різання зростають, що часто супроводжується можливою появою вібрацій.

Одним зі шляхів підвищення продуктивності та зниження собівартості обробки є впровадження нових підходів, а саме забезпечення максимальної жорсткості під час різання за рахунок саме застосування верстатного пристрою підвищеної жорсткості і застосування прогресивних верстатів з ЧПК. Пристрій має забезпечувати надійність і швидкодію, а верстат має виконувати складні кінематичні рухи з високою точністю. При цьому зрізання метала має бути максимальним за одиницю часу.

В результаті магістерської роботи було розроблено спеціальний верстатний пристрій, який було досліджено за допомогою програми для виконання інженерних розрахунків ANSYS Workbench. Під час дослідження встановлено, що деформації під дією сил різання у 5 разів менші за допуски на оброблювані поверхні, а частоти процесу різання на співпадають з власними частотами коливань пристрою, тому обробка буде проходити без резонансу.

У результаті впровадження такої конструкції верстатного пристрою вдалося скоротити основний час на операції на 79% у порівнянні з базовим технологічним процесом.

ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ В УКРАЇНІ ШЛЯХОМ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

В сучасному світі, де відбувається поступове зростання уваги до сталого розвитку та використання відновлюваних джерел енергії, виникає необхідність у використанні новітніх технологій отримання біогазу з органічних відходів та стратегії до зменшення викидів вуглецю та забезпечення стабільності енергетичного сектору в промисловості. Україна, як і інші країни Європи, активно розвивається в напрямку зеленого енергетичного майбутнього. Якщо раніше органічні відходи розглядались як загальна проблема людства, то зараз відходи стають цінним ресурсом для виробництва електроенергії, використовуючи сучасні технології отримання біогазу з органічних відходів.

Використання інновацій та наукових досягнень для оптимізації технологічних процесів та впровадження ефективного використання біогазу за рахунок новітніх технологій, стає суттєвим аспектом для сучасного екологічного розвитку та нових можливостей екологічно чистих технологій та зелених ініціатив.

Якщо не розглядати військовий стан, то до війни загальний обсяг накопичених промислових та побутових відходів оцінювався в 15,6 млрд тонн, при тому що загальна площа сміттєзвалищ в Україні перевищує 9 тис га. Через те що побутові відходи виділяють в атмосферу метан та парникові гази, що у 86 разів потужніші за вуглекислий газ (CO_2), постає питання в раціональному використанні відходів та економічності утилізацій задля отримання в подальшому енергетичного ресурсу [1].

Розглядаючи використання біомаси для виробництва газового палива, економічно та для задоволення потреб людей в опаленні чи приготуванні їжі, широкого використання набув біогаз, як газ, отриманий з біомаси джерелами якого слугують: відходи тваринних ферм, стічні води чи органіка на сміттєвих полігонах. Біогаз – це суміш метану (60-70%), CO_2 та незначних кількостей інших газів [2].

Серед переваг отримання біогазу за допомогою біогазових станцій виділяють: вирішення екологічної проблеми наявних обсягів органічних відходів, що генеруються підприємствами; універсальність біогазових установок на будь-яких територіях та умовах; широка можливість в подальшому використовувати біогаз; стабільність енергоносія та зниження негативного впливу на навколишнє середовище [3]. Недоліками біогазових станцій є: тривалість виробничого циклу та дефіцит через тваринну сировину [4].

Біогазові технології можуть використовуватись для переробки власних відходів підприємств, проектування великих централізованих біогазових комплексів для спільної переробки відходів, для спільного зброджування відходів тваринництва і енергетичних культур для отримання електроенергії, впровадження

великих біогазових комплексів із подальшим отриманням біогазу, створення підприємств для механіко-біологічної переробки органічної фракції ТПВ та для збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ [5].

Якщо розглядати різні методи отримання енергетичного ресурсу за допомогою спалювання відходів: окислювального піролізу, термоелектричного генератора, конструкції анаеробного зброджування та автономного комплексу газофікатора, можна сказати що останні два метода мають новітню значимість та ефективність в порівнянні з іншими методами.

До використання новітньої технології отримання біогазу шляхом переробки органічних відходів можна віднести анаеробне зброджування. Метод виробництва біогазу за допомогою анаеробного зброджування полягає в розкладанні органічних речовин (відходів) за участю мікроорганізмів без доступу кисню у спеціальних герметичних резервуарах – метантенках. Процес анаеробного зброджування протікає в чотири етапи: гідроліз, ацидогенез, ацетогенез та метаногенез [6]. До переваг цього методу можна віднести те, що отримується цінне органічне добриво, в якому міститься суттєво менше хвороботворних організмів, ніж в початковому матеріалі та економічність отримання біогазу [7].

За даними НКРЕКП, станом на 01.10.2022 р. в Україні встановлено 64 установок, якими виробляється енергія з біогазу [8]. В Україні метод анаеробного збродження широко використовується в когенераційних установках на біогазі в агропромислових комплексах та когенераційних установках на біогазі з полігонів і звалищ ТПВ на таких біоенергетичних об'єктах, як: ПрАТ «ОРІЛЬ-ЛІДЕР», ТОВ «ГУДВЕЛЛІ УКРАЇНА», ТОВ ЛНК, м. Київ, ТОВ ЛНК, м. Житомир [9].

На відміну від технології анаеробного зброджування для отримання біогазу, технологія газофікації дозволяє отримати газ за термохімічним принципом. Газофікатори являють собою автономний комплекс, що має криогенний резервуар, блоки випарників, арматурну шафу, запобіжну арматуру, прилади контролю та трубопроводи обв'язки. Газофікатори призначені для зберігання рідких газів, таких як: кисню, аргону, азоту – газифікації та його видачі під тиском [10]. Синтез-газ, який виробляють газофікатори шляхом перетворення біомаси за допомогою термохімічних процесів, далі подають на спалення для отримання тепла, що може надалі використовуватись в двигуні внутрішнього згорання для отримання механічної або електричної енергії [11].

Якщо розглядати конструкцію газофікатору з вседозрідженним шаром до його переваг можна віднести: наявність більшої гнучкості палива, кращий контроль та швидкість реагування на зміни. Однак недоліки цієї конструкції включають вищу капітальну вартість, вищу вимогу до потужності і потреби в частому експлуатуванні при високому завантаженні твердих частинок [12]. В Україні в м. Чернігів розроблена та запроваджена технологія газифікації біомаси в Чернігівській когенераційній станції потужністю 500 кВт що працює на біогазі, та генерується з деревної тріски [13].

Отже, новітні технології отримання біогазу шляхом переробки органічних відходів на електроенергію в Україні важливі для енергетичної політики та за-

безпеченні екологічно чистого майбутнього. Використання анаеробного збро-
джування є перспективним методом отримання біогазу, а газифікація біомаси,
дозволяє забезпечити енергетичні потреби, використовуючи деревну тріску та
інші види біомаси на підприємствах. В Україні вже впроваджуються когенера-
ційні установки та біоенергетичні об'єкти на підприємствах для виготовлення з
органічних відходів – енергетичні ресурси, що свідчить активні кроки у напрямку
зеленого енергетичного майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Україна зможе подолати сміттєву кризу. Що передбачає ухвалений Радою закон? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/06/20/688345/> (дата звернення 19.11.2023).
- 2 Біогаз та біометан в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://uabio.org/biogas-and-biomethane/> (дата звернення 19.11.2023).
- 3 Переваги біогазових станцій - AgroBiogas [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: https://agrobiogas.com.ua/advantages_of_biogas_stations/ (дата звернення 19.11.2023).
- 4 Біогазові установки: економічна доцільність та перспективи на майбутнє [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://agroelita.info/biohazovi-ustanovky-ekonomichna-dotsilnist-ta-perspektyvy-na-maybutnie/> (дата звернення 20.11.2023).
- 5 Біогаз – реальна альтернатива природному газу? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8373-biohaz-realna-alternatyva-prirodnomu-hazu.html> (дата звернення 20.11.2023).
- 6 Виробництво біогазу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://iknet.com.ua/uk/article/biogas-production> (дата звернення 20.11.2023).
- 7 ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ ТА БІОПАЛИВА В МАШИНОБУДІВНІЙ ГАЛУЗІ ПРОМИСЛОВОСТІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_4/page11.html (дата звернення 21.11.2023).
- 8 Біоенергетичні кластери: рецепт сталого розвитку міст [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/01/25/696334/> (дата звернення 21.11.2023).
- 9 Біоенергетичні об'єкти: інфографіка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://uabio.org/materials/11862/> (дата звернення 22.11.2023).
- 10 Газифікатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://cryogen.com.ua/catalog/cryogenic-equipment/gasifiers/> (дата звернення 22.11.2023).
- 11 1.1: Bioenergy Conversion Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: [https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Biological_Engineering/Introduction_to_Biosystems_Engineering_\(Holden_et_al.\)/01%3A_Energy_Systems/1.01%3A_Bioenergy_Conversion_Systems](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Biological_Engineering/Introduction_to_Biosystems_Engineering_(Holden_et_al.)/01%3A_Energy_Systems/1.01%3A_Bioenergy_Conversion_Systems) (дата звернення 23.11.2023).
- 12 4.3: Gasification [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: [https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Biological_Engineering/Alternative_Fuels_from_Biomass_Sources_\(Toraman\)/04%3A_Use_of_Biomass_in_Thermal_Technologies/4.03%3A_Gasification](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Biological_Engineering/Alternative_Fuels_from_Biomass_Sources_(Toraman)/04%3A_Use_of_Biomass_in_Thermal_Technologies/4.03%3A_Gasification) (дата звернення 23.11.2023).
- 13 Новини членів UABIO: технологія газифікації біомаси Кліар Енерджі у Чернігові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://uabio.org/news/7472/> (дата звернення 24.11.2023).

ЗІР РОБОТІВ НА ОСНОВІ СТРОБОСКОПІЧНОГО ЕФЕКТУ

Загальна постановка задачі. Одна з проблем, з якою стикаються роботи, оснащені камерами, це спотворення зображення при обертальному русі.

Постановка задачі дослідження. Розглянути систему визначення кутової швидкості двигуна.

Вирішення задачі. Одним із можливих рішень цієї проблеми є використання стробоскопічного ефекту. Стробоскопічний ефект - це явище, при якому об'єкт, що швидко обертається або коливається, здається нерухомим або повільно рухомим, якщо він висвітлюється короткими імпульсами світла з певною частотою. Цей ефект можна використовувати для синхронізації частоти спалахів світла з частотою обертання об'єкта, щоб отримати чітке зображення на кожному кадрі. Стробоскопічний ефект виникає, коли частота спалахів світла f_s дорівнює або кратна частоті обертання об'єкта f_r .

Щоб отримати чітке зображення об'єкта на кожному кадрі, необхідно, щоб час експозиції камери t_e було менше часу спалаху світла t_s . Тоді можна записати такі умови [2]:

$$f_s = k f_r \quad (1)$$

$$t_e < t_s \quad (2)$$

де k – ціле число.

З першого умови можна виразити частоту спалахів світла через частоту обертання об'єкта:

$$f_s = \frac{k}{T_r} \quad (3)$$

де T_r – період обертання об'єкта.

З другої умови можна виразити час експозиції камери через час спалаху світла:

$$t_e < \frac{1}{f_s} \quad (4)$$

Таким чином, для створення системи робототехнічного зору зі стробоскопічним ефектом необхідно знати або вимірювати частоту обертання об'єкта.

Система складається з трьох основних елементів: стробоскопа, датчика кута повороту та блоку обробки сигналів. Стробоскоп – це пристрій, що генерує короткі імпульси світла із заданою частотою. Датчик кута повороту – це пристрій, який вимірює кут повороту двигуна відносно деякої початкової позиції. Блок обробки сигналів – це пристрій, який приймає сигнали від датчика кута повороту та стробоскопа та обчислює кутову швидкість двигуна [1].

Формула для визначення кутової швидкості об'єкта ω , яка дорівнює добутку частоти обертання об'єкта f_r і кутового коефіцієнта 2π :

$$\omega = 2\pi f_r \quad (5)$$

Схема систему визначення кутової швидкості двигуна на основі стробоскопічного ефекта:

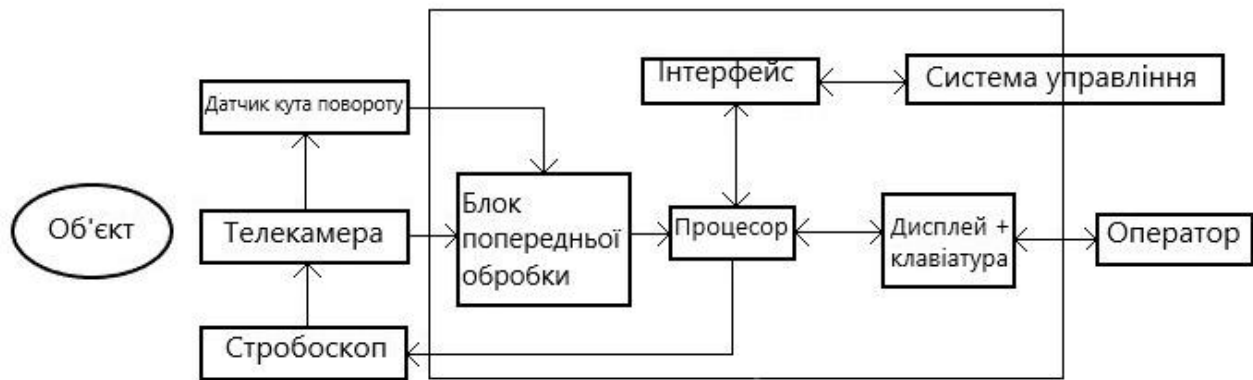


Рисунок – Схема систему визначення кутової швидкості двигуна на основі стробоскопічного ефекта

Висновки. Така система може використовувати стробоскопічний ефект для отримання чітких зображень об'єктів, що обертаються, датчики кута повороту для вимірювання кутового положення об'єктів. Така система може мати широке застосування у різних галузях, таких як робототехніка, промисловість, медицина, безпека та розваги.

ЛІТЕРАТУРА

1 [2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation \(ICRA\)](#).

2 <https://studme.org/tehnika/>

Фролов М.М., Баланюк Г.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТОСУВАННЯ ПРИ ПІДРІЗУВАННІ ТОРЦІВ МЕТОДОМ ВРІЗАННЯ

Експериментальне дослідження умов стійкості при підрізанні торця виконано за схемою (рис. 1): підрізний різець 6 був встановлений на оправці, що обертається 7, а оброблювана деталь 5 закріплювалася в отворі пристосування, жорсткість якого можна змінювати в широких межах.

Висувна пластина 1, закріплена між стійками 2, була виконана у двох варіантах по товщині t_n та висоті h_n поперечного перерізу: перший $t_n = 20$ мм, $h_n = 90$ мм, другий $t_n = 5$ мм, $h_n = 120$ мм. В обох варіантах величина l_n вильоту консольної частини пластини змінювалася від 40 до 250 мм. Співвісність розташування оброблюваного зразка та оправки досягалася переміщенням у поперечному напрямку полозок, на яких були закріплені стійки пристосування. Коливання в напрямку осі обробки вимірювалися при холостому ході та при різанні індукційним датчиком 3, встановленим на пластині, а також індуктивним датчи-

ком 4 (низькочастотна складова). При різанні сталі застосовані різці з пластинками із сплаву Т30К4 з наступною геометрією: $\alpha = 9^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, при швидкості різання $v = 100 \text{ м/хв}$, ширина різання $b = 1 \text{ мм}$; глибина різання $t = 0,02 \text{ мм}$; подача на один оберт $s_o = 0,02 \text{ мм}$. При підрізуванні торців зразків із чавуну СЧ 18, застосовувалися різці із сплаву ВКЗМ, кути заточування яких становили $\alpha = 9^\circ$, $\gamma = 5^\circ$.

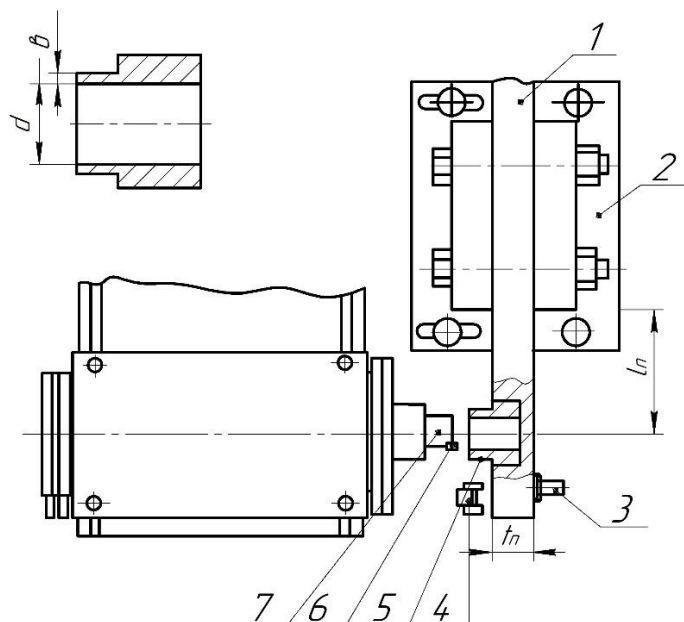


Рисунок 1 – Експеримент із вимірювання коливань при підрізуванні торця

Характеристики пружної системи пристосування моделі для обох варіантів виконання пластини отримані при зміні l_n із кроком 10 мм (рис. 2).

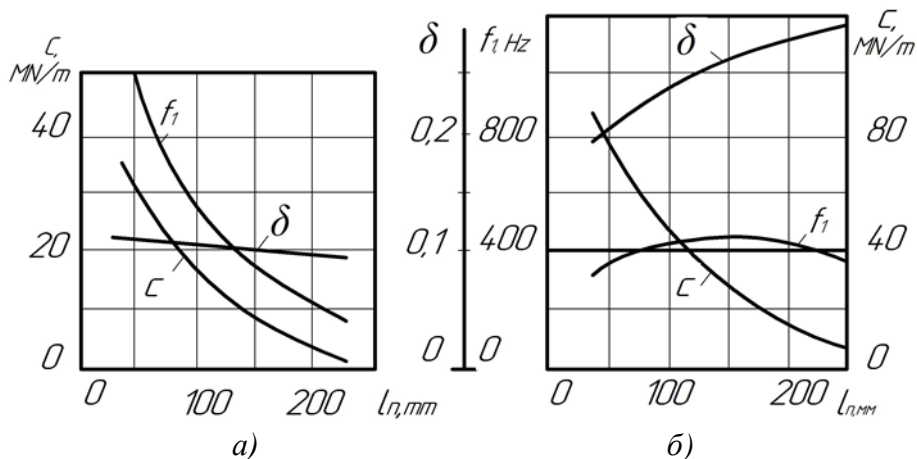


Рисунок 2 – Характеристики пружної системи моделі пристосування:

а – $t_n = 20 \text{ мм}$; б – $t_n = 35 \text{ мм}$

Жорсткість C виміряна у напрямку осі обробки, а власна частота f_1 та логарифмічний декремент коливань δ визначено по осцилограмах загасаючих коливань, збуджених ударом.

РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ВЕРСТАТНОГО МАНІПУЛЯТОРА

Проаналізуємо розмірні зв'язки, які виникають при роботизованому встановленні циліндричної заготовки у самоцентруючий токарний патрон на прикладі роботизованого комплексу металооброблення. Завантаження заготовки у патрон і вивантаження деталі здійснює маніпулятор.

З рис. 1 видно, що введення заготовки між відкритими кулачками патрона можливе у тому випадку, коли відхилення від центрування заготовки відносно осі кулачків патрона $A_{\Delta} \leq A_{\Delta \max}$, причому

$$A_{\Delta \max} = \frac{D - d}{2},$$

де $A_{\Delta \max}$ – максимальне відхилення від центрування; D – діаметр відкритих кулачків патрона; d – діаметр заготовки.

Якщо відхилення A_{Δ} виявиться більше гранично допустимого значення $A_{\Delta \max}$, то встановлення заготовки буде неможливим (рис. 2).

Так як для більшості токарних патронів з механічним приводом діапазон відкриття кулачка може бути досить великим, то, як правило, не виникає труднощів забезпечення відкриття кулачків в діаметрі, наприклад, на 20 мм більше діаметра заготовки. Тоді максимально допустиме відхилення від співвісності буде дорівнювати $A_{\Delta \max} = \pm 10$ мм. У цьому випадку при бажанні забезпечити співвісність значення вихідної ланки можна записати у вигляді $A_{\Delta \max} = 0 \pm 10$ мм. Це означає, що найкращим випадком було б виконання умови $A_{\Delta} = 0$, але допустиме відхилення дорівнює ± 10 мм, тобто допуск на відхилення A_{Δ} у даному випадку буде дорівнювати $T_{\Delta} = 20$ мм.

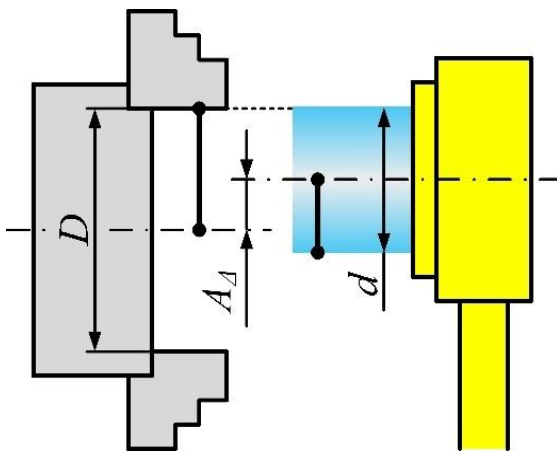


Рисунок 1 – Схема встановлення заготовки у самоцентруючий патрон верстата

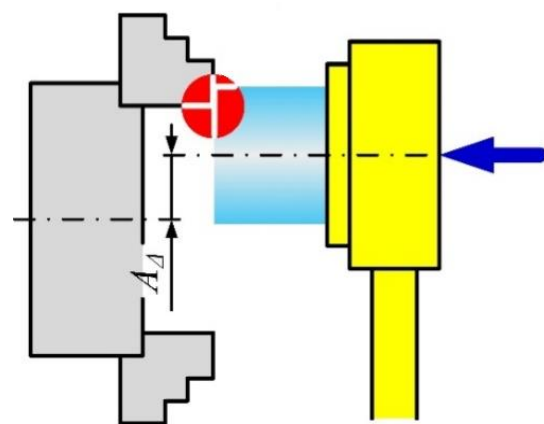


Рисунок 2 – Спроба встановлення заготовки у патрон при $A_{\Delta} > A_{\Delta \max}$

Слід зазначити, що проведеного розрахунку недостатньо для виявлення допустимих відхилень від співвісності, адже розрахункове значення A_{Δ} дозволяє лише забезпечити введення заготовки в міжкулачкову зону патрона і є необхідною, але недостатньою умовою.

Для більш точного визначення величини A_{Δ} необхідно побудувати розмірний ланцюг для розмірних характеристик роботизованого комплексу. Для цього визначають зв'язки між розмірними ланками (рис. 3) і отримують розмірний ланцюг (рис. 4).

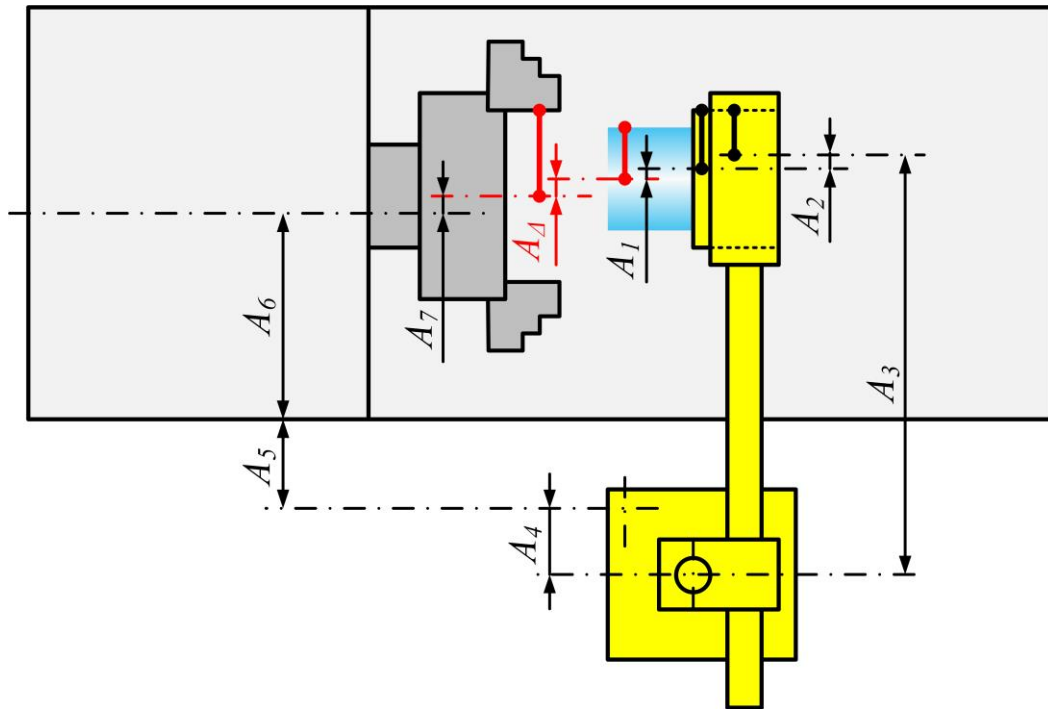


Рисунок 3 – Зв'язки між розмірними ланками роботизованого комплексу

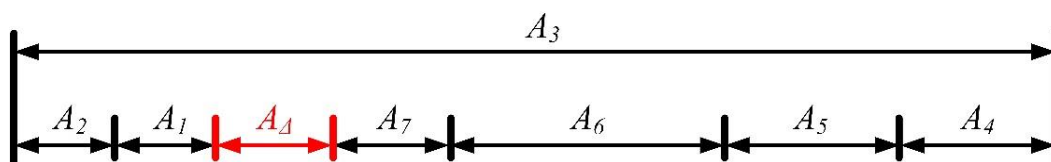


Рисунок 4 – Розмірний ланцюг роботизованого комплексу

Даний розмірний ланцюг описується рівнянням:

$$A_{\Delta} = -A_1 - A_2 + A_3 - A_4 - A_5 - A_6 - A_7.$$

При автоматичній роботі роботизованого комплексу необхідно забезпечити встановлення маніпулятором кожної заготовки в патрон без підналагодження та регулювання, тому співвісність A_{Δ} повинна забезпечуватися методом повної взаємозамінності.

При повній взаємозамінності допуск замикаючої ланки повинен дорівнювати сумі полів допусків складових ланок:

$$T_{\Delta} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7.$$

АНАЛІЗ ЗМІНИ ФОРМИ ВЕРШИНИ ІНСТРУМЕНТУ ПРИ РІЗАННІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Інтенсивність дії різних композитів та вплив армування на зношування інструменту посилено вивчається великою кількістю дослідників у багатьох країнах. Існуючі експериментальні дослідження поки що не дозволяють зробити будь-які однозначні висновки та отримати узагальнюючі закономірності, але надають можливість проводити обробку з високою якістю. З природи властивостей наповнювача і сполучного можна припустити, що вплив фізико-механічних характеристик наповнювача на зношування інструменту буде більш значним, ніж сполучного. Тому в дослідженнях з цього питання приділяється більше уваги впливу виду армування та кількості наповнювача на інтенсивність зношування.

Основні проблеми, що виникають при механічній обробці композитів, можуть бути сформульовані в такий спосіб. Насамперед це низька продуктивність процесу механічної обробки, обумовлена низькою швидкістю різання. Малі подачі забезпечують низьку температурну напруженість при руйнуванні, оскільки низька теплопровідність композиційного матеріалу призводить до незадовільного відведення тепла із зони різання. Процес супроводжується високим зносом різальної частини інструменту за рахунок інтенсивного абразивного впливу волокон матеріалу армування в комплексі з низькою теплопровідністю полімерної матриці. При обробці композитів спостерігається поява таких дефектів, як відколи, розшарування, розшматування волокон армування, чого немає при обробці однорідних матеріалів.

Головна небезпека підвищеного зносу інструменту полягає у погіршенні якості обробки виробів, у тому числі високі пружні відтискання та усадка отвору після обробки. Як основний критерій зношування використовується технологічний критерій зношування по задній поверхні.

Для визначення величини технологічного критерію зносу інструменту використовується умовна величина зносу по задній поверхні. Для вимірювання цієї величини розроблено відповідне устаткування і методика розрахунку. Однак ця операція є достатньо складною, потребує зняття інструменту і підготовки кваліфікованого персоналу. До того ж головним недоліком є великий вплив суб'єктивного фактору в процесі вимірювання. З іншого боку добре відомий метод визначення величини зношування інструменту через втрату їм ваги. Головна перевага цього методу полягає у простоті фізичної реалізації, високої точності та швидкості. Тому виникла ідея побудови математичної моделі прогнозування зміни геометрії вершини інструменту на основі формулювання закономірності взаємозв'язку втрати ваги інструменту та лінійного зношування по задній поверхні.

Досить простий візуальний аналіз вершини інструменту у процесі обробки показав асиметричну зміну його форми практично для будь-якого кута армування. Подібність форми зношування обумовлена тим, що практично відбувається втрата матеріалу по задній поверхні, в той час як за рахунок тендітного руйнування спотворення переднього кута набагато менше. Іншими словами стирається задня поверхня, а по передній поверхні присутність зносу незначна. Крім того, численні спостереження показали, що спотворення форми (зміна величини первісного значення заднього кута та округлення ріжучої кромки) відбувається вже в момент опрацювання. Після початкового інтенсивного стирання зношування стабілізується і має лінійний вигляд. Швидкість лінійного зносу визначається напруженим станом у контакті, що більше силовий вплив, то крутіше пряма «знос на задній поверхні – час». Накопичення спотворення форми інструменту в міру зношування проявляється у поступовому погіршенні якості обробки, появи ворсистості та висмикуванні волокон, аж до припіків.

Різними авторами були запропоновані моделі на мікрорівні, що описують зношування вершини інструмента, як головну складову загального зносу інструменту в цілому. Аналіз цих досліджень зношування різальної кромки показав, що є жорстка кореляція між появою зносу, зростанням силового навантаження, температурної напруженості та появою різних дефектів обробленої поверхні.

Моніторинг процесу різання, власне як процесу руйнування матеріалу, величини сили різання, температури інструменту та заготівлі, дає можливість проаналізувати зношування та прогнозувати термін служби інструменту. Однак простежити цю взаємодію інструменту із заготівлею в зоні контакту вкрай складно. Тому було запропоновано різні прогнозні теорії, підтверджені чи спростовані численними експериментами. Для опису точних моделей необхідні дорогі та трудомісткі експериментальні дослідження.

Для визначення величини технологічного критерію зносу інструменту використовується умовна величина зносу по задній поверхні. Для вимірювання цієї величини розроблено відповідне устаткування і методика розрахунку. Однак ця операція є достатньо складною, потребує зняття інструменту і підготовки кваліфікованого персоналу. До того ж головним недоліком є великий вплив суб'єктивного фактору в процесі вимірювання. З іншого боку добре відомий метод визначення величини зношування інструменту через втрату їм ваги. Головна перевага цього методу полягає у простоті фізичної реалізації, високої точності та швидкості. Тому виникла ідея побудови математичної моделі прогнозування зміни геометрії вершини інструменту на основі формулювання закономірності взаємозв'язку втрати ваги інструменту та лінійного зношування по задній поверхні.

Маючи достовірний аналітичний апарат, що передбачає форму і характер зміни геометрії ріжучих кромки інструменту і значення втрати ваги цими кромками, можна сформулювати завдання пов'язати втрату ваги інструментів у процесі різання з лінійною зміною величини зносу по задньої поверхні.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ ВИСОКОТОЧНИХ МІКРОПРИВОДІВ

Для підвищення працездатності і струмопровідності високоточних мікроприводів широко застосовуються різноманітні методи формування зносостійкого поверхневого шару деталей контактів, які працюють в умовах тертя та дозволяють зміцнювати поверхневий шар деталей підвищуючи його зносостійкість не втрачаючи значення струмопровідності.

Одним з найбільш ефективних електрофізичних методів, які використовують для зміцнення робочих поверхонь деталей електроприладів є електрохімічне нанесення покриття з подальшим пластичним деформуванням.

Тому, підвищення зносостійкості прецизійних малошвидкісних ковзаючих електричних контактів, їх струмопровідності та забезпечення моменту тертя електричних контактів високоточних мікроприводів є завданням перспективним та актуальним.

Метою доповіді є підвищення зносостійкості прецизійних малошвидкісних ковзаючих електричних контактів високоточних мікроприводів, їх струмопровідності та забезпечення моменту тертя цих електричних контактів.

В науковій роботі проведено дослідження ефекту підвищення зносостійкості прецизійних малошвидкісних ковзаючих електричних контактів високоточних мікроприводів, які працюють в умовах тертя та дозволяють зміцнювати поверхневий шар деталей шляхом формування зносостійкого покриття на робочих поверхнях ковзаючих електричних контактів цих приводів, підвищуючи їх зносостійкість не втрачаючи показника струмопровідності.

Для цього були розглянуті триботехнічні явища в робочій зоні контактів струмознімача. Так, контактна взаємодія в робочій зоні виражається як ковзання шорсткої поверхні по абсолютно гладкій, що має прямолінійну площину тертя. При цьому, зношуванню піддається тільки шорстка поверхня, а адгезійна взаємодія реалізується по вершинах мікронерівностей, де фактичне нормальне напруження перевищує міцність граничного шару і викликає деформацію пружно-пластичності елементарного мікроступу.

Запропонований метод формування покриттів на робочих поверхнях контактів струмознімача, який дозволяє сформувати зносостійке покриття на робочих поверхнях струмознімачів та зменшити перехідний опір і коефіцієнт тертя робочих поверхонь струмознімача, що дозволяють підвищити надійність і точність роботи струмознімачів, а також значною мірою скоротити працездатність їх виготовлення і, відповідно, собівартість продукції. Проведені дослідження плями контакту щіток з колекторними кільцями струмознімача, дозволили отримати наступні зразки поверхні струмознімача, рис. 1.

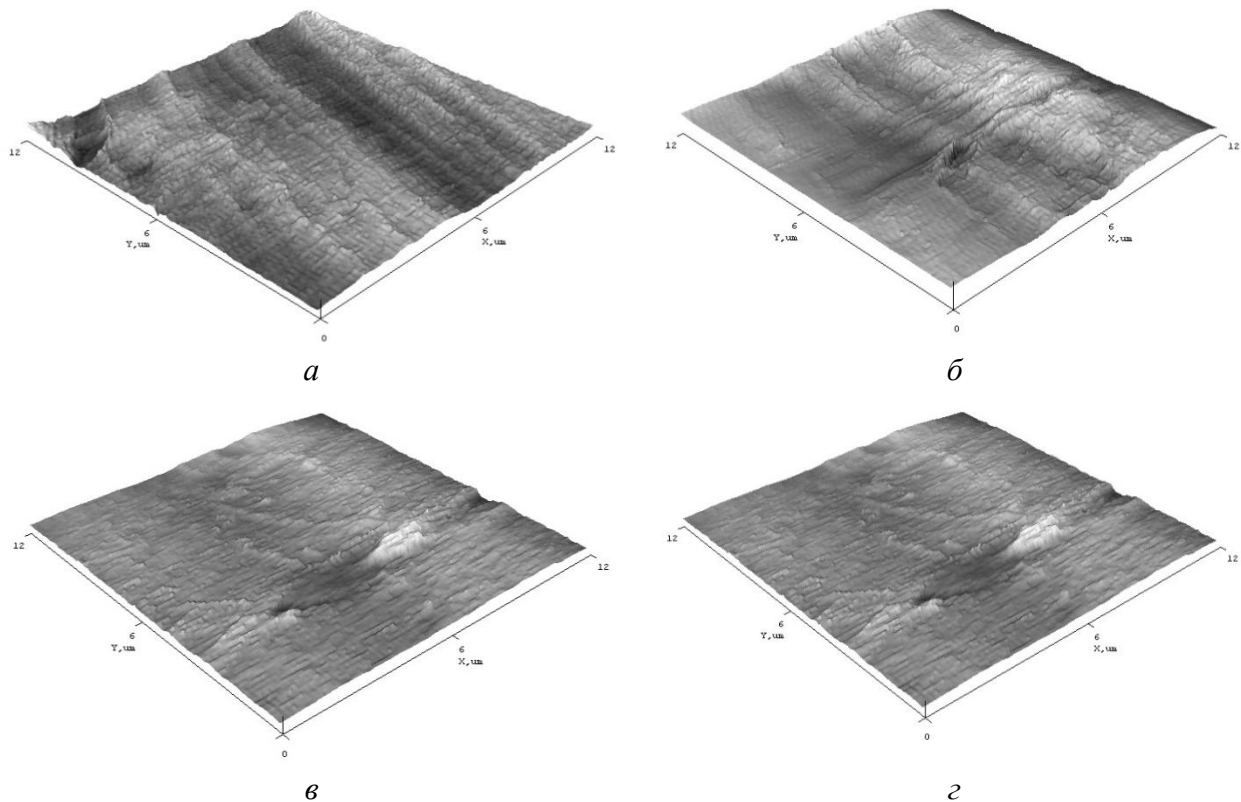


Рисунок 1 – Тривимірне зображення ділянки поверхні: а, б – щітки струмознімача, яка не піддавалася силовій взаємодії (а) та після експлуатації часом 250 годин при зусиллі 0,1 мг (б); в, г – колекторного кільця струмознімача, який не піддавався силовому навантаженню (в) та після експлуатації часом 250 годин, зусилля 0,1 мг (г).
Атомно-силовий мікроскоп NT-206.

В результаті проведених досліджень було відмічено, що ділянки поверхні струмознімача, які не перебували в силовій взаємодії, мають значно більш розвинену поверхню з мікронерівностями порядку Ra 38 – 180 нм (для струмознімачів) і Ra 49 – 55 нм (для колекторних кілець), тоді як макронерівності поверхні даних ділянок не перевищують 60 мкм і 200 нм, відповідно. При цьому, на поверхнях повністю відсутні місця відпрацювання, руйнування покриття і мікротріщин.

Мікронерівності ділянок поверхонь струмознімача, які перебували в силовій взаємодії при їх контактуванні протягом 250 годин при зусиллі 0,1 мг склали Ra 3 – 12 нм (для струмознімачів) і Ra 9 – 27 нм (для колекторних кілець), тоді як макрогеометрії поверхні даних ділянок становила близько 160 – 200 мкм 240 – 450 нм, відповідно. Проте, на досліджуваних ділянках чітко проглядаються місця виробітку шириною 7 мкм при їх глибині в 180 – 320 нм.

Проведені дослідження по розробці технології нанесення золотого покриття на робочі поверхні струмознімача підтвердили правильність вибраного режиму нанесення золотого покриття і механічної обкатки і показали зменшення перехідного опору і коефіцієнта тертя робочих поверхонь струмознімача. В цілому, проведені дослідження можуть служити основою для подальшого поглиблення знань про триботехнічні і електротехнічні особливості роботи струмознімачів високоточних мікроприводів.

СТВОРЕННЯ СУЧАСНОГО SCADA/HMI ПРОДУКТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НОВАЦІЙ INDUSTRY 4.0 ТА ІОТ

У період Industry 4.0, який змінює вигляд промисловості, використання інновацій у SCADA/HMI системах, дозволяє створити автоматизоване виробництво, де управління процесами виконується в реальному часі зважаючи на зовнішні чинники. Процеси об'єднуються в одну мережу, між собою взаємодіють, самоналагоджуються і самонавчаються. У цьому важливу роль відіграють інтернет-технології, що дозволяють легко комунікувати персоналу та обладнанню.

Однією із переваг, яку принесли Industry 4.0 та ІоТ, є здатність отримувати дані в реальному часі та обмінюватися інформацією між машинами, пристроями та давачами. Вбудовані сенсори та мережа ІоТ дозволяють системам надавати точні та миттєві дані, що дає здатність оперативно реагувати на зміни в виробничому середовищі. Речі, обладнанні датчиками, обмінюються даними та обробляти їх без участі людини, в свою чергу людина також може брати участь в процесі. Це сприяє миттєвому виявленню та вирішенню потенційних проблем, оптимізуючи час реакції та навантаження обладнання.

Інтеграція машинного навчання і аналізу даних для прогнозування та оптимізації управління, це нововведення, внесені Industry 4.0 та ІоТ. Автоматизовані стратегії управління, побудовані на алгоритмах штучного інтелекту, дозволяють ефективно виявляти та усувати потенційні проблеми. Це стає важливою перевагою в умовах швидкоплинного виробничого середовища. Зібрані та оброблені дані з датчиків і контролерів надсилаються у певні служби на підприємстві, таким чином персонал приймає виважені рішення. Головна мета, це досягнення відповідного рівня автоматизації ділянок, при якому обладнання виконує поставлену функцію без участі людини. Участь персоналу, зводиться до нагляду над роботою обладнання і реагування на аварійні ситуації.

Значущою рисою стає підвищена гнучкість, адаптивність та цільність системи. Їх інтеграція, дозволяє створювати гнучкі та відкриті системи, здатні адаптуватися до нових технологій та вимог ринку. При цьому утворюється цифрова екосистема, яка складається з об'єктів керування, контролерів, та програм які керують процесом. Ресурси фізичного та обчислювального характеру в цій системі мають глибоку взаємодію, контроль та керування фізичними процесами реалізується за допомогою технологій Інтернету речей для промислового застосування (ІоТ). Класичні інженерні концепції існують у взаємодії з комп'ютерними моделями в гармонії. Це робить підприємства більш адаптованими та готовими до швидкого впровадження новітніх рішень.

Однією з основних інновацій Industry 4.0 та ІоТ є підвищення рівня кібербезпеки. Застосування принципів цифрової безпеки, шифрування та децентралізації допомагає створити надійну та стійку до кібератак систему, що забезпечує конфіденційність та цілісність даних. Дані можуть зберігатися і оброблятися на

різних вузлах мережі. У випадку НМІ це може означати, що інформація з різних частин системи автоматизації може бути збережена в розподіленому реєстрі, що робить систему менш вразливою до виходу з ладу окремих вузлів чи атак, що є актуальним у наш час.

Додатково, варто відзначити, що впровадження HTML5 стає ще одним ключовим аспектом у розвитку сучасних систем в контексті Industry 4.0. Його використання дозволяє створювати більш динамічні та інтуїтивно зрозумілі інтерфейси, підвищуючи зручність користування та надаючи більше можливостей для візуалізації даних. З використанням даної технології ми отримуємо можливість до створення інтерфейсів, з підтримкою розширеної реальності (AR) і віртуальної реальності (VR) що має на меті використовувати віртуальні інтерфейси для відображення даних та управління технологічними процесами, що дозволить операторам отримувати візуальну інформацію про стан обладнання та проходження процесів в реальному часі. Це може сприяти підвищенні масштабованості системи, підвищуючи їх сумісність з різними пристроями та платформами, що є життєво необхідним аспектом в умовах стрімкого технологічного прогресу.

У підсумку, інтеграція Industry 4.0 та ІоТ у створення сучасних SCADA/НМІ визначає новий стандарт управління та моніторингу промислових процесів. Ці інновації відкривають перспективи для більш ефективного використання ресурсів, покращеного управління та підвищення загальної конкурентоспроможності виробництва. Сучасні SCADA/НМІ, насичені властивостями Industry 4.0 та ІоТ, стають драйверами продуктивності та інновацій, визначаючи майбутнє промислової автоматизації.

ЛІТЕРАТУРА

1 Human Machine Interface Market - Global Size, Share & Industry Analysis by 2028. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/human-machine-interface-technology-market-461.html>

2 Яким має бути сучасний SCADA/НМІ продукт на прикладі GE Digital Proficy iFIX – ІНДАСОФТ УКРАЇНА. <https://indusoft.com.ua/ua/blog/2022/05/02/jakim-maie-buti-suchasnij-scada-hmi-produkt-na-prikladi-ge-digital-proficy-ifix/#more-6950>

3 Industry 4.0 // IT-Enterprise – your one-stop platform for digital transformation www.it.ua. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4>

Худяк О.В., Фешанич Л.І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ

Під час протікання технологічного процесу будь-якої установки виникає необхідність в прогнозуванні контрольованих параметрів в реальному часі. Адже

прогнозування контрольованих параметрів дозволяє передчасно виявити потенційні небезпеки або зміну відхилення параметрів від норми ще до того як вони виникнуть. Також прогнозування доцільно використовувати при модернізації та зміні системи автоматизації або технологічного процесу установки тому що прогнозування дозволяє отримати показники реакції даного удосконалення ще до його впровадження.

Отже згідно обраного об'єкта керування (ОК) та інтелектуальної нейро-нечіткої мережі розроблено систему прогнозування керованого параметру, а саме тиску в абсорбері, який має властивість змінюватися відносно зміни температури в абсорбері та витрати вихідної суміші з абсорбера.

Використано гібридну мережу ANFIS, що є нейронною мережею з єдиним виходом і декількома входами, які представляють собою нечіткі лінгвістичні змінні. При цьому терми вхідних лінгвістичних змінних описуються стандартними для системи MATLAB функціями належності, а терми вихідної змінної представляються лінійної або постійними функціями приналежності [1].

Для навчання нейро-нечіткої мережі потрібно сформувати 3 масиви даних типу «вхід-вихід» навчальний масив даних; тестувальний масив даних; перевірочний масив даних.

Для формування даних масивів розроблено програмний код в Matlab, який із отриманих експериментальних даних формує три масива даних для ANFIS редактора.

В області генерування (Generate FIS) дозволяється вибрати кількість термів та вибір функції належності. Тренування мережі характеризується кількістю навчальних епох та похибкою. Кількість епох підбирається відповідно від складності перехідного процесу ОК.

Після тренування похибка апроксимації навчального перехідного процесу складає 0,16112%. Після тестування похибка апроксимації складає 0,13122%. Кінцева похибка апроксимації складає 0,1592%.

Для досягнення найкращої ступені апроксимації проведено підбір різної кількості термів та типів функції належності, результати яких наведено в таблиці 1.

Отже згідно таблиці 1 найменшу похибку апроксимації має нейро-нечітка мережа, що складається з 5 термів трикутної форми належності.

Таблиця 1 – Аналіз налаштування нейро-нечітких мереж

№	Кількість термів	Функція належності	Кількість епох	Навчальна похибка	Тестувальна похибка	Кінцева похибка
1	3	trimf	10	0,16112%.	0,13122%.	0,1592%
2	3	trapmf	10	0.45703%	0.45674%	0.45272%
3	3	gaussmf	10	0.20217%	0.19027%	0.19393%
4	4	trimf	10	0.098308%	0.10368%	0.10533%
5	4	trapmf	10	0.33171%	0.33116%	0.34753%
6	4	gaussmf	10	0.14887%	0.14786%	0.15271%
7	5	trimf	10	0.077919%	0.086703%	0.08457%
8	5	trapmf	10	0.2207%	0.20702%	0.21329%
9	5	gaussmf	10	0.10014%	0.089646%	0.092809%

Структурна схема регулювання ОК із використанням адаптивної нейро-нечіткої мережі зображено на рис. 1.

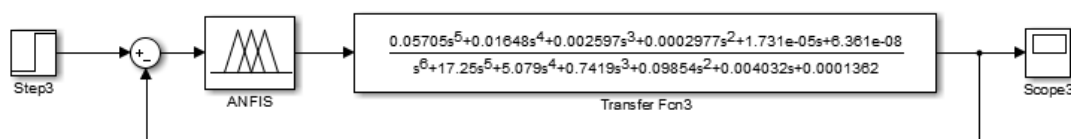


Рисунок 1 – Структурна схема регулювання ОК з ANFIS регулятором

Результат моделювання перехідного процесу з ANFIS регулятором наведено на рисунку 2.

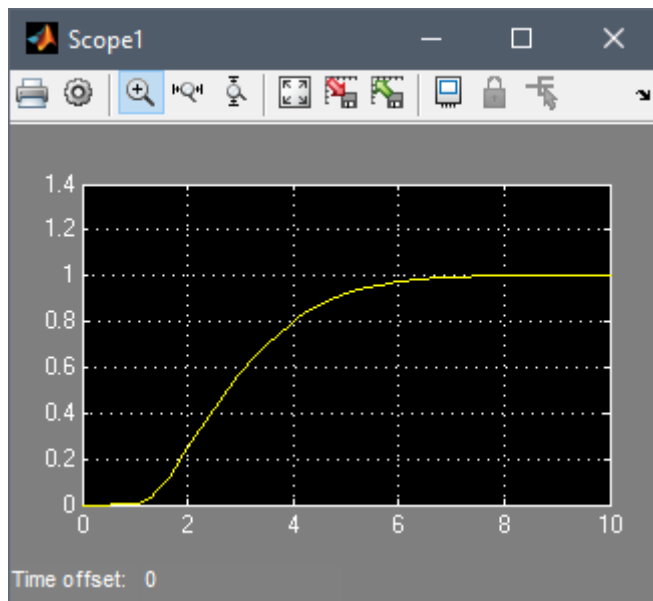


Рисунок 2 – Перехідна характеристика з ANFIS регулятором

Показники перехідного процесу регулювання ОК із використанням ANFIS регулятора: тривалість перехідного процесу: $t_n = 10$ с; перерегулювання: 0%; час зростання: $t_3 = 7,8$ с.

ЛІТЕРАТУРА

1 Jang J-S. R. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. IEEE Trans, Cybernetics, 1993. 23с.

Царук В.Ю., Яровий Ю.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

КЛАСИФІКАЦІЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Обробка з числовим комп'ютерним керуванням (ЧПК) – це високоточний метод виготовлення деталей на замовлення, виготовлених із різноманітних матеріалів із дуже жорсткими допусками. Впровадження виробничого рішення для обробки з ЧПК має багато переваг.

Обробка з ЧПК вважається субтрактивною технологією виробництва, що означає, що кінцевий продукт формується шляхом вибіркового видалення надлишкового матеріалу з заготовки. Кожна наскрізна операція обробки з ЧПК відбувається за аналогічним чотириетапним виробничим процесом.

Ці чотири етапи виробництва: розробка конструкції деталі (3D моделі); розробка програми за допомогою САМ систем; підготовка верстата з ЧПУ; виконання запрограмованих операцій.

За типом обробки верстата можна поділити на верстата токарної, фрезерної та шліфувальної обробки, а також плазмового, лазерного та водоструминного різання та електроерозійної, обробки. Верстата токарно, фрезерної та шліфувальної обробки відносять до операцій різання. Верстата плазмової, лазерної обробки до операцій розкрою

Найпоширенішими типами верстатів з ЧПК є ті, які використовують ріжучі інструменти для видалення зайвого матеріалу з заготовки. Хоча існують верстата з ЧПК, які використовують операції (EDM).

Токарні верстата з ЧПУ поділяються на верстата: токарні, токарно-фрезерні та токарні верстата швейцарської системи. У групі верстата можуть поділяти по кількості осей, що керуються. Більшість токарних верстатів мають або дві осі керування (X, Z) або три (X, Z, Y). Умовно токарні верстата поділяють за розміром патрона – 8, 10, 12 дюймів. Токарно-фрезерні верстата дозволяють виконувати обробку як інструментом, що закріплений у револьверній головці так і інструментом, що закріплюється у фрезерному шпинделі. Верстата також поділяються за конструктивними особливостями: кількість шпинделів та довжиною станини (нормальна або подовжена).

Фрезерні верстата з ЧПУ поділяються на верстата: фрезерні з горизонтальним або вертикальним шпинделем; одно- або двошпиндельні; за кількістю осей, якими керують. Основною конструктивною ознакою фрезерних верстатів є габарити деталі, що обробляється. Більшість фрезерних верстатів мають можливість 3D (2,5D) обробки, додавання обертових столів розширюють можливості верстата до 4D та 5D обробки.

Шліфувальні верстата з ЧПК поділяються на кругло- та плоскошліфувальні. Шліфувальні верстата не мають таких переваг, як токарні та фрезерні верстата. Деякі моделі мають вбудовану систему автоматичної правки шліфувального круга, яка дозволяє концентрувати обробку різних поверхонь на верстаті.

Застосування верстатів з ЧПК в виробництві забезпечує необхідну якість та точність поверхонь. Розвиток технологій 3D друку металами призводить до появи на виробництві нових верстатів з ЧПК.

АНАЛІЗ КРИТЕРІВ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ В УМОВАХ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Вченими проведено велика кількість досліджень [1], що підтверджує залежність стійкості різця від марки інструментального матеріалу, його розтинів і вильоту установки, режиму різання, фізико-механічних характеристик оброблюваного матеріалу та матеріалу різцетримача.

Стабільна обробка важкооброблюємого матеріалу, з якого виготовлені деталі дробарок, мельниць, ґрунтових насосів, напряду пов'язана з впливом фізико-механічних властивостей оброблюємих матеріалів на нестабільність процесу різання.

Для визначення параметрів, що забезпечують роботу без автоколиваний, необхідно встановити залежність між ними розрахунковим шляхом. Експериментально встановлено [2], що інтенсивність автоколиваний залежить від відношень власної частоти коливаний ділянки вильоту різця до швидкості різання f/v ; чим більше це відношення, що є характеристикою стійкості, тим вище стійкість різця.

У міру зниження оброблюваності різанням деталей з важкооброблюваного матеріалу і збільшенням прогину вершини різця його стійкість знижується, ймовірність збудження зростає.

Робота мала на меті перевірити, чи є характеристикою збудження автоколиваний добуток $K_M \delta$. Оскільки при стані рівноваги різця між характеристиками стійкості та віброзбудження має бути рівність, то критерієм стійкості різця при автоколиваний має бути рівність зазначених вище характеристик:

$$f/v = K_M \delta \quad (1)$$

де f – частота коливаний, Гц; K_M – коефіцієнт віброзбудження; δ – прогин вершини різця, мм; v – швидкість різання, м/хв.

За результатами досліджень при точінні сталей 110Г13Л та 30ХГСА з $\sigma_B = 720 \dots 980$ МПа різцями зі сплавом Т15К6 була встановлена структура критерію стійкості (1) (рис. 1). Графіки показують границю між вібраційною та без вібраційною зонами умов праці.

Згідно рис. 1 автоколиваний різця не виникають, якщо задовольняється одна з наступних умов: для сталі 30ХГСА, $\sigma_B = 750$ МПа: $\delta \leq 0,01$ мм; $\frac{f}{v} >$

5000δ ; $\frac{f}{v} < 75 \dots 3125\delta$; для сталі 110Г13Л, $\sigma_B = 980$ МПа: $\delta \leq 0,004$ мм;

$$f/v > 10 500\delta; f/v < 55,5 \dots 3125\delta;$$

З цих умов випливає, що для роботи різця без автоколиваний при точінні сталі 110Г13Л його жорсткість повинна бути в 4 рази більше, ніж при точінні сталі 30ХГСА, а оброблюваність різанням, що характеризується швидкістю різання v_{60} , зворотно пропорційна на коефіцієнту збудження K_M . Так, при точінні

сталі 110Г13Л $v_{60} = 12$ м/хв, ($t \times s = 3,0 \times 0,20$ мм.), $K_M = 10\,500$, при точінні сталі 30ХГСА $v_{60} = 220$ м/хв, $K_M = 5000$.

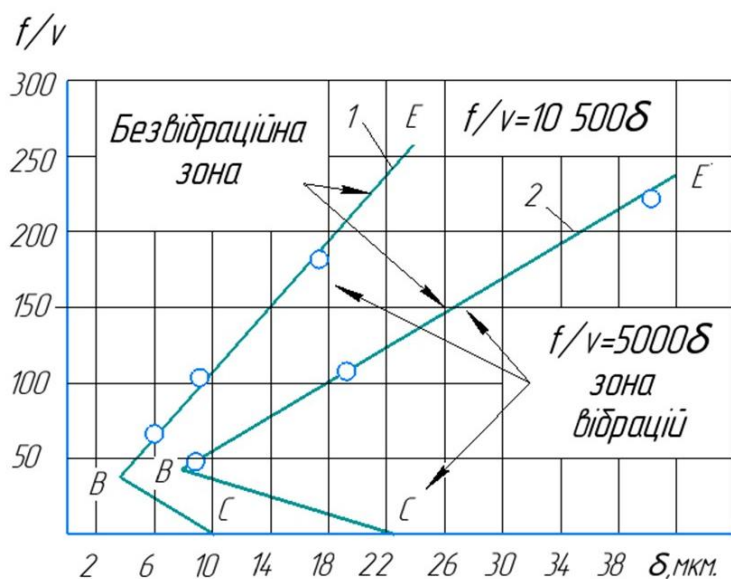


Рисунок 1 – Графіки критерію стійкості різця при точінні



Рисунок 2 – Заміри результатів експерименту

Отримані результати показують, що при зниженні оброблюваності матеріалу різанням механізм збудження автоколивань посилюється і система ВПІД повинна мати більш високу жорсткість.

Розроблені критерії стійкості різця узгоджуються з досвідом роботи на підприємствах при обробці деталей. Так, наприклад, при обточуванні валу діаметром 70 мм зі сталі 110Г13Л різцем з перетином 25×25 мм, встановленим з вильотом 50 мм, автоколивань не виникає. Це підтверджується критеріями стійкості. Для даного випадку $f = 3$ кГц, $P_z = 11500$ Н, $v = 12$ м/хв, $\delta = 0,0086$ мм. За попередньою умовою маємо $250 > 10500 \cdot 0,0086$, тобто умови стійкості виконуються.

Подальші дослідження стійкості інструменту плануються проводитись для пластин з різних матеріалів в умовах обробки важкооброблюємих матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1 Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів]/ М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2011. – 422 с

2 Кіянський М.В., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О. Обґрунтування параметрів інструментального забезпечення виробництва в умовах функціонального аутстафінгу або аутсорсингу //Вісник КНУ: зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2022. – Вип. 54. – С.103-109 <http://visnykknpu.com.ua/ua/journal/54ua/>

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРУЖНОДЕМПФУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕМЕНТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВЕРСТАТА ПРИ ОБРОБЦІ ВАЖКООБРОБЛЮЄМОГО МАТЕРІАЛУ НА СТІЙКІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ

Теоретичними та експериментальними дослідженнями [1, 2] встановлено, що вплив жорсткості системи ВПД на стійкість інструменту пояснюється фізичними властивостями процесу різання металів, що динамічно нестабільний і здійснюється з перемінною силою різання, яка визиває коливання інструменту та оброблюємої деталі.

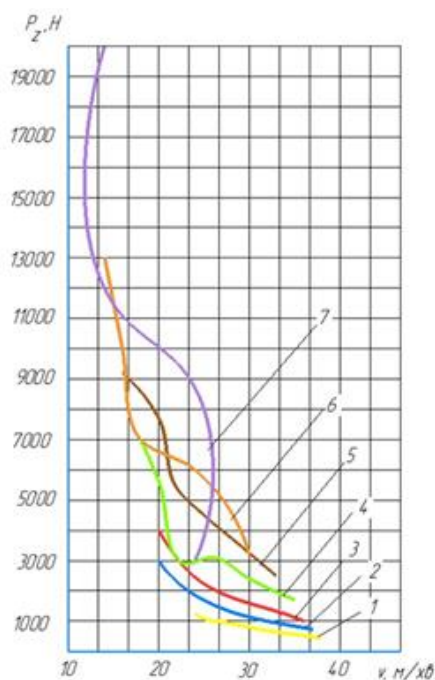


Рис.1 Графік залежності сили P_z від швидкості різання v в сталі 110Г13Л: 1- $t=1,0$ мм; 2- $t=1,5$ мм; 3 $t=2,0$ мм; 4 $t=3,0$ мм; 5 $t=4,0$ мм; 6 $t=5,0$ мм; 7 $t=6,0$ мм; (s -від 0,15-0,5 мм/об)

Під дією сили різання інструмент і деталь деформуються. Під час деформації швидкість різання менше окружної швидкості оброблюємої деталі, а при деякому мінімальному значенні жорсткості швидкість різання в цей період може дорівнювати нулю. Цей перший напівперіод коливального руху закінчується, коли сили пружності системи стають рівними силам різання.

В момент припинення деформації швидкість різання різко збільшується до значення окружної швидкості деталі, що викликає зменшення сили різання у відповідності до залежності, що приведена на рис.1 та в результаті сколювання стружки.

Система стає невірноваженою і починається рух в зворотному напрямку, здійснюючи другий напівперіод коливального руху.

Оскільки при коливаннях змінюється напрям руху леза інструмента відносно оброблюємої поверхні, то швидкість різання в зоні різання, яку назвемо дійсною швидкістю різання, зміниться від мінімального значення під час деформації до максимального при коливальному русі системи, що прагне до стану рівноваги.

Отже, вплив технологічної системи ВПД на продуктивність процесу різання полягає в тому, що дійсна швидкість різання в зоні різання безперервно змінюється з частотою коливання системи від нульового до майже нульового її значення, до значення, в 5 разів більше окружної швидкості деталі.

Оброблення проводилося за наступними режимами різання: подача $S=0,25-0,5\text{мм/об}$, глибина різання $t=1-3\text{мм}$, $n=250\text{ об/хв}$, $V=55\text{ м/хв}$.

За результатами дослідів встановлено:

1) при повздовжньому точінні новою пластиною та розташуванні різцетримача в позиції найменш жорсткого кріплення, зона резонансних збурень супорта знаходиться в зоні частоти $0,5-0,8\text{ кГц}$, що не впливає на значення діагностичної ознаки стану різальної пластини;

2) при повздовжньому точінні, новою пластиною та розташуванні різцетримача в позиції найбільш жорсткого кріплення, зона резонансних збурень супорта знаходиться в зоні частоти $3-6\text{ кГц}$, що також не впливає на значення діагностичної ознаки стану різальної пластини;

3) при повздовжньому точінні, новою пластиною та розташуванні різцетримача в перехідній позиції щодо жорсткості її кріплення, зона резонансних збурень супорта може співпадати із зоною власних частот діагностичної ознаки стану різальної пластини, що може впливати на точність діагностичної оцінки стану різальної кромки.

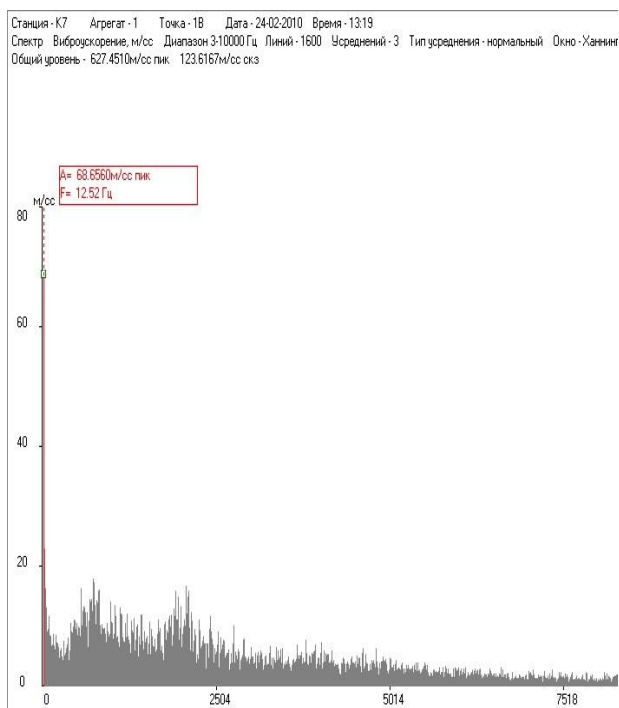


Рисунок 3 – Залежності амлітудно-частотних характеристик процесу різання при віддаленому розташуванні різцетримача

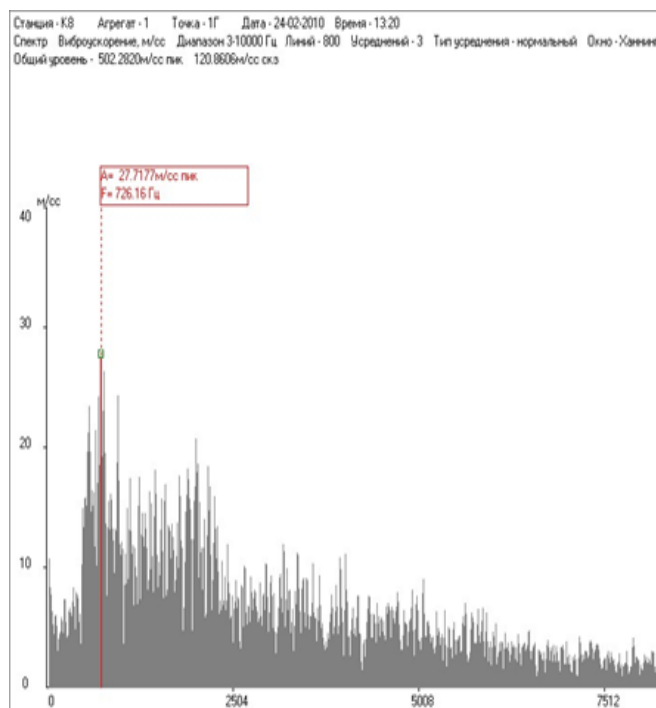


Рисунок 4 – Залежності амлітудно-частотних характеристик процесу різання при найбільш жорсткому розташуванні різцетримача

В процесі різання сила має практично постійне значення, якщо динамічні характеристики технологічної системи забезпечують безвібраційний режим точіння. Зменшуємо границі зміни швидкості різання до стану, коли коливальний процес не впливає на стійкість різця, підвищенням жорсткості системи ВПД.

ЛІТЕРАТУРА

1 Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів]/ М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2011. – 422 с

2 Кіяновський М.В. Цивінда Н.І. Страшний В.С., Експериментальні дослідження та виявлення діагностичних ознак працездатності ріжучого інструменту при обробці деталей з високомарганцевих сталей/Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених і студентів «Проблеми енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі». 27-29 квітня 2021 р., Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг. – Кривий Ріг. – С.295-297

Чалій О.В.
Національний авіаційний університет

ВПЛИВ ТЕПЛОВИХ ГРАДІЄНТІВ НА КОРЕКЦІЮ ГЕОМЕТРІЇ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Використання на виробництві координатно-вимірювальних машин (КВМ) дозволяє керувати геометричними параметрами простих і складних деталей, включаючи ті деталі, вимірювання яких проводяться методами, що вимагають складних випробувань оснастки або вимірювання, які взагалі неможливі. Принцип роботи координатно-вимірювальних машин ґрунтується на тому, що є можливість виміряти переміщення щупа щодо контрольованих об'єктів за трьома просторовими осями X, Y, Z. Математичний відлік за виміряними точками ведеться в цифровій формі. Основними характеристиками для механічної частини КІМ є габаритні розміри, форма та маса контрольованих деталей та наявні можливості вимірювальної системи. Система дотику КВМ визначається параметрами деталі, і процесом виміру. Вибір методу дотику (форми елемента, що контактує, і принцип дії головки) залежить від безлічі факторів, пов'язаних з деталлю і завданням вимірювання, і в свою чергу впливає на точність вимірювання.

Коливання температури стають основним джерелом невизначеності вимірювань. Вони можуть спричинити зміни в геометрії, а також дрейф контрольної точки. Мета полягає в тому, щоб представити фізичний метод визначення геометрії та дрейфу КВМ, який базується безпосередньо на варіаціях температури та параметрах конструкції, тобто на положенні шкал вимірювання осей і опорних точок кожної осі[1].

Три константи прямокутності визначаються для калібрування КВМ. Під час цих операцій вимірюються температури та градієнти. Дослідження температур і градієнтів проводяться протягом тривалого періоду часу, що дозволяє вибрати розподіли ймовірностей для моделювання, більш репрезентативні та відмінні від умов калібрування. Може бути реалізована еталонна корекція.

Для кожного моделювання можна оцінити вигин і розширення направляючих і механічної конструкції. За допомогою цих даних розраховуються зміщення підшипників і зміна масштабів, а отже, модифікація компонентів похибки, які описують геометрію КВМ. Це означає, що дрейф безпосередньо інтегрується з геометричними змінами КВМ під час моделювання.

Щоб перетворити будь-яку систему координат у визначену універсальну систему координат, потрібно написати відповідну однорідну матрицю перетворення [2]:

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y \\ x \\ z \end{pmatrix} \quad (1)$$

Основна ідея моделювання геометрії КВМ базується на припущенні про механіку твердого тіла [3], тобто кожна вісь поводить ся як тверде тіло, рухаючись незалежно від інших. Тому з позицій в $O1, O2, O3$ і Q . Точки Q пов'язані з осями X, Y і відповідно виражається в рівняннях (1) і (2).

$$\begin{aligned} \vec{\varepsilon}_x(Q) &= \vec{\varepsilon}_x(O_1) + \vec{w}_x \wedge \vec{O_1Q} \\ \vec{\varepsilon}_y(Q) &= \vec{\varepsilon}_y(O_2) + \vec{w}_y \wedge \vec{O_2Q} \\ \vec{\varepsilon}_z(Q) &= \vec{\varepsilon}_z(O_3) + \vec{w}_z \wedge \vec{O_3Q} \end{aligned} \quad (2)$$

У результаті глобальне зміщення становить:

$$\vec{\varepsilon}(Q) = \vec{\varepsilon}_x(Q) + \vec{\varepsilon}_y(Q) + \vec{\varepsilon}_z(Q). \quad (3)$$

Рівняння поширення тепла за Фур'є, в стаціонарних теплових умовах записується: $d^2T/dx^2 = 0$. Припускаючи, що дно твердого тіла має еталонну температуру і відповідає довжині L можна записати:

$$L = 2R\varphi \quad (4)$$

Рівняння верхньої границі відхилення.

$$L + \alpha L \Delta T = 2(R + h)\varphi. \quad (5)$$

де α – коефіцієнт теплового розширення,

Вигин можна визначити рівнянням:

$$f = (R + h)(1 - \cos(\varphi)). \quad (6)$$

Використовуючи спрощення Тейлора ($h \ll R$), рівняння (6) можна спростити для отримання приблизного вигину f :

$$f \approx R \frac{\varphi^2}{2} = \frac{\alpha L^2 \Delta T}{8h} \quad (7)$$

З припущенням, що деформація є параболічною, а вигин максимальний і має значення f , вертикальний вигин у вісі X в позиції x може бути визначений:

$$\frac{\alpha L^2 \Delta T}{8h} \left(1 - \left(\frac{2x}{L} \right)^2 \right) \quad (8)$$

Дослідження узагальнює можливості для корекції машин і дозволяє краще врахувати проблему дрейфу в опорних точках. За допомогою цього методу також можна врахувати деформацію машини, викликану вагою вимірюваної частини. Для цього достатньо розрахувати вигин опори і провести аналогічні види обчислень.

ЛІТЕРАТУРА

1 Bosch J A 1995 Coordinate Measuring Machines and Systems (Boca Raton, FL: CRC Press) pp 24 p 496

2 Trapet E et al 1999 Traceability of coordinate measurements according to the method of the virtual measuring machine, Final Project Report MAT1-CT94-0076, PTB-report F-35, Part 1 and 2

3 Phillips S D et al 2002 The calculation of CMM measurement uncertainty via the method of simulation by constraints Annals of the 12th Annual meeting of the ASPE Norfolk, VI American Society for Precision Engineering–ASPE pp 443–52

Черевко Д.Р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ МАЙБУТНЬОГО

В сучасному швидкозмінюваному технічному середовищі, дослідження та розробка нових технологій для вивчення динамічних характеристик приводів систем керування стає ключовим завданням в області інновацій та виробництва. Наша теза спрямована на розгляд перспективних технологій та виробничих процесів, які дозволяють не лише досліджувати, а й оптимізувати функціональність приводів систем керування для досягнення високої ефективності та продуктивності. Зростання конкуренції, вимоги до високої продуктивності та швидкі зміни у виробничому середовищі створюють потребу у ретельному вивченні та оптимізації динамічних характеристик приводів систем керування. Це актуально в контексті необхідності адаптації до новітніх виробничих технологій та вимог ефективності.

Огляд технологічного обладнання для дослідження динамічних характеристик приводів систем керування:

1 Сучасні сенсорні технології: Однією з ключових складових технологічного обладнання є використання передових сенсорів. Акселерометри та гіроскопи нового покоління дозволяють отримувати високочастотні та точні дані про рух та вібрації приводів. Інтеграція таких сенсорів надає можливість в реальному часі відстежувати та аналізувати динамічні властивості систем керування. Інтеграція штучного інтелекту: Застосування алгоритмів машинного навчання для аналізу та оптимізації роботи приводів на основі отриманих даних.

2 Електромеханічні системи зі змінною динамікою: Розробка електромеханічних систем, які можуть адаптуватися до змінних умов експлуатації, стає актуальною задачею. Такі системи забезпечують оптимальні параметри роботи приводів під час змін виробничого середовища, що призводить до підвищення їхньої довговічності та продуктивності.

3 Використання віртуальної реальності: Створення віртуальних прототипів для тестування та вдосконалення роботи приводів без прив'язки до реальних об'єктів прискорює процес розробки. Віртуальна реальність дозволяє інженерам

взаємодіяти з системою керування в імітованому середовищі, що полегшує виявлення та виправлення потенційних проблем.

Дослідження динамічних характеристик приводів систем керування в сучасності визначається необхідністю адаптації до зростаючих вимог виробництва та впровадження передових технологій. Використання сенсорів, штучного інтелекту та віртуальної реальності стає стандартом для оптимізації роботи систем керування, покращуючи ефективність виробничих процесів у реальному часі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Сміт, Дж. та ін. "Сучасні тенденції в розробці сенсорів для динамічних систем." Журнал Динаміки та Керування, 2021.

2 Лі, К. та Чжао, Л. "Інтелектуальна оптимізація приводів за допомогою нейромереж." Конференція з прикладної математики та інженерії, 2022.

3 Гоффман, Р. "Електромеханічні системи зі змінною динамікою: від теорії до практики." Видавництво Технічної Літератури, 2020.

4 Янг, С. "Віртуальна реальність в дослідженні та розробці приводів." Міжнародний журнал Віртуальних Технологій, 2019.

*Чумаченко Т.В., Морозов Ю.О., Дерев'янченко О.Г.,
Ніколаєва Т.В., Пасєка І.В.*
Національний університет «Одеська політехніка»

АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ ПРИ ШЛІФУВАННІ СТАЛІ 12Х2Н4А

Теплові потоки від ріжучих зерен при шліфуванні, з'єднуючись, формують потужне джерело тепла, у результаті чого температура поверхні шліфованої деталі може підвищуватися до значних величин. На рис. 1 показано, що температура поверхні близько 450 – 500 °С. При таких температурах в загартованих сталях відбувається перетворення мартенсит – перліт. Перетворення починаються при шліфуванні кругами з електрокорунду зернистості 12 – 25 з глибин шліфування 0,025 – 0,03 мм.

Сумарний тепловий потік в ефективній площі поверхні контакту буде дорівнювати:

$$q = z_{\phi} \cdot F_{\text{эф}} \cdot q_i, \quad (1)$$

де q – сумарний тепловий потік, Вт; z_{ϕ} – фактичне число працюючих зерен в одиниці поверхні кола, шт/м²; $F_{\text{эф}}$ – ефективна площа плями контакту, м².

Далі припускаємо, що оброблювана поверхня – це однорідний трансверсально-ізотропний півпростір, на поверхні якого задано рухливе джерело тепла, що займає область Ω , яке рухається прямолінійно уздовж осі Ox зі швидкістю v . Поза джерелом відбувається конвективний теплообмін. Крайова задача теплопровідності запишеться так:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} T(\mathbf{x}, \tau) = \sum_{k=1}^3 a_k \frac{\partial^2}{\partial x_k^2} T(\mathbf{x}, \tau) + v \frac{\partial}{\partial x_1} T(\mathbf{x}, \tau), x_1 = x, x_2 = y, x_3 =$$

$$= z, x = (x_1, x_2, x_3)$$

$$\lambda_3 \partial_z T(\mathbf{x}, \tau) \Big|_{z=0} + \alpha (T(\mathbf{x}, \tau) \Big|_{z=0} - T_{cp}) = 0, (x, y) \notin \Omega$$

$$\partial_z T(\mathbf{x}, \tau) \Big|_{z=0} = -\frac{q(x, y, \tau)}{\lambda_3}, (x, y) \in \Omega$$

$$T(\mathbf{x}, \tau) \Big|_{z=0} = T_{cp}$$

За допомогою підстановки

$$T(\mathbf{x}, \tau) = \theta(\mathbf{x}, \tau) \exp\left(-\frac{v}{2a_1 x_1} - \frac{v^2}{4a_1} \tau\right)$$

зведемо диференціальне рівняння (2) до канонічного вигляду. Застосувавши до нього тривимірне перетворення Фур'є з урахуванням умов (3), та використовуючи метод розривних розв'язків, отримаємо наступне інтегральне рівняння:

$$\iint_{\Omega} \psi(x_1^0, x_2^0) \Psi_j(x_1 - x_1^0, x_2 - x_2^0) d\mathbf{x}^0 = \iint_{\Omega} f_j(x_1^0, x_2^0) G(x_1 - x_1^0, x_2 - x_2^0) d\mathbf{x}^0 -$$

$$- \iint_{\Omega} g_j(x_1^0, x_2^0) \Psi_j(x_1 - x_1^0, x_2 - x_2^0) d\mathbf{x}^0 + \xi_{4,j-1}(x_1, x_2) \frac{e^{-\tilde{s}R}}{a_{31} \mathbf{R}}$$

Розв'язок інтегрального рівняння (5) [1] за допомогою програми MATLAB для сталі 12Х2Н4А добре збігається з розрахунками, виконаними в програмі FEMLAB (рис.1.) та з експериментальними результатами, зокрема з величиною температури (рис.2), осцилограма якої отримана при зазначених вище режимах.

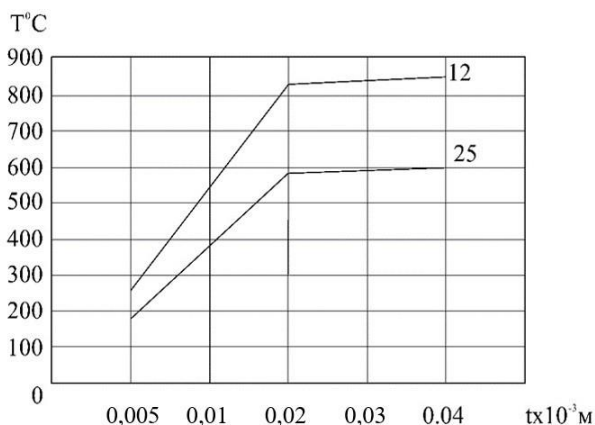


Рисунок 1 – Залежність контактної температури для зернистостей 25 і 12 від глибини шліфування.

Режими: $V_{кр} = 35$ м/с; $V_{д} = 0,25$ м/с;
 $t = 0,03 \cdot 10^{-3}$ м; $S = 2 \cdot 10^{-3}$ м/хід. Круг
 25A25СМ1К5. Матеріал – сталь
 12Х2Н4А (Ц, 3 +Вн

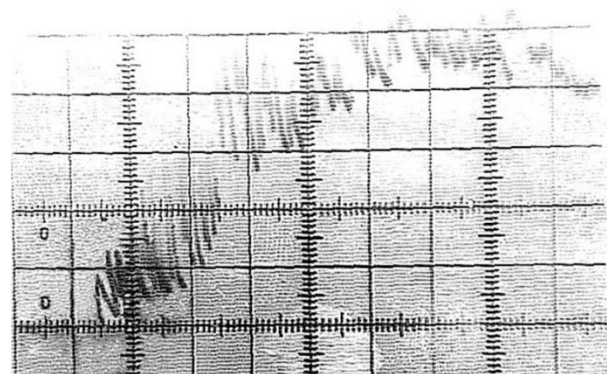


Рисунок 2 – Осцилограма теплового імпульсу при шліфуванні, що отримана на електронному осцилографі С8-9А. Режими:
 $S = 1$ мм/хід; $V_{дет} = 10$ м/хв; $V_{кр} = 35$ м/с,
 $t = 0,02$ мм. Масштаб по вертикалі
 150 °C/клітина, масштаб по горизонталі
 – 2,36 мс/клітина.

Порівняння значень температури поверхні, визначених за розробленою методикою (рис. 3), та експериментальних значень (рис. 4), отриманих за допомогою мікротермопар, показують, що ці значення добре збігаються а, отже, аналітичні моделі, що розглядаються в цьому розділі, досить адекватно відображають процеси, що відбуваються.

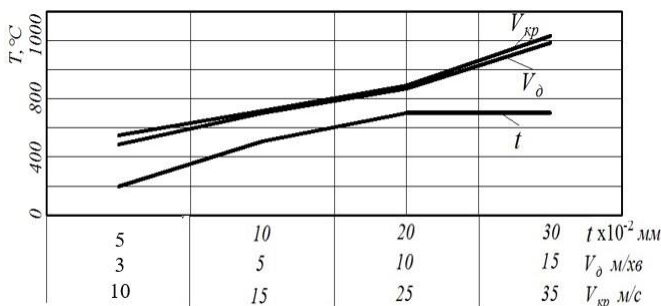


Рисунок 3 – Розрахункові залежності значень контактної температури від параметрів режимів шліфування. Круг 25A16CM2K. Матеріал – сталь 12X2H4A (Ц, 3 +Вн) мс/клітина.

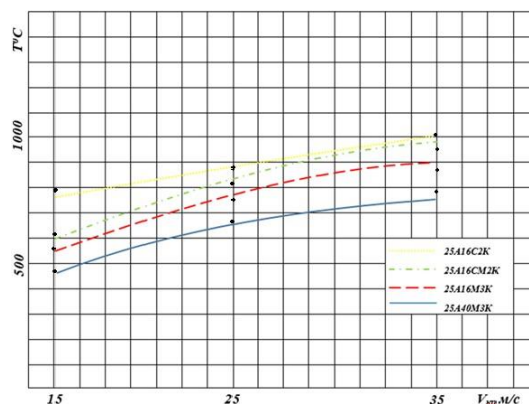


Рисунок 4 – Залежність контактної температури шліфування від швидкості круга. $S=1$ мм/хід; $V_{dem}=10$ м/хв; $t=0,04$ мм

ЛІТЕРАТУРА

1 Lebedev V., Chumachenko T., Klymenko N., Frolenkova O., Yevtifieiev S. Penetration Depth of the Critical Temperature into the Workpiece Material During Grinding. In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, Lviv, June 8-11, 2021. P. 453-462. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_

Шаповал Д.С., Кравченко О.С.

Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

КОРИСТУВАННЯ СУЧАСНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ У СФЕРІ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА СПОРТУ

Нині ми спостерігаємо за постійним розвитком технологій, які змінюють наш життєвий стиль. Ці технології мають великий вплив і на сферу фізкультури. Користування технологіями у фізкультурі стає все більш популярним і відкриває нові можливості для поліпшення здоров'я та спорту. Технології містять в собі різноманітні технічні пристрої, які вимірюють характеристику фізичної активності та здоров'я, мобільні програми, що допомагають вести здоровий спосіб життя, та електронні тренажери, що сприяють успішному виконанню різноманітних фізичних вправ.

Мета дослідження: метою є дослідження сучасних технологій, якими користуються у фізичній культурі для покращення здоров'я та результатів у спорті. Та обговорення можливих проблем, які зв'язуються при користуванні цими технологіями.

Методи дослідження: теоретичний аналіз та узагальнення наукової та методичної літератури.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Зараз світ переживає технологічний розквіт, він має вплив і на сферу фізкультури. Для досягнення високих спортивних результатів тренувальний процес постійно доповнюється сучасними інноваційними технологіями [1, с. 29].

Люди створили велику кількість різноманітних гаджетів. Два найпоширеніші типи таких гаджетів – фітнес-трекери та спортивні годинники. Фітнес-трекери – це пристрої у формі браслета, вони вимірюють різні характеристики, такі як кількість кроків, відстань, пульс і калорії, спалені під час тренування. Вони аналізують якість сну, формують людині персональні цілі та надають вказівки. Спортивні годинники, містять більше функцій. Окрім вимірювання тих самих показників, що й фітнес-трекери, містять таку функцію, як GPS-навігація для того, аби відстежувати маршрут під час бігу або їзди на велосипеді. Таким чином, ці два гаджети допомагають людям вести активний спосіб життя та спостерігати за їх фізичною активністю. Але у них є і свої недоліки. Одним з таких недоліків є можливість помилкових вимірювань показників у різних ситуаціях. Фітнес-трекери неправильно вимірюють кількість кроків, якщо людина не рухає руками під час пересування, або навпаки рухає руками, але стоїть на місці.

У сфері фізичної культури застосовують і мобільні програми. Вони надають доступ до різних функцій, які спрямовані на відстеження стану здоров'я та спортивних результатів. Наприклад, програми для схуднення допомагають користувачам вести свій особистий журнал харчування, вимірювати кількість калорій та інше. Програми фітнесу зазвичай містять розклад тренування та вправи з відеоінструкціями до них. Як приклад розглянемо програму для створення самостійних занять з фітнесу “Yourself Fitness”. Цей програмний продукт являє собою комплекс засобів для організації самостійних занять із використанням понад 500 різноманітних фізичних вправ, можливим застосуванням спортивного інвентарю [2, с. 164]. Програма занять розробляється, враховуючи індивідуальні особливості організму кожної особи.

Подібною програмою для занять є Open Fitness, ця програма була розроблена як засіб створення самостійних занять фітнесом, вона містить в собі фізичні вправи силової спрямованості та кардіотренувань, рекомендації з дотримання різних продуктів у харчуванні. Широкий спектр можливостей програмного забезпечення дає змогу залучати до занять фітнесом людей початкового рівня підготовленості, професійних спортсменів, тренерів і людей, які мають зацікавленість у заняттях. Інтерфейс користувача забезпечує легкий доступ до схеми тренувань, дає змогу переглянути дотримання режиму дня [2, с. 164].

Крім цього, сучасні технології бувають і у вигляді електронних тренажерів. Прикладами є бігові доріжки та велотренажери. У них є достатньо функцій, що

дають змогу налаштувати тренування під потреби кожного. Бігові доріжки можна налаштувати на різну швидкість, це дозволяє як ходити так і бігати, у будь-який момент. Велотренажери імітують їзду на велосипеді, завдяки цьому тренуватися можна навіть у погану погоду. Багато таких тренажерів підключаються до мобільних додатків, що допомагає зберігати дані про тренування, створювати плани тренувань та отримувати рекомендації.

Висновки. Користування сучасними технологіями у сфері фізичної культури набуває все більшої популярності, і має вагомий вплив на покращення здоров'я та спортивних результатів людей. Фітнес-трекери, спортивні годинники, мобільні програми, електронні тренажери та багато інших технологій відкривають нові можливості для спорту, роблячи його більш ефективним та доступним, допомагаючи кожній особі досягти своїх фізичних цілей. Однак ці технології також мають обмеження та недоліки, які треба враховувати. Тому використання технологій у спорті має бути в міру.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні та вдосконаленні нових технологій для більш зручних та ефективних занять спортом.

ЛІТЕРАТУРА

1 Лапіна Ю., Чхайло М. Про інноваційні технології у сучасному спорті. Інноваційні і цифрові технології у процесі підготовки спортсменів в умовах формального і неформального навчання: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. – Суми : СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2022. С. 29–31.

2 Гончарова Н., Денисова Л., Усиченко В. Використання сучасних інформаційних технологій у сфері оздоровчого фітнесу. Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. праць. – № 2 (18), 2012. – С. 163–167.

Шевченко В.В., Іскович-Лотоцький Р.Д.
Вінницький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ СТРУМЕНЯ РІДИНИ З ҐРУНТОМ В ПАЛЕЗАНУРУЮЧИХ ПРИСТРОЯХ

Під час занурення паль з використанням гідроструменевої технології струмін'я рідини створює певний тиск на ґрунт, руйнуючи його.

Для прикладу розглянемо випадок, коли струмінь, який виходить із круглоциліндричного сопла А, вдаряється у плоску стінку В, розташовану нормально до неї (рис. 1).

Як видно, ось тут (при достатньо великих швидкостях витікання рідини) отримуємо так звану вісесиметричну задачу розтікання потоку по стінці В. Живий переріз 2-2, який показаний на рисунку, має круглоциліндричну форму: на вертикальну площину, нормальну до рисунку, контур цього перерізу проектується в круг, причому лінії потоку перетинають цей круг в радіальному напрямку.

Цей випадок може розглядатися як виключення: не дивлячись на наявність криволінійного живого перерізу 2-2, який різко змінює рух рідини в ньому, ми все ж, розглядаючи такий переріз, можемо користуватися поняттям середньої швидкості, а відповідно і рівнянням (1).

$$\alpha_0 \cdot \rho Q \cdot (v_{2_x} - v_{1_x}) = G_x + (T_0)_x + R_x + P_x, \quad (1)$$

де, ρQ – маса рідини, яка проходить за одиницю часу (за секунду) через будь який переріз потоку, $\rho Q = \text{const}$ (вздовж потоку); $\alpha_0 \rho Q v$ – кількість рухів вказаної маси в даному плоскому живому перерізі, до якого відноситься швидкість v ; величина $\alpha_0 \rho Q v$ може бути названа секундною кількістю руху потоку (ця величина представляє собою ніби розхід кількості руху).

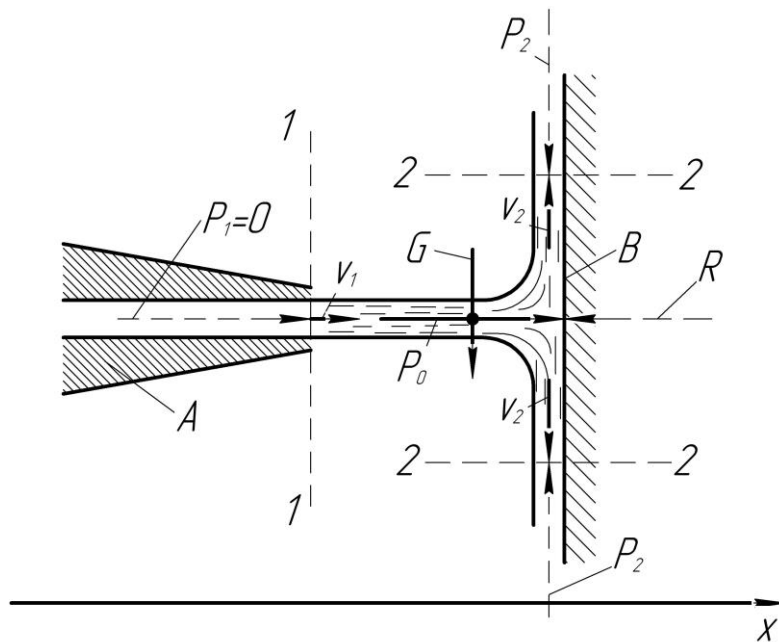


Рисунок 1 – Тиск струменя на плоску стінку

Щоб знайти тиск P_0 струменя на стінку В, відмічаємо вісь x , як показано на рисунку, і потім виділяємо перерізами 1-1 та 2-2 відсік рідини, до якого і додаємо рівняння (1).

Підсумуємо, згідно до рівняння (1), отримуємо:

$$-\rho Q \cdot v_1 = -P_0,$$

звідки сила тиску струменя на перешкоду

$$P_0 = 2 \cdot \omega_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \cdot \gamma,$$

де ω_1 – площа живого перерізу струменя (в перерізі 1-1).

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ В ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОГО ІОННОГО АЗОТУВАННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ СТАЛІ

Технологія комплексного іонного азотування (КІА) дозволяє модифікувати поверхневу структуру шляхом збільшення глибини і рівномірності розподілу азоту за перетином деталей, що покращує ударну в'язкість інструментів.

Метою дослідження є вивчення впливу КІА з застосуванням нормалізування та гартування з відпуском на структуру і властивості пуансонів різного діаметру зі сталі 9ХС.

Партія пуансонів $d=2$ мм і 4 мм зі сталі 9ХС в стані постачання пройшла низькотемпературне азотування при $T=520 - 570$ °С протягом години при робочому тиску 0,3 Па у вітчизняної «БУЛАТ-6».

Після азотування деталі нагрівалися в муфельній печі до температури аустенізації 820 °С, протягом 20 хв, потім перша група пуансонів охолоджувалась на повітрі, а друга група деталей гартувалася в маслі з подальшим низьким відпуском при температурі 250 °С.

Виміри мікротвердості були зроблені за перетином зразків на приладі ПМТ-3, при навантаженні 200 г. Аналіз мікроструктури проводився за стандартною методикою.

Аналіз зростання твердості в результаті КІА проводилося відносно твердості після класичної термічної обробки: гартування та низького відпуску 6500 МПа.

Дослідження пуансонів діаметром $d=2$ мм після КІА з наступною нормалізацією та КІА з гартуванням з низьким відпуском показали зростання твердості відповідно до 8131 МПа і 8789 МПа (збільшення твердості відносно встановленого рівня: 1631 МПа та 2289 МПа відповідно). Мікроструктура цих зразків має однотипну голчату будову, характерну для мартенситу. Це досить близький результат за рівнем зміцнення.

Дослідження впливу КІА на пуансони діаметром 4 мм показали значну різницю між структурою і властивостями. Так, після КІА з нормалізуванням деталь отримала структуру зеренного сорбіту з високодисперсним голчатим бейнітом зі середньою твердістю 5896 МПа, яка є нижче встановленого рівня на 604 МПа. А в результаті КІА з гартуванням та відпусканням деталь отримала структуру мартенсит відпуску зі середньою твердістю 7866 МПа, з приростом відносно класичної обробки – 1366 МПа. Тому для пуансонів перетином до 2 мм КІА з нормалізуванням рекомендуємо проводити замість гартування. А для більшого ніж 2 мм перетину, для зміцнення необхідно проводити КІА з гартуванням та низьким відпуском.

*Шевченко С.М., Степанов М.С., Новіков Ф.В.,
Дитиненко С.О.*

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АЛМАЗНОГО ТА АЛМАЗНО-ІСКРОВОГО ШЛІФУВАННЯ НА МАКРОНАПРУЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Технологічний процес механічної обробки алмазно-іскрового шліфування (АІШ) вигідно відрізняється від інших нині існуючих оздоблювальних методів своєю технологічністю і ресурсоекономічністю. АІШ можна розглядати не тільки, як спосіб отримання тіл певних геометричних розмірів та форми, але і як цілеспрямований спосіб зміни структури і властивостей металу. У процесі АІШ вуглецевих інструментальних сталей реалізуються умови для формування у поверхневому шарі (ПШ) структури гарденіту з високою твердістю (10000-12000 МПа).

Метою роботи було дослідження рівня макронапруження ПШ деталей зі сталей У7 і У12 в результаті АІШ в порівнянні з алмазним шліфуванням (АШ).

Встановлено, що після АШ виникають макронапруження стискання. Режим АШ №1, з більшою глибиною шліфування ($t = 0,07$ мм), формує напруження стискання більшого значення: -855 МПа в сталі У7 і -1259 МПа в сталі У12 в порівнянні з режимом АШ №2 ($t = 0,035$ мм): -696 МПа в сталі У7 і -815 МПа в сталі У12, що доводить переважну дію деформаційного зміцнення при АШ №1.

В результаті АІШ за режимом №1 ($t = 0,07$ мм, $I = 80-100$ А) формуються незначні стискувальні напруги в сталі У7: -131 МПа, і високі напруги, що розтягують, в сталі У12: +1052 МПа. Це пояснюється наявністю у структурі ПШ великої кількості аустеніту залишкового. Крім того, карбіди цементиту в структурі заевтектоїдної сталі У12 є перешкодою для вільного просування тепла вглибину металу, що стає причиною локального нагріву ПШ сталі, структура якого зазнавала нерівномірних фазових перетворень, через неоднорідне розчинення карбідної фази в твердому розчині. Структура складається з гарденіту, аустеніту залишкового та нерозчинених карбідів. Режим АІШ №2 ($t = 0,035$ мм, $I = 20-40$ А), формує на поверхні сталі У7 напруги розтягіння +472 МПа та напруги стискання в ПШ сталі У12: -184 МПа, структура складається з гарденіту і карбідів. Розтягуювальні напруження сталі У7 пояснюються наявністю у ПШ відпускних структур (трооститу).

Таким чином, напружений стан ПШ визначається хімічним складом та структурними особливостями досліджуваних сталей. Величина та знак напружень, які формуються в сталях після АШ та АІШ, обумовлені різним впливом силового та теплового факторів у даних процесах.

ЕЛЕКТРОЛІЗЕРИ В РОЛІ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ НЕТРАДИЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вступ

Потреби суспільства в енергії постійно зростають, а запаси традиційних джерел енергії, таких як нафта, газ та вугілля, обмежені. Водень, на відміну від них, є відновлюваним джерелом енергії, яке можна отримувати з різних джерел, включаючи воду, відновлювані джерела енергії та навіть органічні відходи.

Електролізери відіграють ключову роль у виробництві «зеленого» водню, який виробляється за допомогою електролізу води, використовуючи відновлювані джерела енергії.

Принцип роботи електролізерів

Найбільш поширеним типом електролізерів є біполярні з протонообмінною мембраною. Процес розділення води (H_2O) на водень (H_2) і кисень (O_2) в таких електролізерах відбувається за допомогою електричного струму в електролітичних камерах, розділених біполярними пластинами.

Біполярні електролізери широко використовуються в електролізі води через їхню здатність забезпечувати ефективний контакт між катодним та анодним матеріалами, а також через їх економічність та компактність.

Енергетичні переваги та відновлювані джерела

Електролізери дозволяють конвертувати надлишкову електроенергію, що виробляється в періоди пікового попиту або з відновлюваних джерел, у водень. Цей водень може бути збережений і використаний пізніше для генерації електроенергії через паливні елементи або інші методи.

Використання електролізерів може бути інтегроване з вітряними турбінами чи сонячними батареями, дозволяючи використовувати випадкову або непередбачувану енергію для виробництва водню. Це сприяє стабільності в енергетичних системах.

Впровадження електролізерів дозволяє створювати децентралізовані системи виробництва та зберігання енергії, що підвищує стійкість енергетичних мереж та зменшує вразливість до відмов або аварій.

Екологічний аспект електролізерів

Виробництво водню методом електролізу, якщо використовуються відновлювані джерела енергії, має низькі або близькі до нуля викиди шкідливих газів, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Для роботи електролізеру не потрібні викопні ресурси, такі як природний газ чи нафта, що використовуються у традиційних методах. Процес електролізу не супроводжується викидами CO_2 або інших шкідливих газів.

Тому, використання електролізерів для виробництва водню є екологічно чистою альтернативою традиційним методам, таким як паровий розклад або реформінг природного газу.

Практичні застосування

Проект Hydrostor у Канаді розробляє систему накопичення енергії, яка використовує електролізери для розщеплення води на водень і кисень під час надлишку енергії. Водень потім зберігається під тиском і використовується для генерації електроенергії під час пікового попиту.

Проект HyET Power у Німеччині розробляє нову технологію електролізу, яка використовує мембрани на основі органічних матеріалів. Ці мембрани є більш ефективними, ніж традиційні мембрани, і вони можуть працювати при значно нижчих температурах.

Проект Komatsu 930E. Компанія Komatsu працює над розробкою технології, яка дозволить використовувати електролізери в своїх кар'єрних самоскидах замість дизельних генераторів.

Проект "Gigastack" у Великобританії спрямована на збільшення потужності електролізерів та виробництва зеленого водню за допомогою відновлюваної енергії. Проект має амбіції стати одним з найбільших у світі за обсягом виробництва водню.

ЛІТЕРАТУРА

1 Д. Ю. Гамбург, В. П. Семенов, Н. Ф. Дубовкин, Л. Н. Смирнова. Водень. Властивості, отримання, зберігання, транспортування, застосування / Під ред. Д. Ю. Гамбурга, Н. Ф. Дубовкіна. – М.: Химия, 1989. – 672 с.

2 Turner, J. A. (2004). Sustainable hydrogen production. *Science*, 305(5686), 972-974.

3 Монографія Відновлювано-воднева енергетика / за заг. ред. Ю.М. Солоніна – Київ: КІМ, 2018. – 260 с.

4 Kozin L.H., Volkov S.V., Skryptun I.N., *Modern Hydrogen Energetics and Ecology*. – Kyiv: PH "Akademperiodyka", 2019. – 364 с.

Шелест В.Р., Міхеєнко Д.Ю.

Донбаська державна машинобудівна академія

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ АВТОЗАПРАВНОЇ СТАНЦІЇ

В сучасному світі, де технології швидко розвиваються та змінюють парадигми бізнесу, автозаправні станції стають важливим елементом інфраструктури, який потребує постійного вдосконалення та адаптації. Завдяки стрімкому зростанню кількості автотранспорту та змінам у підходах до енергетики, управління та обслуговування автозаправних станцій вимагає сучасних та ефективних рішень.

Актуальність розробки програмного комплексу для обслуговування клієнтів на автозаправних станціях полягає у потребі оптимізації бізнес-процесів, поліпшенні якості обслуговування та збільшенні конкурентоспроможності. Технології мають потенціал полегшити взаємодію з клієнтами, автоматизувати операції та забезпечити високий рівень безпеки та ефективності.

При створенні програмного комплексу для обслуговування клієнтів автозаправної станції необхідно враховувати декілька важливих задач. Ось кілька з них:

- **Управління продажами** : програмний комплекс повинен забезпечувати зручний і ефективний процес оформлення продажів. Це включає сканування або введення штрих-кодів товарів, розрахунок загальної вартості, обробку різних методів оплати (готівкою, кредитними картками, бонусними картками тощо) і видачу чека клієнту.

- **Управління інвентарем**: програмний комплекс повинен мати функціонал для ведення обліку товарів на складі. Він повинен вести записи про кількість товарів, їх опис, ціни та інші важливі характеристики. Також він повинен мати можливість оновлювати інформацію про залишки після кожного продажу.

- **Звітність і аналітика**: програмний комплекс повинен забезпечувати можливість генерації різних звітів і аналітичних даних. Це можуть бути звіти про продажі за певний період, аналіз популярності товарів, звіти про доходи та інші фінансові показники. Ця інформація допоможе власнику АЗК приймати стратегічні рішення та визначати напрямки розвитку.

- **Безпека і захист даних**: програмний комплекс повинен забезпечувати високий рівень безпеки та захисту даних клієнтів і бізнесу. Це означає захищений доступ до системи, шифрування конфіденційної інформації, резервне копіювання даних та інші заходи безпеки.

- **Інтеграція з іншими системами**: програмний комплекс може потребувати інтеграції з іншими системами, наприклад, системою управління складом або системою обліку. Це допоможе забезпечити безперебійну і швидку взаємодію між різними аспектами бізнесу.

Програмний комплекс для обслуговування клієнтів автозаправної станції розроблено у вигляді web-додатку (рисунок 1). Використання web-додатку дозволяє забезпечити крос-платформність, що важливо для зручності користувачів, а також дозволяє автоматизувати процеси обслуговування клієнтів.

Однією з ключових переваг програмного комплексу є використання шаблону проектування "Адаптер" при роботі з базою даних. Це забезпечує гнучкість та розширюваність системи, оскільки дозволяє легко додавати різні бази даних без необхідності внесення значних змін у вихідний код системи. Такий підхід дозволяє також паралельно використовувати декілька баз даних для тестування та розробки.

Зручність роботи та можливість гнучкого налаштування системи для використання різних баз даних роблять цей програмний комплекс ефективним і пристосованим до змін у вимогах або технічних умовах.

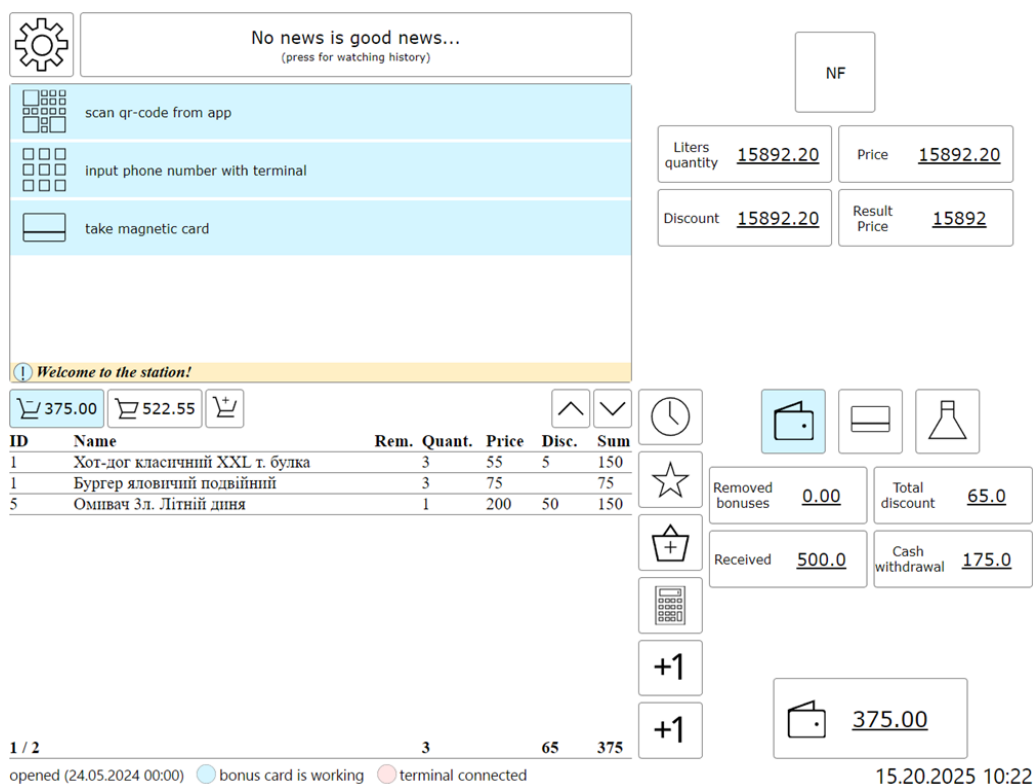


Рисунок 1 – Приклад інтерфейсу програмного комплексу для обслуговування клієнтів автозаправної станції

Узагальнюючи, розроблений програмний комплекс відповідає сучасним вимогам у сфері обслуговування клієнтів автозаправних станцій, забезпечуючи ефективну та гнучку систему, яка може бути легко адаптована до різних умов експлуатації.

Шост В.В., Бондаренко М.О.
Черкаський державний технологічний університет

ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВИХ АРТЕФАКТІВ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ

В даний час, коли розвиток техніки веде до мініатюризації елементів механічних та радіоелектронних систем, все більшого значення набувають методи дослідження властивостей поверхонь на мікро- і нанорівні. До таких методів відноситься атомно-силова мікроскопія (АСМ), яка дозволяє отримати не просто двовимірне зображення, як, наприклад, в разі електронного мікроскопу, а тривимірний образ рельєфу.

Недоліком методу АСМ є те, що форма використовуваного зонда вносить спотворення в одержуваний образ рельєфу. При цьому формою зонда фактично лімітується латеральний дозвіл методу. Тому, вивчення впливу форми досліджуваного вістря на достовірність отриманих АСМ-зображень є важливим завданням при реалізації граничних дозволів АСМ нанооб'єктів.

Таким чином, дотримання необхідного рівня достовірності отриманих в роботі даних забезпечується поєднанням АСМ-зображень реальних поверхонь і чисельного моделювання процесу АСМ-вимірювання і є питанням актуальним.

Метою доповіді є визначення впливу артефактів атомно-силової мікроскопії шляхом моделювання фрактальних поверхонь.

В науковому дослідженні запропоновано загальний підхід до моделювання фрактальних поверхонь, розроблено комп'ютерну модель та чисельний метод визначення розмірності цих поверхонь. Також проведено розрахунок фрактальної розмірності деяких поверхонь статистичного походження, що не досліджувалися раніше та побудовано приклади фрактальних поверхонь, отримано їх графічну інтерпретацію при різних параметрах.

Встановлено, що у випадку реальних поверхонь, відхилення PSD-функції (Power Spectral Density function) від прямої в подвійному логарифмічному масштабі пов'язане з кінцевим розміром зонда. Така PSD-функція показує, який внесок робить конкретна частота f в ефективну середньоквадратичну шорсткість σ із заданою розмірністю. При цьому просторова частота, після якої відбувається відхилення PSD-функції від прямої, залежить від параметрів рельєфу поверхні.

В той же час, в результаті експериментальних досліджень було виявлено, що згортка модельної фрактальної поверхні з зондом кінцевого радіусу призводить до утворення зернистої поверхні. А для того, щоб відрізнити реальні зерна від уявних після обробки реальних зернистих поверхонь PSD-функцією, запропоновано функціональний критерій.

Також було показано, що зонд взаємодіє з поверхнею з ефективним радіусом, який в 5-10 разів перевищує радіус заокруглення зонда, що вказаний виробником, чим доведена неможливість адекватного опису фізичної моделі взаємодії двох пружних тіл (зонду і поверхні зразка) при АСМ-вимірах.

Шпак Є.М.

Національного авіаційного університету

РЕЛЕЙНИК ЗАХИСТ КОЛА ЗАМИКАННЯ АСИНХРОНОГО ДВИГУНА

Асинхронні двигуни, як ключові компоненти електроенергетичних систем, грають важливу роль у різноманітних промислових та комерційних застосуваннях. Однак разом із їхнім широким застосуванням виникають і ризики, пов'язані із замиканням – ситуації.

Метою цієї доповіді є ретельний розгляд теми "Релейний захист кола замикання асинхронного двигуна", спрямований на визначення важливості захисту від небезпечних ситуацій. Вона висвітлить принципи роботи асинхронних двигунів, виявить можливі ризики та покаже, як релейний захист виступає ключовим компонентом у попередженні аварійних ситуацій..

Асинхронні двигуни, які є важливою частиною електроенергетичних систем, функціонують на основі принципу взаємодії магнітного поля статора та ротора. Під час нормальної експлуатації, статор генерує оберতальне магнітне поле, яке викликає обертання ротора, тим самим забезпечуючи роботу двигуна.

Однак у випадку виникнення замикання можуть виникнути серйозні проблеми. Замикання може статися внаслідок несправностей у системі, таких як коротке з'єднання або пошкодження ізоляції, і призводить до негайного збільшення струму та виникнення великих механічних та термічних навантажень на двигун.

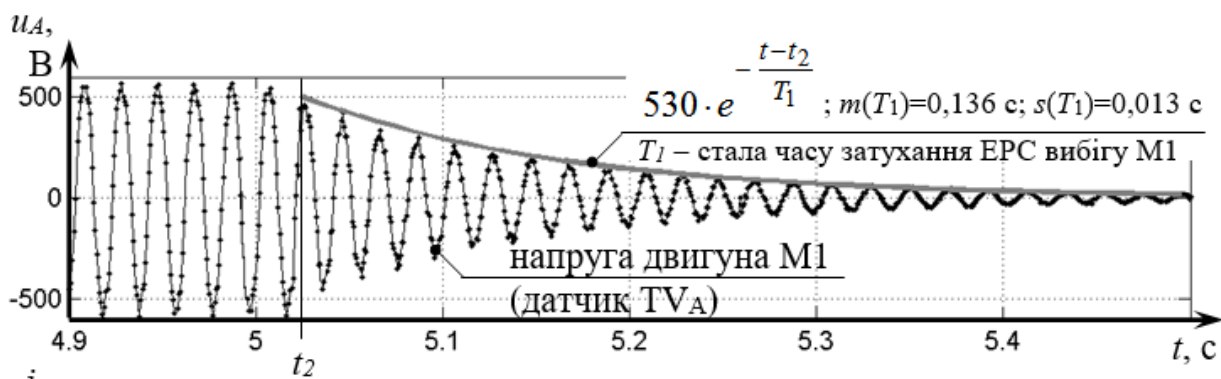


Рисунок 1 – Осцилограма ЕРС вибігу асинхронного двигуна потужністю 1,5 кВт

Можливі ризики замикання включають:

а) Пошкодження обладнання: Замикання може спричинити серйозне пошкодження обладнання, включаючи обмотки статора та ротора, яке може вимагати капітального ремонту або навіть повної заміни.

б) Втрати продуктивності: Аварійне замикання може зупинити роботу системи на тривалий період, що може призвести до великих втрат продуктивності та фінансових витрат.

в) Пожежа: Підвищення струму, що виникає при замиканні, може викликати надмірне нагрівання обладнання та потенційно призвести до виникнення пожежі.

Враховуючи ці аспекти, релейний захист виступає не лише як технічна необхідність, але і як стратегічний елемент управління електроенергетичними системами.

Релейний захист для асинхронного двигуна виконує ряд ключових функцій, спрямованих на виявлення та подальше управління аномаліями в роботі системи. Кожна з цих функцій виконує важливу роль у забезпеченні ефективності та безпеки електроенергетичної системи.

а) Виявлення замикань: Релейний захист виявляє нестандартні умови, які можуть виникнути внаслідок замикань, такі як підвищений струм чи температура.

б) Нейтралізація дії замикань: Однією з ключових функцій релейного захисту є нейтралізація дії замикань, забезпечуючи негайне відключення асинхронного двигуна від електромережі.

в) Захист від перевантаження: Релейний захист моніторить робочі параметри асинхронного двигуна.

Загальний висновок: Релейний захист для асинхронного двигуна виявляється невід'ємною частиною системи безпеки та надійності в електроенергетичних системах. Ефективна робота релейного захисту гарантує безпечну експлуатацію та запобігає серйозним наслідкам замикань, що можуть виникнути в електромережах та промислових системах. Цей підхід стає вирішальним для забезпечення стабільності та продуктивності електроенергетичних систем у сучасному технологічному середовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К., Кукуй К.А. Математическое моделирование асинхронной нагрузки в режимах группового выбега и самозапуска / В.Ф. Сивокобыленко, В.К. Лебедев, К.А. Кукуй // Сб. научн. трудов ДонНТУ. Серия: электротехника и энергетика. – Донецк : ДонНТУ, 2002. – Вып. 41. – С. 28-34.

Юцик В.О., Міхєєнко Д.Ю., Кравченко В.І.
Донбаська державна машинобудівна академія

ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Вирішення завдань, спрямованих на підвищення ефективності та надійності роботи систем електропостачання, нерозривно пов'язане з аспектами розрахунку та прогнозування споживання електричної енергії. Прогнозування споживання електроенергії в сучасному світі стає ключовою областю досліджень у сфері електроенергетики. Для ефективного прийняття рішень при плануванні режимів електроенергетичних систем та оперативному управлінні ними необхідні прогнози з різними горизонтами часу, починаючи від кількох хвилин і до кількох років.

Прогнозування електричних навантажень є складним завданням з кількох причин. По-перше, ряди електричних навантажень виявляють складність через наявність кількох рівнів сезонності. По-друге, існує значна кількість екзогенних змінних, які потрібно враховувати, особливо фактори, пов'язані з погодою. Існує різноманіття моделей та методів для прогнозування навантаження, які можна класифікувати як моделі часових рядів [1, 2] та причинні моделі.

Кожен з цих підходів має свої переваги та обмеження, і вибір конкретного методу може залежати від специфіки завдання, доступності даних та вимог щодо точності прогнозування. Прогнозування навантажень залишається ключовим елементом удосконалення ефективності та надійності електроенергетичних систем.

Незважаючи на широкий спектр доступних альтернатив, лінійні регресійні моделі та моделі, які розкладають навантаження на базову або регулярну складову, залежну від погодних умов, стали найбільш поширеними. Це пояснюється

тим, що ці моделі дозволяють досить точно прогнозувати навантаження в періоди переходу від робочих днів до вихідних і навпаки, а також в нерегулярні (святкові та прилеглі до них) дні. Однак їхня основна обмеженість полягає в тому, що вони, в суті, є лінійними моделями, тоді як ряди навантаження, які вони моделюють, часто представляють собою нелінійні функції екзогенних змінних.

Протягом останнього десятиліття, з розвитком теорії штучного інтелекту, виникла ідея використовувати штучні нейронні мережі (ШНМ) для вирішення задачі прогнозування навантаження. Згодом були розроблені модифікації, в яких ШНМ поєднувалися з елементами нечіткої логіки, утворюючи так звані нечіткі нейронні мережі (ННМ) [3, 4].

Успіх штучних нейронних мереж у вирішенні розглянутої проблеми пояснюється декількома ключовими факторами. По-перше, прогнозовані процеси мають нелінійний характер, і нейронні мережі добре справляються з моделюванням таких нелінійностей. По-друге, нейронні мережі обладнані здатністю до самонавчання та узагальнення, що робить їх ефективними в умовах високого рівня невизначеності, яка може виникати як структурна, так і параметрична, а також через стохастичні та хаотичні процеси.

На сьогодні можна відзначити значну кількість успішних випадків використання нейронних мереж у задачах прогнозування споживання електроенергії як в Україні, так і за кордоном. У більшості випадків базовою архітектурою для прогнозування служить багатошаровий перцептрон разом із його різними модифікаціями. Ця архітектура об'єднує прямий потік інформації та виявляється ефективною в умовах зростаючої невизначеності та складності електроенергетичних процесів.

Основні кроки для прогнозування споживання електричної енергії за допомогою нейронних мереж: збір даних, нормалізація та стандартизація даних для полегшення навчання нейронної мережі, вибір архітектури мережі (рекурентна нейронна мережа (RNN) або довго-короткочасна пам'ять (LSTM)), навчання моделі, перевірка та налаштування, використання навченої моделі для прогнозування майбутнього споживання електроенергії на основі нових даних.

У цілому, використання нейронних мереж у прогнозуванні споживання електричної енергії є перспективним напрямком, який може сприяти ефективному управлінню та плануванню електроенергетичних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1 Прогнозування та аналіз часових рядів. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів спеціальності 051 «Економіка» освітня програма «Економічна кібернетика», «Економічна аналітика» / Укл.: Юрченко М. Є. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 88 с.

2 Лук'яненко І. Г., Жук В. М. Аналіз часових рядів. Частина перша : Побудова ARIMA, ARCH/GARCH моделей з використанням пакета E.Views 6.0. Практичний посібник для роботи в комп'ютерному класі / І. Г. Лук'яненко, В. М. Жук. – К. : НаУКМА ; Аграр Медіа Груп, 2013. – 187 с.

3 Жданович А. С. Нейронні мережі в сучасній промисловості / Жданович А. С., Касаткіна І. В. // Молодь: наука та інновації : матеріали 10-ої всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих учених, м. Дніпро, 23–25 листопада 2022 р. – Дніпро : НТУ ДП, 2022. – С. 308–309

4 Amjady, N., & Keynia, F. (2011). A new neural network approach to short term load forecasting of electrical power systems. *Energies*, 4(3), 488-503.

Яковенко І.Е., Восков М.В.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НА СПЕЦІАЛЬНОМ ТЕХНОЛОГІЧНОМ ОБЛАДНАННІ

Сучасний розвиток машинобудування засновано на постійному зростанні вимог до дизайнерських, ергономічних та експлуатаційних характеристик на фоні постійного скорочення термінів експлуатації, в основному за рахунок морального старіння випущених моделей і появи на ринку нових конкурентних виробів. Це передбачає вирішення діалектичного протиріччя «продуктивність – технологічна гнучкість» для кожного конкретного випадку окремо. Тому на ряду з удосконаленням універсального технологічного обладнання, яке базується в основному на принципах одноінструментної обробки та забезпечує високу гнучкість, є потреба в обладнанні, заснованому при виробництві за принципом високої концентрації технологічного впливу, тобто багатоінструментальна багатопозиційна обробка.

Автори проаналізували основні фактори, які надають домінуючий вплив на процес синтезу структури багатоінструментальних блоків технологічних верстатних систем з використанням сучасних досягнень компонетики, мехатроніки та CALS-технологій, а також управління технологічними параметрами процесу обробки при проектуванні спеціальних верстатів.

Реалізація багатоінструментальної обробки передбачає рішення конкретної технологічної задачі, тому розробка технологічного компоновання є основою для подальшого проектування конструкторської компоновки.

У загальному випадку основною особливістю багатоінструментальної обробки є наявність руху заготовки або інструментального блоку з постійною швидкістю відносно інших елементів системи верстат-пристосування-заготовка-інструмент (ВПЗІ). Таким чином, процес проектування технологічної компоновки при багатоінструментальній обробці може бути зведений до класичної оптимізаційної «задачі про найменше покриття» технологічних переходів, виконання яких необхідно і достатньо для отримання необхідних параметрів деталі при досягненні цілей оптимізації.

Задача синтезу інструментальних блоків при обробці осьовим інструментом може бути сформульована в наступному вигляді. Нехай для кожного об'єкта є безліч сторін обробки $\vec{S} = \{1, \dots, k\}$, яка містить підмножину осей обробки $\vec{O}_j = \{1, \dots, j\}$, $\vec{O}_j \in \vec{S}$, на яких розташовано підмножину поверхонь, що оброб-

ляються $\vec{P}_{ji} = \{1, \dots, i\}, \vec{P}_{ji} \in \vec{O}_j$, де кожен елемент розглянутої системи (сторона-вісь-поверхня) представлено у вигляді вектору, так як він володіє характерним набором параметрів (розташування поверхонь, вимоги до точності розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь, параметрів якості поверхні та інш.).

Тоді, для здійснення процесу обробки необхідно сформувавши сукупність безліч технічно реалізованих варіантів інструментальних блоків, $\{\vec{N}_l\}, l \in L$, які виражені векторами проектних параметрів, таким чином, щоб, $\cup_{l \in L} \vec{N}_l = \vec{E}$ (тобто, щоб було виконано безліч елементарних технологічних переходів, які виражено векторами $\vec{T} = \{1, \dots, l\}$ проектних параметрів, які направлено на отримання параметрів об'єкта обробки \vec{P}_{ji}).

Як було встановлено, об'єднання кількох інструментів в інструментальний блок можливо тільки в разі виконання системи обмежень, яку можливо розділити на три основні групи:

- геометричні (можливість забезпечити кінематику формоутворення при відносному переміщенні заготовки та інструментального блоку; розкидання вильоту інструментів; розкидання розмірів поверхонь);
- технологічні (зв'язані безпосередньо з можливістю забезпечення кінематики формоутворення поверхні та вимог до якісних і розмірних параметрів поверхонь, що обробляються);
- технічні (можливість конструкторської реалізації варіанта інструментального блоку, що забезпечується існуючим набором модулів).

На підставі проведених досліджень і встановленої системи обмежень авторами пропонується орієнтована на автоматизоване проектування модель синтезу технічно реалізованих варіантів багатоінструментальної обробки, яка заснована на принципах теорії графів. У даній методиці синтез варіантів інструментальних блоків опирається на відомі алгоритми рішення задачі про найменший розподіл з урахуванням встановленої додаткової системи обмежень різного характеру, яка опирається на встановлені при дослідженні групу факторів, що дозволяє скоротити до розглядання число досліджуваних у процесі синтезу варіантів технологічних компоновань інструментальних блоків.

ЛІТЕРАТУРА

1 Яковенко И.Э., Пермяков О.А. Ранжирование технологических компоновок агрегатированного оборудования на базе инструментальных блоков. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології у машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 26 (1248). – С. 66–74. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-004X.

2 Structural Optimization of Technological Layout of Modular Machine Tools / Yakovenko I., Permyakov A., Prihodko O., Basova Y., Ivanova M.. // In: Tonkonogiy V. et al. (eds) Advanced Manufacturing Processes. InterPartner 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. – 2020. – pp. 352-363.

3 Parametric Optimization of Technological Layout of Modular Machine Tools. / Yakovenko I., Permyakov A., Naboka O., Prihodko O., Havryliuk Y. // In: Ivanov V., Trojanowska J., Pavlenko I., Zajac J., Peraković D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. – 2020. – pp. 85-93

4 Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М: Мир, 1978.

ЗМІСТ

<i>Автухов А.К., Ковалевський Є.В., Гюльмамедов Р.Б.</i> Ресурсозберігаюча технологія виготовлення формуючих інструментів для виробництва холоднокатаних листів	3
<i>Автухов А.К., Ковалевський Є.В., Козаков А. Ю.</i> Пошук нових хімічних составів для виробництва прокатних валків – шлях для покращення їх експлуатаційних характеристик	5
<i>Бабенко М.О., Тураджов Р.І.</i> Ефективність сучасних способів формоутворення багатограних поверхонь у гнучкому виробництві	6
<i>Бабенко І.А., Фроленкова О.В., Яровий Ю.В.</i> Дослідження параметрів якості при шліфуванні термобар'єрних покриттів	7
<i>Бадовський О.Б.</i> Основні джерела коливань при чистовому підрізанні торців врізанням	9
<i>Бачинський О.В., Баланюк Г.В.</i> Особливості процесу тонкого розточування отворів	10
<i>Бень А.М., Арцибашева М.С., Терентієв О.В.</i> Дослідження термомеханічних властивостей сталей гарячого штампування.....	12
<i>Бетін В.Д.</i> Викладання курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка».....	13
<i>Бідаш М.А., Михайлова Є.О.</i> Нанотехнології у створенні видавничо-поліграфічних матеріалів	15
<i>Білий Р.В.</i> Модернізація та підвищення енергоефективності при-вода редуційного стану	17
<i>Родіон Білицький, Борис Воронцов</i> Використання адитивних технологій у виробництві та обслуговуванні літаків	19
<i>Білоник Д.І., Капустян О.Є., Білоник І.М., Кирилаха С.В., Рубан В.Т.</i> Ресурсозберігаюча електрошлакова технологія отримання титан-молібденових зливків	20
<i>Бобров М.М., Вовчек О.О.</i> Застосування червоного шламу для формування композиційних	22
<i>Богачов М.С., Кузнєцов Ю.М.</i> Створення лабораторії малогабаритного обладнання з комп'ютерним керуванням на модульному принципі.....	24
<i>Бондаренко О.П., Цапко Ю.В., Апанасенко В.Ю. Жеребчук Д.С., Цапко О.Ю.</i> Ефективність захисту текстильних виробів гідрофобним покриттям.....	26
<i>Бондаренко О.П., Цапко Ю.В., Апанасенко В.Ю. Жеребчук Д.С., Цапко О.Ю.</i> Особливості вогнезахисту тканин	28
<i>Бородич П.Ю., Грицай В.В.</i> Дослідження технології будови сучасних апаратів на хімічно-зв'язаному кисні, які використовуються в Україні	30
<i>Бородич П.Ю., Кононович В.Г., Грицай В.В.</i> Аналіз перспективних сучасних саморятівників, які використовуються в Україні.....	32

<i>Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Грицай В.В.</i> Розрахунок часу захисної дії сучасних саморятівників, які використовуються для захисту персоналу підприємства при евакуації під час надзвичайної ситуації.....	34
<i>Liubomyr Borushchak, Ivan Havryliuk</i> Increasing the criterion of screwing of threaded lock connections with the help of its production technology.....	36
<i>Боцман М.В.</i> Електро-лінійний привод як перспективна технологія.....	37
<i>Буц Ю.В., Тодорова А.С.</i> Щодо впровадження законопроекту «Безпека і здоров'я працівників під час роботи».....	39
<i>Vasyl Vasykiv, Oleksandr Kornev, Vadym Punchuk, Serhii Ryskalchuk, Vladyslav Paraschuk, Andriy Hrytsyna</i> Analysis of the dynamics of patent flows concerning the advancement of generative design technologies.....	41
<i>Vasyl Vasykiv, Nazarii Makovynskyi, Vadym Punchuk, Serhii Ryskalchuk, Oleksandr Kornev</i> Monitoring the use of software products for generative design.....	43
<i>Vasyl Vasykiv, Serhii Ryskalchuk, Nazarii Makovynskyi, Vadym Punchuk</i> The use of the analytic hierarchy process method for selecting software products to implement generative design technologies for products in mechanical engineering.....	45
<i>Верба І.І., Залевська С.О.</i> Щодо вдосконалення обробних верстатів.....	47
<i>Войтенко К., Трус І.М.</i> Управління сільськогосподарськими процесами за допомогою цифрових технологій на прикладі IoT.....	49
<i>Волков О.О., Краєвська Ж.В.</i> Енергосиловий вплив при фрикційномістких методах оброблення та зміцнення поверхонь.....	51
<i>Володченко Р.О.</i> Огляд сучасного стану та векторів розвитку водневої енергетики.....	52
<i>Voronov, O.S., Klochko, O.Yu.</i> Programs for studying the structure of metal alloys.....	53
<i>Воронцов Б.С. Сонець О.В.</i> Можливості використання гібридного субтрактивно-адитивного виробництва.....	55
<i>Гасанов М.І., Клочко О.О., Пермяков О.А., Новіков Ф. В., Новіков Д. Ф., Охрименко О.А., Сапон С.П.</i> Спрейерне газополум'яне поверхнєве гартування великомодульних евольвентних шліцьових з'єднань.....	56
<i>Гершман В.Ю.</i> Підвищення ефективності вуличного освітлення.....	58
<i>Гнатюк О.Ф.</i> Розробка структурно-розрахункової схеми гідроімпульсного привода віброударного присрою.....	60
<i>Голобородько В.В., Оборський Г.О., Перпері Л.М.</i> Цифрові трансформації Industry 4.0: виклики та можливості в сфері метрології.....	64

<i>Голобородько Г.М., Перпері Л.М., Гугнін В.П.</i> Статична та динамічна моделі стійкості технологічної системи обробки точних отворів	66
<i>Голяка А.В., Гомеля М.Д., Трус І.М.</i> Знекиснення води для зниження її корозійної агресивності	67
<i>Гончарук А.І., Шумейко Д.К., Ярова І.А.</i> Інформаційні загрози в комп'ютерних іграх.....	68
<i>Горбаченко М.В., Оргіян О.А.</i> Дослідження впливу швидкості різання та подачі на точність тонкого розточування.....	70
<i>Гордієнко В.С.</i> Підвищенням ефективності систем за допомогою гідроакумулятора.....	71
<i>Гросіцька Н.В., Бантковський В.А.</i> Шляхи підвищення міцності нерухомих з'єднань підшипників кочення.....	73
<i>Gushchin A.M., Larshin V.P., Lysyi O.V., Lymarenko O.M., Buchka Y.V., Tselikova A.S.</i> Cutting force parameters control on the basis of mechatronic mechanism	75
<i>Данилова Л.М., Гладський М.М., Лапковський С.В., Фролов В.К.</i> Технологічність складальних одиниць в умовах оботизованого виробництва	77
<i>Данилова Л.М., Лапковський С.В., Никифоров А.О.</i> Технологічність конструкції виробів для адитивного виробництва.....	79
<i>Данілін О.В., Кобзар О.В.</i> Адаптивна система керування частотно-регульованого електроприводу тягового електротранспорту	81
<i>Дев'яткіна С.С., Єрмолаєв М.Р.</i> Комп'ютеризована модель інструкції використання світлосигнальної системи аеродрому при відмові окремих її елементів	84
<i>Дев'яткіна С.С., Сичук О.М.</i> Підвищення ефективності візуальних засобів забезпечення польотів на аеродромах зі складним рельєфом місцевості	86
<i>Derevianchenko A.G., Chumachenko T.V.</i> An approaches to development system for monitoring surface defects of machine parts	88
<i>Дерев'янченко О.Г., Демидишин В.О.</i> Підхід до комплексного аналізу мікроструктур матеріалів з використанням комп'ютерного мікроскопу	90
<i>Дергоусов В.М., Нежебовський В.В., Клочко Л.В., Пермьков Є.О.</i> Про технологічне забезпечення виготовлення зубчастих передач редукторів вугільних комбайнів в умовах дрібносерійного виробництва	91
<i>Дергоусов В.М., Нежебовський В.В., Новіков Ф. В., Новіков Д.Ф., Пермьков Є.О., Клочко Л.В., Федоренко В.С.</i> Деференцований метод та засіб контролю геометричних параметрів евольвентних шліцьових з'єднань.....	93
<i>Дерябкіна Є.С., Мисак П.І.</i> Дослідження міцності вакуум-плазмових зносостійких покриттів	95
<i>Дерябкіна Є.С., Нефьодов А.О.</i> Аналіз процесу зношування поверхонь пар тертя кулачкових механізмів ДВЗ	97

<i>Микола Дідик, Сергій Філоненко</i> Дослідження впливу різних чинників на втрати в провідниках під час проектування енергопостачання електроспоживачів	99
<i>Душкін С.С.</i> Дослідження динаміки процесів іонного обміну під час водопідготовки	101
<i>Єгоров С.В., Шкварницька Т.Ю.</i> Статистичні похибки при аналізі випадкових процесів в електроенергетичних системах	102
<i>Іванов В.В., Круглий В.В.</i> Вплив коефіцієнту корисної дії опорних вузлів на енергетичну економічність автомобіля.....	104
<i>Іванов В.В., Николаев В.В.</i> Автоматизація проектування ланцюгової передачі розподільного валу.....	106
<i>Івашура А.А., Борисенко О.М.</i> Сучасні тенденції в галузі зелених технологій у виробництві та переробці.....	108
<i>Ісмаїлова Р.М., Кравченко О.С.</i> Інноваційні технології у фізкультурно-оздоровчій та спортивній діяльності.....	110
<i>Калафатова Л.П., Михайлечко С.В.</i> Вплив умов шліфування на дефектність обробленої поверхні виробів із склокераміки.....	112
<i>Калюжний О.Б., Платков В.Я.</i> Вплив пористості на механічні властивості політетрафторетилену.....	114
<i>Калюжний С.М., Савицький В.В., Войнарович С.Г., Кислиця О.М.</i> Швидкість руху диспергованих частинок цирконієво-го дроту при мікроплазмовому напиленні	116
<i>Капущак Н.В.</i> Система електропостачання цехів авіаційних підприємств	118
<i>Карпюк Л.В.</i> Автоматизовані системи управління технологічними процесами в енергетиці.....	119
<i>Клименко А.В., Анісімов В.В., Анісімов В.М.</i> Дистанційні системи керування в машинобудуванні на базі робототехнічних комплексів з можливістю віддаленого спостереження та корекції роботи у реальному часі.....	121
<i>Клименко С.А., Манохін А.С, Копейкіна М.Ю., Клименко С.Ан., Чумак О.А.</i> Моделювання етапу врізання при фрезеруванні загартованої інструментом з РсVN	123
<i>Князев С.А., Субботіна В.В., Князева Г.О., Педченко Д.О., Сосонний О.В</i> Зміни у структурі на аустенітній сталі з покриттям нітриду хрому в якості дифузійного бар'єру при дії високих температур	125
<i>Князева Г.О., Субботіна В.В., Князев С.А., Сосонний О.В., Педченко Д.О.</i> Термічна стабільність багатоелементного високобористого сплаву з малим вмістом нікелю.....	127
<i>Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Сидюк Д.М.</i> Віртуальна реальність як інструмент оптимізації життєвого циклу виробів машинобудування	129
<i>Ковалевський С.В., Сидюк Д.М., Дятленко В.І.</i> Методичний підхід до класифікації та оцінки технологічних систем.....	131

<i>S. Kovalenko, R. Ponomarenko, Y. Ivanov</i> Identification of the impact of surface water bodies at the expense of groundwater, which provides exchange between tributaries	133
<i>Ковба М.О., Козуляк М.І.</i> Імітаційне моделювання системи керування тепло-вим об'єктом з використанням нечіткого регулятора	135
<i>Ковтун Д.Є.</i> Покращення процесу вилучення цінних речовин за допомогою використання іонообмінних смол.....	137
<i>Козуляк М. І., Саведчук Р.В.</i> Дослідження динаміки печі термічної обробки металів	138
<i>Копанський М.М.</i> Особливості стінових личкувальних панелей виготовлених з використанням стебел ріпаку.....	140
<i>Копитов В.А.</i> Екологоенергетичні нетрадиційні технології та перспективні напрями їх розвитку. Біоенергетична галузь України.....	142
<i>Копей В.Б., Корбеляк Р.В., Пронюк І.В.</i> Оптимізація конструкції мобільного робота за допомогою еволюційних алгоритмів	143
<i>Коржов А.С., Баланюк Г.В.</i> Вплив зовнішніх збуджень та параметрів пружних підсистем на динамічну якість оздоблювально-розточувальних верстатів	145
<i>Корнієнко І.М.</i> Енергозберігаючі технології у виробництві функціонального хліба	147
<i>Косіюк М.М.</i> Перспективна технологія утилізації міських та промислових відходів	149
<i>Косіюк М.М.</i> Перспективна опозитна машина об'ємної дії.....	151
<i>Кохановський В.О., Кот А.І.</i> Підвищення електроерозійної стійкості комутаційних електричних апаратів низької напруги.....	153
<i>Кохановський В.О., Лобан І.Л.</i> Перспективи застосування 3D та 4D технологій друку у виробництві.....	154
<i>Кравець В.О., Кравець О.М., Фролов В.К., Лапковський С.В.</i> Вимоги до конструкцій захватних пристроїв промислових роботів різного призначення	156
<i>Кравцов М.М., Куроп'ятник М.С.</i> Розвиток та значимість транспортних засобів України з електроприводом.....	158
<i>Кравцов М.М., Ткаченко О.В.</i> Тенденції та перспективи машинобудування України	160
<i>Kravchenko V.I.</i> Improvement of methodological provision of NDP for master's students in computer sciences	162
<i>Kravchenko V.I., Vasylieva L.A.</i> Simulation of the dynamics of the symmetrical rolling state.....	164

<i>Kravchenko V.I., Mikhenko D.Yu., Yutsyk V.O.</i> Use of the student social network for interdepartmental scientific circle.....	165
<i>Крайнюк О.В., Буц Ю.В., Барбашин В.В.</i> Метрологічні вимірювання та Смарт-технології: перспективи майбутнього.....	166
<i>Кулік Т.О., Папазов В.М.</i> Удосконалення технологічних режимів прокатки смуг на стані холодної прокатки 1680 ПАТ «Запоріжсталь».....	168
<i>Курандо О.І., Плеснецов С.Ю., Плеснецов Ю.О.</i> Аналіз можливості використання деформаційного зміцнення при виробництві гнутих профілів	170
<i>Куценко Д.К., Кравченко О.С.</i> Інноваційні методи та технології у фізичному вихованні в закладах освіти.....	172
<i>Ганна Лавренчук, Олександр Узунов</i> Моделювання дії незбалансованої одновісної платформи	174
<i>Валерій Лавріненко, Володимир Полторацький, Олександр Бочечка, Григорій Петасюк, Олег Пасічний, Валерій Скрябін, Володимир Солод</i> Дослідження експлуатаційних характеристик алмазного шліфувального інструменту з алмазами із багатокomпонентними покриттями на основі сумішей із оксидами та карбідами.....	176
<i>Валерій Лавріненко</i> Книга «Інструментальні матеріали: від природного каменю до штучних алмазів» – сучасне науково-популярне видання для фахівців-технологів.....	178
<i>Лазарев Д.О., Баланюк Г.В.</i> Основні способи розточування отворів на горизонтально- розточувальних верстатах	180
<i>Лапковський С.В., Фролов В.К., Гладський М.М., Медведєв В.В</i> Застосування процесу плунжерного фрезерування в САМ-системах з обмеженими можливостями	182
<i>Larshin V.P., Gushchin A.M., Verpivskiy S.M., Lishchenko N.V., Buchka Y.V</i> Intelligent mechatronic mechanisms.....	184
<i>Лебедєв В.О.</i> Управління дуговим механізованим зварюванням з використанням предиктного способу	187
<i>Лебедєв В.А., Лой С.А.</i> Витрати електроенергії при електродуговому механізованому зварюванні та наплавленні.....	190
<i>Лебедєв В.А., Лой С.А.</i> Цілеспрямований вплив систем механізованого зварювального обладнання на структуру метала шва	192
<i>Лещенко О.І.</i> Дослідження появи дефектних зон при безцентровому шліфуванні методом моделювання.....	194
<i>Лисенко С.В.</i> Прогнозування довговічності клинопасових варіаторів зернозбиральних комбайнів	196

<i>Лупкін Б.В., Майорова К.В., Андреев О.В., Антонюк В.С., Толстой С.А.</i> Забезпечення міцності точкового з'єднання виробів з полімерних композиційних матеріалів	197
<i>Tetiana Lukan, Faryliuk Roman</i> Technological achievements of double-point thread turning	200
<i>Мазур І.А., Волох В.І.</i> Дослідження роботи рівномірів та системи охолодження радіоізотопного обладнання у кристалізаторах МБЛЗ.....	201
<i>Мазуренко М.А., Зубарев А.Є., Козлова О.Б., Дядя С.І.</i> Використання технічних можливостей верстатів з чпу для впливу на коливання при різанні	204
<i>Майданчук Т.Б., Ганчук А.В., Люшенко В.М., Лук'янченко Є.П., Степченко Д.М.</i> Ефективність застосування ресурсозберігаючих процесів двоелектродного дугового зварювання та наплавлення.....	206
<i>Майстренко К., Оргіян О.О.</i> Вплив збурень від підшипників в опорах шпинделя на динамічну якість оздоблювально-розточувальних верстатів	208
<i>Максименко О. В., Лябах М.В. Веремійчук Ю.А.</i> Керування електричними навантаженнями житлових будівель	209
<i>Мандровська С.О., Стельмах Н.В.</i> Аналіз методів виявлення пожеж за допомогою малогабаритних БПЛА.....	211
<i>Марченко А.П., Гасанов М.І., Кривобок Р.В., Клочко О.О., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Мироненко Є.В., Шаповалов М.В.</i> Моделювання послідовності формування поверхне-вого шару циліндричних загартованих крупно-дульних зубчастих коліс з регламентованими вихідними параметрами.....	213
<i>Маслов М.О., Закладний О.О.</i> Обґрунтування використання регульованого електроприводу в системах тепло та водопостачання житлових будівель	216
<i>Iuliia Medvid</i> Problems of ensuring accuracy of large-pitch tapered thread in multi-point turning processes.....	219
<i>Мачуга О.С., Луста Ю.Р.</i> Розкриття статичної невизначеності методом суперпозиції сил.....	221
<i>Медведев В.В., Приходько В.П., Фролов В.К., Лапковський С.В.</i> Технологічність деталей в умовах роботизованого виробництва.....	223
<i>Мельник В.О., Данілін О.В.</i> Аналіз використання вітрових електростанцій для забезпечення базових потреб багатоповерхівок в умовах дефіциту електричних потужностей	225
<i>Мельник М.С., Калініченко В.В.</i> Самонавчальна інформаційно-дослідницька система для автоматизованого визначення оптимальних режимів різання	227
<i>Мельниченко Н.П., Вавдійчик М.А.</i> Пошуки ефективних технологій для відбудови України.....	229
<i>Меновщикова А.В., Трус І.М.</i> Удосконалення систем очищення промислових стічних вод в Україні	231

<i>Мережко Д.В.</i> Автоматизоване проєктування технології волочіння порошкового дроту	233
<i>Михайлова Є.О.</i> Можливості біоенергетичної технології уловлювання та зберігання вуглецю	235
<i>Молчанов В.Ф., Часов Д.П., Латишев Д.В.</i> Підвищення точності обробки при шліфуванні додатковим зміщенням осі	237
<i>Нагальська В.С., Михайлова Є.О.</i> Екологічні аспекти поліграфії	239
<i>Нечаєв В.П., Рязанцев А.О.</i> Зміна структури поверхневого шару деталей в умовах плазмово-механічного фрезерування	240
<i>Неженцев О.Б.</i> Зниження енергоспоживання вантажопідіймальних кранів	242
<i>Новіков Г.В.</i> Вишли у світ монографія та навчальні посібники, присв'ячені проблемам технології машинобудування та технічній механіці	244
<i>Новіков Ф.В.</i> Підвищення ефективності абразивного полірування	246
<i>Новіков Ф.В., Полянський В.І.</i> Умови забезпечення високоякісної обробки деталей машин	248
<i>Оборський Г.О., Бундюк А.М., Моргун Б.О.</i> Вплив мідної спіралі на процес ежекції при охолодженні труби байпасу	250
<i>Олефір А.О., Канашевич Г.В.</i> Динамічна теплоенергетично-фононна модель обробки матеріалу різанням	252
<i>Oleh Onysko, Matei Iurii</i> Analytical study of the lead angle of a tapered thread	254
<i>Онищенко Ю.М., Нешта А.О.</i> Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу секції 156.10.088-01 шляхом оптимізації режимів різання на токарно-карусельній операції	255
<i>Ощепков Н.О., Бондаренко М.О.</i> Система ультразвукового контролю якості різку лазерною установкою	257
<i>Пантейков С.П., Жульковський О.О., Пантейкова О.С., Жульковська І.І.</i> Підвищення ефективності процесів виплавки сталі в конвертерах і ошлакування їх футерівки шляхом модернізації конструкцій верхніх фурм	258
<i>Пантейков С.П., Романенко А.А., Бондаренко Я.І.</i> Про перспективність технології отримання сталі із залізорудної сировини за рахунок прямого відновлення	259
<i>Перпері Л.М., Голобородько Г.М.</i> Забезпечення якості обробки отворів інструментами однобічного різання	262
<i>Пижов І.М., Волошкіна І.В.</i> Удосконалення методу прямого контролю лінійного зносу алмазного круга при шліфуванні спа на базі явища пристосованості	264

<i>Пилипенко В.О., Стельмах Н.В.</i> Використання генеративного дизайну для підвищення міцності деталей у процесі їх автоматизованого виробництва	266
<i>Пірогов Д.О., Воронцов Б.С.</i> Особливості технології xBEAM 3D Metal Printing	268
<i>Плис В.С., Дегтярьов І.М.</i> Удосконалення технологічного процесу виготовлен-ня апарата, що спрямовує шляхом інтенсифікації оброблення каналів на вертикально-фрезерній з ЧПК операції	270
<i>Подвійний М.-В.Ф., Кучмистенко О.В.</i> Розроблення інформаційної математичної моделі моменту двигуна приводу роторного стола бурової установки	271
<i>Полозяк В.Р., Фешанич Л.І.</i> Удосконалення системи контролю полум'я в камері згорання підігрівача природного газу.....	273
<i>Попик О.В.</i> Оцінка екологоорієнтованих заходів з енергозбереження у відповідності до вимог стандарту ISO 14031:2021	275
<i>Iryna Pochapska, Khrystofor-Yaroslav Khlibyshyn</i> Significance of individual and group characteristics of students in the educational process	277
<i>Приходько В.П., Фролов В.К., Лапковський С.В., Данилова Л.М.</i> Технологія HSM в сучасному металообробленні	279
<i>Пронюк І.В., Копей В.Б.</i> Мобільний робот-маніпулятор з функцією ідентифікації об'єктів на основі алгоритмів машинного навчання	281
<i>Пустовий А.М., Веремійчук Ю.А.</i> Стан та тенденції розвитку ринків електричної енергії при збільшенні частки ліцензіатів генерації ВДЕ	283
<i>Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Петрикін С.О.</i> Технологія та пристосування для відновлення хвостової частини корпусу різців дорожньої фрези.....	285
<i>Романько В.В., Костюк Ю.В.</i> Захист інформації на основі багаторівневого аналізу	287
<i>Рязанцев А.О., Реброва С.В.</i> Аналіз впливу цифрових технологій на якість підготовки фахівця з прикладної механіки	289
<i>Савченко М.Ф., Мягков В.Ю., Жовтобрюх Д.А., Савченко М.М.</i> Використання 3D-моделювання в навчальному процесі інноваційні технології у ХНЕУ ім. С. Кузнеця	291
<i>Савченко М.Ф., Панамарьова О.Б., Савченко М.М.</i> Розробка мобільних імпульсних пристроїв для дистанційного гасіння пожежі	293
<i>Саласюк А.Ю., Трус І.М.</i> Екологічна сертифікація в Україні.....	295
<i>Серпухов М.Ю., Димерцов Д.О., Новіков Ф.В.</i> STEM освіта, як альтернатива допомоги школярам при вивченні фізики.....	297

<i>Северін О.Ю., Плєснецов С.Ю., Плєснецов Ю.О.</i> Аналіз стоншення металу при виробництві гнутих профілів.....	299
<i>Смагрович О.А., Оргіян О.А.</i> Вимірювання характеристик жорсткості верстатів	301
<i>Степанов М.С., Літовченко П.І., Мироненко О.Л., Іванова Л.П, Іванова М.С.</i> Визначення температури поверхонь шліфувальної бабки, що змінюється в залежності від теплового стану технологічних рідин.....	302
<i>Стойшич Б., Бондаренко М.О.</i> Вдосконалення електротранспорту на основі гібридизації	304
<i>Стрельчук Р.М.</i> Аналіз сил різання при електроерозійному шліфуванні зі змінною полярністю електродів	305
<i>Ступницький В.В., Ємелін М.</i> Формування параметрів мікрогеометрії та якості поверхонь деталей в процесі їх механічного оброблення.....	307
<i>Ступницький В.В., Березюк Д.</i> Розрахунок мікропрофілю поверхні, отриманої в результаті чистового точіння з врахуванням коливань різального інструменту	309
<i>Субботін О.В., Колупаєв І.М., Білозеров В.В., Субботіна В.В.</i> Підвищення ресурсу деталей машин мікродуговим оксидуванням	311
<i>Сударіков С.О.</i> Система управління енергією в теплицях з використанням інтелектуальних методів.....	312
<i>Tonkonoguyi V.M., Buchka Y.V., Larshin V.P., Gushchin A.M., Yaroshevskiy O.M., Tselikova A.S.</i> Adaptive mechatronic mechanism module	314
<i>Титюк І. М., Оргіян О.А.</i> Визначення типових завдань дослідження нестационарних динамічних систем верстатів	316
<i>Тіхенко В.М., Булгак К.П.</i> Шляхи підвищення ефективності приводів подач спеціальних металорізальних верстатів	317
<i>Тіщенко А.В.</i> Удосконалення автоматизованої системи управління листоправильної машини на основі використання нейронної мережі.....	319
<i>Yaroslav Tkachenko, Vladyslav Demianchuk</i> Use of the latest technologies to improve quality and reduce the use of resources in enterprises	321
<i>Трач Б.В., Фешанич Л.І.</i> Роль фаззи-логіки у прийнятті торговельних рішень: переваги та обмеження.....	322
<i>Третьяк В.В., Близнюк О.О.</i> Можливості формування елементів тп за допомогою структурно-аналітичного методу розпізнавання подоби в САПР ТП	324
<i>Третьяк Т.Є., Шелковий О.М., Мироненко О.Л., Мироненко С.О.</i> Розробка комп'ютерної програми «Дослідження якісних показників невольвентних зубчастих зачеплень».....	326

<i>Тришевський О.І., Кононенко Ю.С., Кононенко Я.С.</i> Технологія проектування інструменту для виготовлення гофрованих профілів способом осадки хвилястої заготовки.....	328
<i>Тулупов В.І., Онищук С.Г.</i> Технологічне забезпечення життєвого циклу виробів комбінованими методами оброблення.....	331
<i>Турченко Д.А., Дегтярьов І.М.</i> Удосконалення технологічного процесу виготовлення шнека, що подає шляхом інтенсифікації оброблення канавок на комплексній з ЧПК операції	333
<i>Федін В.М., Трус І.М.</i> Використання новітніх технологій отримання біогазу в Україні шляхом переробки органічних відходів.....	334
<i>Сергій Федорченко, Володимир Квасніков</i> Зір робіт на основі стробоскопічного ефекту.....	337
<i>Фролов М.М., Баланюк Г.В.</i> Експериментальне дослідження параметрів пристосування при підрізуванні торців методом врізання.....	338
<i>Фролов В.К., Лапковський С.В., Гладський М.М., Данилова Л.М.</i> Розмірний аналіз верстатного маніпулятора	340
<i>Хавін Г.Л., Хоу Чживень</i> Аналіз зміни форми вершини інструменту при різанні полімерних композиційних матеріалів	342
<i>Халупко І.С., Бондаренко М.О.</i> Підвищення зносостійкості електричних контактів високоточних мікроприводів	344
<i>Холява І.В., Фешанич Л.І.</i> Створення сучасного SCADA/НМІ продукту із застосуванням новацій Industry 4.0 та ІІОТ	346
<i>Худяк О.В., Фешанич Л.І.</i> Використання нейро-нечіткої мережі для удосконалення системи автоматизації процесу очищення вуглеводневих газів	347
<i>Царук В.Ю., Яровий Ю.В.</i> Класифікація верстатів з ЧПК	349
<i>Цивінда Н.І., Кіяновський М.В., Журавель О.Г., Зуєв І.О.</i> Аналіз критеріїв стійкості різального інструменту в умовах обробки деталей гірничо-металургійного обладнання.....	351
<i>Цивінда Н.І., Пікільняк А.В., Зуєв І.О.</i> Аналіз впливу пружнодемпфуючих властивостей елементів інструментальної системи верстата при обробці важкооброблюємого матеріалу на стійкість інструменту	353
<i>Чалий О.В.</i> Вплив теплових градієнтів на корекцію геометрії координатно-вимірювальної машини	355
<i>Черевко Д.Р.</i> Розробка технологічного обладнання для вивчення динамічних характеристик приводів системи керування в контексті перспективних технологій та виробничих процесів майбутнього	357

<i>Чумаченко Т.В., Морозов Ю.О., Дерев'янченко О.Г., Ніколаєва Т.В., Пасєка І.В.</i> Аналітичне та експериментальне визначення температури поверхні при шліфуванні сталі 12Х2Н4А.....	358
<i>Шаповал Д.С., Кравченко О.С.</i> Користування сучасними технологіями у сфері фізичної культури та спорту.....	360
<i>Шевченко В.В., Іскович-Лотоцький Р.Д.</i> Особливості взаємодії струменя рідини з ґрунтом в палезануруючих пристроях.....	362
<i>Шевченко С.М., Реброва О.М., Терлецький О.С., Протасенко Т.О.</i> Дослідження впливу режимів термічної обробки в технології комплексного іонного азотування на структуру і властивості інструментальної сталі	364
<i>Шевченко С.М., Степанов М.С., Новіков Ф.В., Дитиненко С.О.</i> Дослідження впливу алмазного та алмазно-іскрового шліфування на макронапруження поверхневого шару інструментальних сталей	365
<i>Шевчук Д.В.</i> Електролізери в ролі еколого-енергетичних нетрадиційних технологій	366
<i>Шелест В.Р., Міхеєнко Д.Ю.</i> Розробка програмного комплексу для обслуговування клієнтів автозаправної станції.....	367
<i>Шост В.В., Бондаренко М.О.</i> Вплив поверхневих артефактів на точність вимірювання методом атомно-силової мікроскопії.....	369
<i>Шпак Є.М.</i> Релейник захист кола замикання асинхронного двигуна.....	370
<i>Юцік В.О., Міхеєнко Д.Ю., Кравченко В.І.</i> Прогнозування споживання електричної енергії з використанням нейронних мереж.....	372
<i>Яковенко І.Е., Восков М.В.</i> Моделювання багатоінструментальної обробки на спеціальному технологічному обладнанні	374

НОВІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

(Матеріали міжнародної наукова-технічної конференції,
6-7 грудня 2023 року, м. Одеса)

Редактори Новіков Ф.В.
 Яровий Ю.В.

Здано у друк 09.12.2023
Формат 60×84
Бумага типографська
Друк офсетний. Уч. др. л. 22,49
Тіраж 100 прим.