



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
КАФЕДРА ЮНЕСКО «АДАПТАЦІЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДО
ПРОБЛЕМ ПЕРСПЕКТИВНОГО НАВЧАННЯ І СУСПІЛЬНОГО ПРОЦЕСУ»
ТОВ ХК «MICRON»
ПАТ «ОДЕСЬКИЙ КАБЕЛЬНИЙ ЗАВОД «ОДЕСКАБЕЛЬ»
ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР «ВАРІУС»
ТОВ «ІМПЕРІЯ МЕТАЛІВ»

НОВІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

Матеріали міжнародної науково-технічної конференції

24-25 листопада 2022 року

Одеса – 2022

Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні :
Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 24-25 листопада 2022 р., м. Одеса. – Одеса: Національний університет «Одеська політехніка», 2022. – 156 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 матеріалообробці
- 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 Прогресивні технології безпеки праці.

Матеріали представлені в авторській редакції.

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

Галина ІЛЬНИЦЬКА, Валерій ЛАВРІНЕНКО,
Володимир СМОКВИНА

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
Київ, Україна

МОНОГРАФІЯ: «АЛМАЗИ ДЛЯ ШЛІФУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ, ОТРИМАНІ В РІЗНИХ СИСТЕМАХ» – СУЧАСНИЙ НАУКОВИЙ ПОСІБНИК ДЛЯ ФАХІВЦІВ У АЛМАЗНО-АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ

У ювілейний рік 60-ти річчя Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України і до 60-ти річчя випуску першої промислової партії синтетичних алмазів в Україні у 2021 році у видавництві «Наукова думка» в рамках проекту НАН України «Наукова книга» видана монографія «Алмази для шліфувального інструменту, отримані в різних системах» за редакцією доктора технічних наук, професора В.І. Лавріненка. Автори монографії *Ільницька Г.Д., Лавріненко В.І., Смоквина В.В.* узагальнили сучасні уявлення у особливостях алмазів саме для процесів алмазного шліфування, з яких у свій час і почалося впровадження синтетичних алмазів у промисловість.



Для процесів алмазно-абразивної обробки в машинобудуванні застосовуються переважно шліфпорошки алмазів з діапазону марок невеликої міцності АС6–АС20. А ось тут, коли ми беремо конкретну марку алмазів, наприклад АС6, то відразу виникає оманливе судження – для одної марки алмазів всі алмази однакові. А насправді синтетичні алмази однієї марки зовсім не є однаковими, адже вони можуть бути синтезовані у різних ростових системах. Тобто, перед виготовленням алмазного круга, треба розібратися, які саме алмази ми застосовуємо: в якій системі вони синтезовані, скільки домішок і включень в них, які їх магнітні властивості, є вони сумішшю, чи це вже є відібрані алмази. Крім того, ці алмази є пористими, містять певну кількість включень і домішок і саме ці алмази можуть піддаватися термообробці, причому у алмазів із більшим вмістом домішок ефект у підвищенні міцності алмазних зерен буде більшим, адже у них існує можливість в залежності від кількості, виду домішок і включень в алмазі змінювати поверхневий елементний склад алмазів і заліковувати тріщини.

В монографії саме і наведені у концентрованому вигляді основні відомості про особливості та фізико-механічні характеристики алмазів, синтезованих в системах *Ni-Mn-C* и *Fe-Si-C*, їх домішковий склад, а також наведені рекомендації по спрямованому вибору таких алмазів в шліфувальному інструменті для обробки ними інструментальних та композиційних матеріалів в машинобудуванні.

В монографії подано вплив об'ємних дефектів на фізико-механічні характеристики синтетичних алмазів, отриманих в різних системах. Наведено відомості про зміну фізико-механічних і фізико-хімічних характеристик синтетичних алмазів після поділу в магнітних і електричних полях та її вплив на зносостійкість шліфувального інструменту. Показане дослідження умов спрямованого теплового впливу на зміну фізико-механічних властивостей алмазних зерен та їх зносостійкість у шліфувальних кругах. Наведено рекомендації щодо ефективного застосування природної дефектності синтетичних алмазів у шліфувальному інструменті.

Крім того, в даній праці розглянуті сучасні дослідження в процесах алмазно-абразивної обробки з точки зору матеріалознавчих підходів. Показана необхідність врахування процесів взаємодії між абразивним і оброблюваним матеріалом, вплив елементів оброблюваного матеріалу на знос абразивних зерен, важливість класифікації алмазів за формою, особливо у широкому діапазоні їх міцності. Наведено особливості застосування CVD-алмазів та заходи для необхідної зміни граничної зони алмаз-зв'язка для покращення утримання зерен. Проведено оцінювання частки енергії тертя в абразивному процесі для різних оброблюваних інструментальних матеріалів та запропоновано шляхи зменшення тертя при шліфуванні алмазними кругами, насамперед зменшення тертя на поверхні зв'язки алмазних кругів.

Автори висловлюють щиру вдячність рецензентам за доброзичливі критичні зауваження, що сприяли поліпшенню змісту монографії: доктору технічних наук, професору Є.О. Пащенко та доктору технічних наук, професору В.С. Антонюку, 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 роботи.

Автори також вдячні співробітникам Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України: докторам технічних наук Шульженку О.О. та Петасюку Г.А., докт. фіз.-мат. наук Ткачу В.М., кандидатам технічних наук Боримському О.І. та Пасічному О.О. за допомогу в проведенні та обговоренні експериментів.

Монографія призначена для наукових та інженерно-технічних працівників, що працюють в області створення, виробництва та застосування алмазів для абразивної обробки інструментальних та композиційних матеріалів в машинобудуванні, а також автори мають надію, що вона буде корисною для викладачів, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів.

ESPRIT ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА



ESPRIT® – потужна, повнофункціональна САМ-система для програмування, оптимізації та симуляції обробки на верстатах із ЧПУ, що повністю підтримує виробничий процес. Сертифіковані постпроцесори забезпечують отримання оптимального G-коду, а програмний інтерфейс програми відкриває широкі можливості автоматизації праці технолога-програміста. Найвищий рівень технічної підтримки дозволяє освоїти систему швидко та використовувати її у різних галузях промисловості.

Високопродуктивна обробка

Програмування фрезерної обробки від 2 до 5 осей.

Програмування токарної обробки від 2 до 22 осей.

Програмування для роботи на електроерозійному верстаті від 2 до 5 осей.

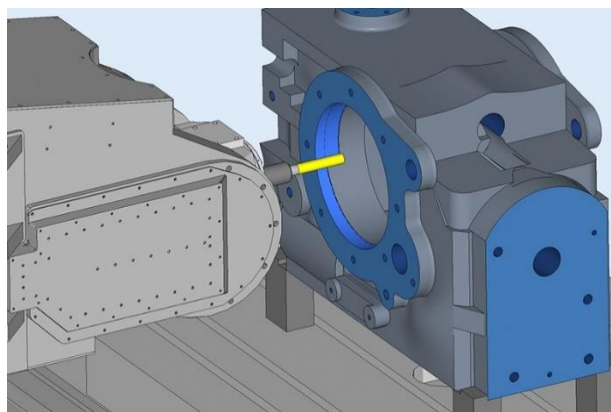
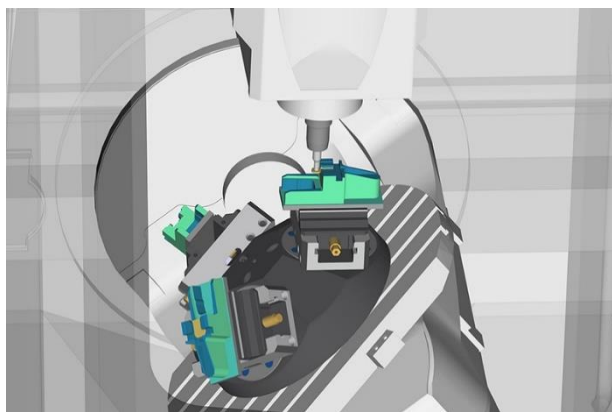
Високошвидкісна одночасна 3-, 4- та 5-осьова траєкторія.

Токарне обладнання швейцарського типу, токарно-фрезерні верстати, верстати із віссю В, а також багатозадачні верстати.

ESPRIT – це єдина САМ-система, яка Вам знадобиться!

Потужна, повнофункціональна САМ-система.

ESPRIT® – це високопродуктивне програмування, оптимізація та симуляція обробки на верстатах із ЧПУ, що підтримує виробничий процес загалом, починаючи від САD файлу та закінчуючи готовою деталлю.

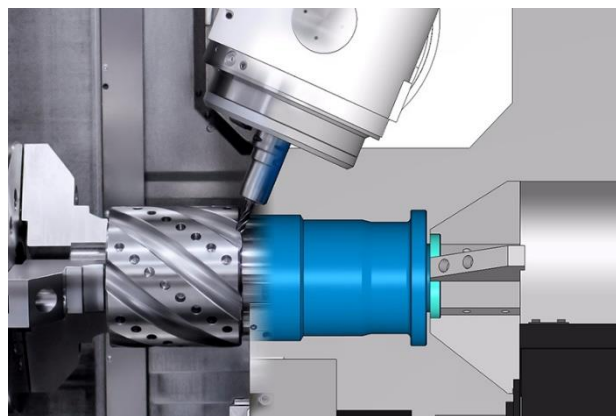
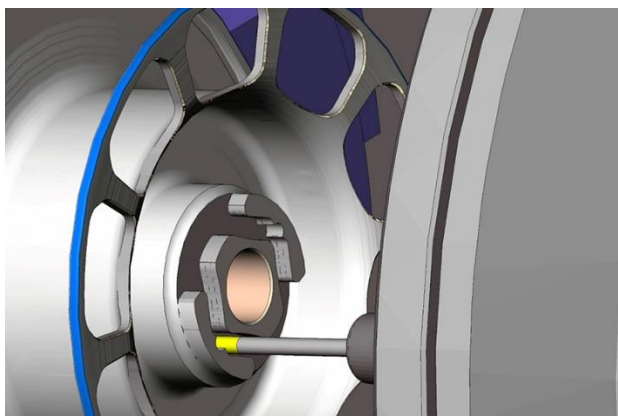


Технічна підтримка світового класу

За допомогою цифрового обладнання ESPRIT® – моделі верстатів, емулятори контролера та постпроцесори – система забезпечує точну симуляцію та

отримання оптимального G-коду. Сертифіковані постпроцесори доступні для Ваших верстатів, що дозволяє отримати вільний для редагування G-код, щоб Ви могли повною мірою використовувати Ваші інвестиції в обладнання.

Глобальні тренінги, консультації та сервіс для програмування допомагають швидко розпочати роботу. Спеціалізовані інженери ESPRIT зроблять все, щоб Ви продовжували працювати з максимальною ефективністю. Наші фахівці виходять за рамки програмного забезпечення, щоб розуміти та підтримувати всі Ваші процеси, а також робочий процес та обладнання загалом.



Автоматизована платформа та інжинірингові сервіси

ESPRIT® вирішує унікальні завдання з індивідуально адаптованими рішеннями для автоматизації та програмами, створеними з використанням програмного забезпечення API. Скористайтеся можливостями ESPRIT® через API, щоб усунути завдання, що повторюються, забезпечити більш високий ступінь автоматизації та полегшити потік даних у САМ систему та з неї.

«Єдиний спосіб, який може допомогти компанії досягти успіху у виробництві, це використання передових технологій і рішень, таких як ESPRIT®, що дає нам можливість конкурувати».

– Кевін Рід, генеральний директор компанії «Innovative Mounts».



Новіков Г.В.
Науковий центр НТК «Ельбор», Харків, Україна

НОВІ НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА

Видавництвом «Ліра» (м. Дніпро) у цьому році видано навчальний посібник: Техніко-економічне обґрунтування сучасних технологій виробництва: навчальний посібник / Ф.В. Новіков, Д.Ф. Новіков, О.А. Єрмоленко, В.О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. 256 с.



Навчальний посібник призначено для студентів інженерних та економічних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також для фахівців і керівників підприємств, які підвищують свою кваліфікацію. У ньому розглянуто сутність та призначення техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) сучасних технологій виробництва та основні методи його виконання. Наведено основні поняття та визначення операційної діяльності виробничого підприємства, приклади проведення ТЕО для різних технологічних процесів та технологічних операцій виготовлення продукції виробничих підприємств. Обґрунтовано основні напрями розвитку технологій. Значну увагу приділено аналізу високих технологій (нанотехнологій, інформаційних технологій, робототехніки, штучного інтелекту, 3D-принтерів, процесорів, соціальних технологій тощо) та можливостей їх застосу-

вання під час виконання ТЕО та вибору найкращих варіантів технологічних рішень. Показано, що високі технології підкоряються інноваційному розвитку, який визначається неперервним процесом якісних змін у структурі виробництва або соціальної сфери у результаті створення, застосування та розповсюдження нових знань, машин, технологій.

Зазначено, що на сучасному етапі розвитку виробничих підприємств важливо під час їх модернізації застосовувати високопродуктивні верстати із числовим програмним управлінням типу «обробний центр», які дозволяють за один установ заготовки отримати готову високоточну складнопрофільну деталь. Це забезпечує підвищення продуктивності оброблення до 10 разів та приблизно у стільки ж разів зниження трудомісткості та собівартості оброблення, що відкриває нові технологічні можливості виготовлення конкурентоспроможної виробничої продукції. Виходячи із цього, у навчальному посібнику наведено нові методи виконання ТЕО для ефективного здійснення модернізації виробничих підприємств. На їх основі розроблено високопродуктивні технологічні процеси механічного оброблення деталей машин, які знайшли застосування в операційній діяльності виробничих підприємств.

Значну увагу приділено техніко-економічному обґрунтуванню доцільності здійснення модернізації виробничого підприємства сучасними технологіями та обладнанням із урахуванням вимог соціально відповідального маркетингу, який визначає умови та напрями довгострокового розвитку підприємства та виведення його на рівень отримання прибутку завдяки виконанню всіх вимог замовника й дотримання нормативної бази держави та із урахуванням інтересів суспільства. На конкретних прикладах показано значний позитивний вплив результатів модернізації виробництва із застосуванням інноваційних інструментаріїв операційної діяльності підприємства на його техніко-економічні показники.

У навчальному посібнику показано, що на основі виконаного ТЕО слід провести порівняння запропонованих декількох варіантів технологічних заходів за економічною ефективністю та вибрати найкращий варіант, що забезпечує найменшу собівартість, найменший строк окупності або інші найкращі техніко-економічні показники. Для більш глибокого аналізу напрямів підвищення ефективності застосування технологічних процесів та технологічних операцій виготовлення промислової продукції важливо провести аналітичні дослідження їх техніко-економічних показників, особливо собівартості, яка, в першу чергу, визначає конкурентоспроможність продукції. Тому у навчальному посібнику наведено аналітичні дослідження собівартості виробництва продукції та умов її зменшення. Запропоновано нові математичні моделі визначення собівартості обробки деталей машин та проведено на їх основі оптимізацію параметрів технологічних процесів, що має важливе значення під час виконання ТЕО та вибору раціональних технологічних процесів для проведення модернізації виробничих підприємств. На цій основі розроблено практичні рекомендації відносно подальшого розвитку теоретичних підходів до техніко-економічного обґрунтування сучасних технологій виробництва підвищення ефективності операційної діяльності виробничих підприємств України.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ

У виробництві авіаційних і ракетних двигунів є необхідність отримання отворів різного діаметру, форми, вимог по точності і призначення. Отвори можуть бути глухими і наскрізними, циліндричними, конічними, складної форми, ступінчастими, з канавками (під ущільнення, стопорні елементи і технологічними для виходу кола) і т.д. Обробка такого різноманіття отворів, вимагає різних підходів, використання широкої номенклатури універсальних і спеціальних інструментів. Основними операціями обробки отворів, виконуваних на верстатах свердлильно-розточної групи, є:

– свердління, що використовується для попереднього або остаточного отримання отворів в суцільному матеріалі;

– зенкування, застосовується для збільшення розмірів отвору і виправлення помилок форми і положення попередньо просвердлених отворів. Спеціальними зенкерами (зенковки, циковки, зрізками) виконують обробку конічних і східчастих елементів отворів, наприклад «потаємних» гвинтів, болтів і торцевих поверхонь, що прилягають до отворів;

– розточування, тобто обробка отвору різцями. Використовується для отримання отворів складної конструкції, що мають ступені, фаски, канавки, елементи з криволінійною твірною. Крім того, розточування широко використовують для обробки точних циліндричних отворів великого діаметру і систем отворів з високими вимогами по взаємному розташуванню;

– розгортання, застосовують для отримання точних циліндричних або конічних отворів. Необхідна точність досягається багатолезовим інструментом - розгорткою. Розгортка є багатозубий інструмент, виготовлений з високою точністю, що має калібруючу частину;

– поверхневе пластичне деформування (розкочування, вигладжування) використовується для отримання необхідних властивостей поверхневого шару (шорсткості, залишкових напружень стиску, ступеня і глибини зміцнення) і калібрування отворів.

Глибокими називаються отвори, в яких довжина в 5 та більше разів перевищує діаметр. Свердління глибоких отворів представляє значні труднощі, пов'язані з відхиленням осі отвору, складністю охолодження свердла і виведенням стружки [1, 2]. Воно може виконуватися: з обертанням свердла і його подачею; з обертанням деталі та подачею свердла; з обертанням деталі та свердла в протилежних напрямках.

Основним недоліком першого методу є відведення свердла, яке може бути викликано несиметричною заточкою ріжучих крайок, неоднорідністю оброблюваного матеріалу і іншими причинами. Для виведення стружки, щоб уникнути

поломки свердла, доводиться періодично виводити інструмент з отвору, що знижує продуктивність [6].

Суттєвого зменшення відведення свердла можна досягти свердлінням на горизонтально-свердлильних верстатах, коли обертається деталь, а подача здійснюється свердлом [3, 4]. Ще менше відведення осі спостерігається під час свердління глибоких отворів з одночасним обертанням інструменту і деталі в протилежних напрямках [6].

Спеціальні методи (системи) глибокого свердління використовують для отримання отворів діаметром більше $10D$. Для свердління глибоких отворів використовуються свердла спеціальної конструкції, схеми обробки забезпечують дроблення стружки, внутрішнє охолодження і видалення останньої потоком охолоджуючої рідини. Вибір того чи іншого інструменту і системи свердління залежить від діаметра і глибини оброблюваного отвору.

Отвори глибиною до $100D$ отримують трьома основними методами:

- «гарматними» свердлами;
- ежекторними свердлами;
- свердлами системи STS (BTA).

Для обробки точних отворів на оздобно-розточувальних верстатах зазвичай використовуються розточні інструменти одностороннього різання (ІОР). При цьому без зниження точності обробки значно підвищується продуктивність за рахунок підвищення жорсткості ІОР, а також визначеності їх базування і напрямку. Вивчені динамічні взаємодії крутильних і згинних коливань.

ЛІТЕРАТУРА

1 Пестунов В.М., Бабич В.М. Вирішення проблем глибокого свердління нетрадиційними методами. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, 2012, вип. 25, ч.І. С. 124-134.

2 Обработка глубоких отверстий / Н.Ф. Уткин, Ю.И. Кижняев. С.К. Плужников и др.; под общ. ред. Н.Ф. Уткина. Л.: Машиностроение, 1988. 269 с.

3 Немцев І.Л., Шаманин Л.Л., Кижняев Ю.И. Переоборудование и оснащение универсальных токарно-виторезных станков для обработки глубоких отверстий // Металлообработка. 2006. № 3. С. 5-6.

4 Модернизация и оснащение глубоководного станка модели РТ182С для обработки глубоких точных отверстий диаметром 50-120 мм / Ю.И. Кижняев. Б.А. Немцев, Д.Л. Крупкин, В.Г. Патяк // Металлообработка. 2010. № 5. С. 37-48.

5 Иванов К.М., Яковлев П.Д., Яковлев С.П. Исследование возможности управления уводом при глубоком сверлении отверстий малых диаметров повышенной относительной длины. Обработка металлов резанием №3(93)/2016. С. 8-15.

6 Яковлев П.Д., Яковлев С.П. Разработка алгоритма управления уводом оси при глубоком сверлении отверстий малых диаметров повышенной относительной длины // Проблемы механики современных машин: материалы VI Междунар. конф. Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ. 2015. Т.2. 324 с. С. 267-272.

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ВОДОКІЛЬЦЕВИХ ВАКУУМНИХ УСТАНОВОК НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Як енергетичне джерело вакууму на сучасних промислових виробництвах використовуються вакуумні насоси різних типів. Їхні робочі параметри, і в першу чергу продуктивність, визначають стабільність і величину робочого розрідження в виробничих процесах різних галузей господарювання.

В результаті аналізу потенційних можливостей методів і технічних засобів створення розрідження встановлено, що найпоширенішими і перспективними в наш час є водокільцеві вакуумні насоси.

Принцип дії водокільцевих насосів заснований на обертанні ексцентрично розташованого ротора в корпусі.

Гідністю водокільцевих насосів є відсутність тертьових деталей і малий рівень шуму. Їхня конструкція проста, зношування зазнають тільки вал, підшипники й ущільнення вала. Тому ці машини довговічні в роботі. Вони мають відносно малі габарити й менш чутливі до порушень зазорів і посадок.

Перспективними моделями вважаються насоси багаторазової дії. Вони, на відміну від машин однократної дії, можуть мати більшу кількість камер, що всмоктують і нагнітальних вікон. Теоретичні розрахунки показують, що продуктивність насосів подвійної дії може бути збільшена в 1,5...2,0 рази при тому ж розмірі й вазі.

Ефективність використання водокільцевих вакуумних машин визначається цілим комплексом конструктивних факторів і технологічних параметрів їх роботи.

У водокільцевом насосі застосовують підшипники кочення й сальники торцевого типу. Причому потужність, затрачувана на подолання тертя в сальниках і підшипниках, не перевищує 1 ... 1,5 % ефективної потужності на валу насоса. Тому можна вважатися, що ефективна потужність на валу насоса складається з потужності, затрачуваної на подолання тертя при русі рідини в безлопатковому просторі й потужності, затрачуваної на подолання тертя при русі рідини в колесі й на вхід і вихід рідини з нього.

З основних конструктивних факторів можна виділити: відносний ексцентриситет, відносний зазор, відносний радіус лобовини, відносна ширина, кут нахилу лопаток, число лопаток.

Досвід застосування водокільцевих вакуумних насосів показав, що головними параметрами, що найбільше впливають на продуктивність і термін служби

вакуумних установок є: величина зазору між торцевою площиною колеса і лобовиною вакуумного насоса; витрата, тиск і температура води, що надходить у насос; протитиск на нагнітаючій стороні машини; обсяг водозбірника.

Найбільш істотний вплив на продуктивність і термін служби насосів робить зазор між ротором і лобовиною. При його збільшенні до 17 % від номінального продуктивність зменшується на 21 ... 25 %, а при збільшенні до 45 % – на 65 ... 70 %.

Негативним моментом в експлуатації даних установок, є підвищення температури живильної води, яка під час тривалої експлуатації може досягати 70 °С і вище.

При підвищенні температури води до 70 °С тиск пари води стає рівним тиску в рідині, що спонукає до часткового скипання поверхневого шару рідинного кільця, і як наслідок – значному падінню подачі.

Розглянуте явище суттєво (до 70 %) знижує продуктивність вакуумного обладнання.

Для усунення цього недоліку в установках міняють воду. Це приводить до підвищеного відкладення накипу на робочих поверхнях насоса, що знижує його надійність, і додаткові витрати води.

Виконані дослідження щодо застосування робочих рідин з в'язкістю більшою, ніж в'язкість води показали, що це приводить до зменшення продуктивності і збільшенню споживаної потужності, затрачуваної на обертання кільця.

Відмінною рисою водокільцевих вакуумних насосів є практично постійне, незалежне від створюваного вакууму, значення споживаної приводом потужності.

Це обумовлено тим, що до 60 % потужності витрачається на переміщення рідини в насосі і лише 20 ... 25 % на перекачування повітря. При збільшенні продуктивності насосів суттєво зростають витрати енергії. У окремих типів водокільцевих насосів при робочому вакуумі, рівному 50 кПа, питомі енерговитрати їх становить 3 ... 4 кВт/(м³/хв), то при 75 кПа – 6 ... 9 кВт/(м³/хв), тобто в 2 рази більше.

Збільшення частоти обертання робочого колеса не дає належного ефекту. Теоретична продуктивність насоса зростає прямопропорційно збільшенню кутової швидкості робочого колеса. Однак, продуктивність зростає повільніше, ніж кутова швидкість.

Потужність, затрачувана на обертання рідинного кільця, має кубічну залежність від кутової швидкості ротора, в той час як потужність стискання прямо пропорційна кутової швидкості.

Із всього вище сказаного слідує, що тільки у випадку оптимізації всього комплексу факторів буде досягнута ефективна робота водокільцевих вакуумних установок.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МУФТ ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Муфти зчеплення транспортних засобів застосовуються для передачі крутного моменту двигуна, тимчасового від'єднання двигуна від трансмісії і плавного їх з'єднання. Така необхідність виникає при рушанні з місця, перемиканні передач, короткочасної зупинки машини, а також при отриманні малих (повзучих) швидкостей.

Зчеплення встановлюють між двигуном і коробкою передач. Зчеплення повинне:

- надійно передавати крутний момент двигуна механічної трансмісії, забезпечувати повне включення і виключення;
- плавно включатися з поступовим наростанням моменту тертя і підтримувати його постійним у включеному положенні.

Тяжкі умови роботи фрикційної пари зчеплення викликають появу різного роду дефектів:

- жолоблення й тріщини;
- досить різкі зміни структури, хімічного складу й властивостей поверхневого шару;
- нестабільний коефіцієнт тертя й значне зношування накладок веденого диска.

У складному процесі зношування деталей машин первинним фактором є механічні навантаження, що діють у поверхневих шарах і визначають поведінку металу. Ці навантаження викликають пружні й пластичні деформації, фізико-механічні зміни й різні види руйнування поверхневих шарів металів.

Основними дефектами провідних дисків муфт зчеплення тракторів і автомобілів що надходять у ремонт є тріщини у вигляді сітки, кільцеві виробітки і жолоблення.

Дефектом, що лімітує надійність провідних елементів фрикційної пари, є поверхневі тріщини, розмір яких буває різним: ширина – від 0,01 до 3 і більше міліметрів; глибина – від 0,1 до 5 і більше міліметрів. Тріщини орієнтовані на поверхні в радіальному напрямку й в ослаблених місцях можуть бути наскрізними.

Для виготовлення провідних дисків зчеплення транспортних засобів широко застосовуються сірий чавун марок СЧ18, СЧ21, СЧ25.

Відомо, що малі навантаження в чавуні (до 10 Па/мм²) приводять до залишкових навантажень. Тому розтріскування поверхні диска пов'язано, в основному, з нагромадженням деформацій від дотичних напружень, які мають місце при повторних і поступово діючих силах у процесі експлуатації.

Для підтвердження цього припущення проводився ряд експериментів. Вивчалися проміжні й натискні диски муфти зчеплення двигуна Д-242-71, виготовлені із сірого чавуну СЧ18.

Виміри твердості виявили деяке її збільшення по поверхні дисків після їхньої експлуатації в порівнянні з новими. Так, у дисків, що відпрацювали 2300 мото/годин твердість складала 230 ... 275 НВ, а в нових – 170 ... 240 НВ, що свідчить про наклеп поверхні.

Механічні, фрикційні властивості і зносостійкість сірих чавунів залежать від їхнього хімічного складу, властивостей металевої основи та від кількості, форми та розмірів графітних включень.

Через те, що міцність графіту незначна – в першому наближенні графітові включення можна розглядати як порожнечі, появам тріщин у чавуні сприяє не тільки те, що чавуни погано працюють на розтягування, але й те, що графіт є концентратором навантажень.

Аналіз фізико-механічних процесів, що відбуваються на робочих поверхнях провідних елементів зчеплень, показав, що в процесі роботи в поверхневих шарах протікають невід’ємні процеси, що приводять до їхнього руйнування.

Зміни в системі металу поверхневого шару визначаються цілим рядом параметрів, найпоширенішими з яких є глибина й ступінь наклепу.

Важливою характеристикою якості поверхневого шару, значною мірою, яка визначає надійну роботу деталей у заданих умовах експлуатації, є залишкові навантаження, що виникають у процесі обробки.

Утворення залишкових навантажень в робочому шарі чавунних деталей муфти зчеплення транспортних засобів можливо досягти при додатковій поверхнево-пластичній обробці при їх виготовленні.

Найпоширенішим способом зміцнення пластичним деформуванням поверхні є обкатування деталей роликками.

При уплотненні обкатуванням підвищується твердість поверхні, з’являються стискаючі навантаження, збільшується втомлювальна міцність деталей. Зіставлення епюр навантажень з відповідними графіками розподілу твердості в поверхневому шарі деталей, які пройшли обкатку показує, що найбільш деформований шар металу в поверхні не є найбільш напруженим. Поблизу поверхні відзначається спад навантажень. Зі збільшенням сили обкатування збільшуються товщина шару зі стискаючими навантаженнями й глибина розташування їхнього максимуму. Навантаження ж у поверхневому шарі спочатку збільшуються, потім починають зменшуватися.

Збільшення радіуса профілю ролика при збереженні інших режимів обкатування викликає деяке зменшення товщини шару зі стискаючими навантаженнями й глибину розташування їхнього максимуму, але разом з тим приводить до зростання навантажень у зоні максимуму на поверхні.

Підвищення механічних властивостей робочих поверхонь за рахунок проведення відповідних технологічних операцій дозволить у значній мірі запобігти їх руйнуванню при експлуатації.

УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВХІДНОГО КОНТРОЛЮ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА У ДИЛЕРІВ ЗАВОДІВ–ВИГОТОВЛЮВАЧІВ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ СЕРВІСНИХ ЦЕНТРАХ

Аграрне виробництво продовжує залишатись не лише одним з базових у промисловому комплексі України, а й з урахуванням її сировинних ресурсів та умов регіонального розташування, займає особливе місце.

Забезпечення аграріїв сучасною технікою – це цілеспрямована діяльність спеціалізованих структур, метою яких є виготовлення й поставка обладнання підприємствам, необхідного якості й з найменшими витратами. Такими спеціалізованими структурами є заводи-виготовлювачі і їхні дилери.

У теперішній час, роботи з передпродажного й гарантійного обслуговування в більшості випадків здійснюють авторизовані дилери заводів-виготовлювачів у спеціальних сервісних центрах.

Паралельно існує багато структур, що поставляють техніку підприємствам без проведення вхідного контролю якості й передпродажного обслуговування, що негативно позначається на технічному стані машин у процесі їхньої експлуатації. Придбання машин у таких компаніях спричиняє підвищені витрати на використання, ремонт, технічне обслуговування й простої машин.

Вхідний контроль є суттєвим елементом, що впливає на визначення стану машин, обладнання, вузлів і деталей, що надходять до інженерних служб аграрних підприємств. Якість вхідного контролю залежить від таких факторів як: наявність нормативно-технічної документації, забезпеченість виконавцями вхідного контролю, рівень кваліфікації виконавців, наявність контрольованого встаткування, рівня охопту параметрів, що перевіряються, обсяг вибірки при контролі.

Для визначення впливу вищенаведених факторів на рівень якості вхідного контролю були проведені дослідження під час яких, задавались умовою: для визначення численного значення ймовірності впливу окремого фактору на показник якості вхідного контролю приймається, що ймовірність наявності інших факторів дорівнює 100 відсоткам.

За допомогою метода статистичного аналізу експертних оцінок на основі даних постачальників сільськогосподарської техніки було встановлено: відсутність НДТ зменшує якість перевірки сільськогосподарської техніки до 20 %; недостача чисельності персоналу до 30 % знижує якість перевірки техніки; некваліфіковані виконавці до 40 % знижують якість перевірки; зниження обсягу вибірки виробів з партії зменшує якість поставки техніки до рівня допуску поставок бракованої продукції виготовлювачем і становить 50 %; охопту перевіркою параметрів виробу веде до зниження якості перевірки сільськогосподарської

техніки до 60 %; відсутність необхідних контрольно-вимірювальних пристроїв і їхня низька якість веде до зниження якості перевірки сільськогосподарської техніки до 80 %.

Таблиця 1 – Результати дослідження, що характеризують якість вхідного контролю при різних значеннях факторів

Найменування показників якості вхідного контролю	Рівень впливу факторів на якість вхідного контролю, %	Рівень якості вхідного контролю (%) і значення показників якості										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Наявність НТД	20	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1
Забезпеченість виконавцями	30	0,7	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	1
Кваліфікація виконавців	40	0,6	0,64	0,68	0,72	0,76	0,8	0,84	0,88	0,92	0,96	1
Обсяги вибірки	50	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
Кількість перевіряємих параметрів	60	0,4	0,46	0,52	0,58	0,64	0,7	0,76	0,82	0,88	0,94	1
Наявність і якість вимірювальних пристроїв	80	0,2	0,28	0,36	0,44	0,52	0,6	0,68	0,76	0,84	0,92	1

Додатково проведені дослідження надали можливість визначити вплив зміни кожного фактору на рівень якості вхідного контролю. Виконані дослідження показують: кожний фактор має свою значимість (вагомність) у загальній структурі показників якості вхідного контролю. З них найбільш значимими факторами є – наявність і якість вимірювальних пристроїв, кількість параметрів, що перевіряються, і рівень охопту перевіркою виробів.

Для забезпечення необхідного контролю стану машин, обладнання, вузлів і деталей, що надходять до аграрних підприємств дилерським підприємствам необхідно вжити заходів для 100 % забезпечення вимірювальними пристроями діляниць вхідного контролю, збільшити кількість перевіряємих параметрів і обсяг вибірки об'єктів, що підлягають контролю.

Анісімов В.В.
Український державний хіміко-технологічний університет,
Дніпро, Україна
Анісімов В.М.
Український університет науки і технологій,
Дніпро, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Задача розрахунку режимів різання відома ще фактично з часів поширення масового виробництва, але повного вирішення цієї задачі немає і в наш час. Корінь проблеми полягає у відсутності повної математичної моделі процесу різання, тобто такої, яка б враховувала не тільки геометрію різального інструменту та механічні параметри матеріалу заготовки, а і його теплофізичні, триботехнічні, мікроструктурні характеристики та ін.

За час розвитку машинобудування вже зроблено багато кроків в напрямку визначення режимів різання. Зрозуміло, що на перших етапах мова йшла про емпіричні підходи, які досить швидко дозволили досягти уніфікації та надійного визначення режимів різання в межах окремого підприємства для вузької номенклатури продукції.

Протягом другої половини ХХ століття і до останнього часу домінуюче положення зайняв таблично-аналітичний метод визначення режимів різання, тобто такий, що базується на розрахунках за емпіричною формулою, дані для якої беруться із стандартних таблиць [1].

Такий спосіб вже довгий час задовольняє значну частину потреб машинобудівної промисловості, але тим не менш, має обмежену точність та обумовлюється табличними значеннями характеристик оброблюваного матеріалу та матеріалу заготовки.

В останні роки слід відмітити виникнення більш прогресивних підходів до розрахунку режимів різання, наприклад, за використанням методу скінченних елементів для розв'язання міцнісної частини розрахунків режиму різання [2].

Тим не менше, розглянуті підходи не дозволяють значно підвищити точність і розширити область застосування методик визначення режиму різання.

Одним з перспективних напрямків для суттєвого покращення наведеної ситуації могли б стати методи штучного інтелекту.

Основна відмінність підходів на базі штучного інтелекту полягає у тому, що він не вимагає чіткого математичного апарату, який би описував досліджуваний об'єкт.

В даному випадку таким математичним апаратом є недосконалі таблично-аналітичні методи визначення режиму різання. Дану відмінність представлено на рис. 1.

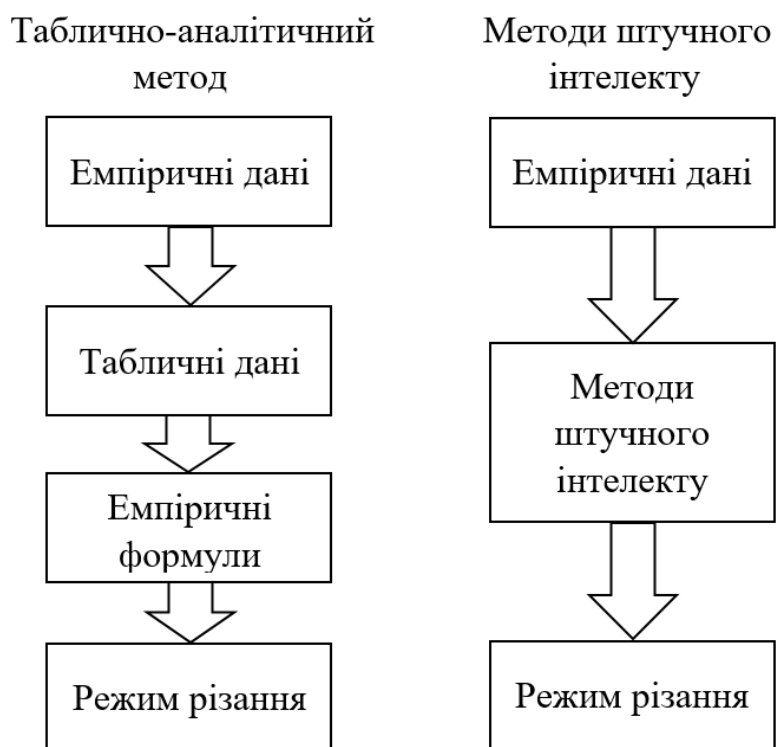


Рисунок 1 – Схеми розрахунку режимів різання: а – на базі таблично-аналітичного методу, б – на базі методів штучного інтелекту

Очевидно, що вихідними даними в обох методах є емпіричні дані, що потенційно обмежує екстраполяцію розрахунків, наприклад, на принципово нові матеріали.

Однак можна очікувати, що методи штучного інтелекту за наявності хоча б мінімальних даних зможуть дати більш точний результат.

На погляд авторів, доцільним є подальше глибоке вивчення можливостей штучного інтелекту для розв'язання задачі визначення режиму різання. Наступним етапом може бути постановка задачі, зокрема, формалізація процесу визначення режиму різання, виявлення можливостей формування бази даних для навчання штучного інтелекту і т. ін.

ЛІТЕРАТУРА

1 Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т.1; Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. Т.1 – 656 с.; Т.2 – 496 с.

2 Трубочанінов В.О. Синергетична методика теоретичної оцінки температури в зоні різання при свердлуванні / В.О. Трубочанінов, В.В. Анісімов, В.М. Анісімов // Міжнародна науково-практична конференція, 17-20 травня 2016 р.: тези доповіді. – м. Суми, Сумський держ. університет, 2016 – С. 176–177.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПОСЛІДОВНО ВСТАНОВЛЕНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ

Для багатьох різних виробництв хімічної, харчової та переробної промисловості в технологічному процесі передбачено нагрівання або охолодження сировини (напівфабрикату) у послідовно встановленій системі підігрівачів. Існуюча тенденція підвищення енергоефективності і енергозбереження виробництва в умовах зростання цін на паливо, вимагає створення методики розрахунку групи встановлених послідовно пластинчастих апаратів з точки зору первинної енергії. Аналіз та синтез цих апаратів дозволяє отримати найбільший економічний ефект, за рахунок зниження поверхні теплопередачі і зупинок теплообмінників на обслуговування (чищення), при реконструкції наявних виробництв та проектуванні нових.

Застосування послідовної схеми може бути пов'язане з додаванням, у відповідність до технології, певних компонентів у проміжку між ступенями, або утилізацією тепла на кожному з ступенів. У будь-якому випадку всі апарати пов'язані через один із теплоносіїв, для якого відомі витрата, вхідна та вихідна температура.

Таким чином, розглядається задача послідовної установки k -ступеневого нагріву рідини, де кожна ступінь являє собою пластинчастий теплообмінник, в який входить потік гарячого теплоносія, що нагріває потік холодного теплоносія до деякої температури. Вважатимемо, що гріючим теплоносієм виступає рідина, тобто теплообмінники відносяться до класу «рідина – рідина».

Для сформульованої задачі теплового та гідравлічного розрахунку системи пластинчастих теплообмінників, що встановлені послідовно, одержано аналітичне співвідношення щодо визначення оптимальних температур між ступенями та допустимих втрат тиску при проектуванні, на основі критерію мінімуму приведенних витрат.

Розроблена модель вмикає в себе урахування забруднення поверхні теплопередачі у часі, що призводить до зростання втрат тиску при проходженні через апарати теплоносіїв. Показано, що у цьому випадку зупинка апаратів на чищення з повним розбиранням визначається критичним значенням втрат тиску, що також є одним з головних факторів при проектуванні насосної групи.

Наданий метод проектування дозволяє знайти розподіл теплового навантаження на апарати і значення температур між ступенями, що дає можливість розрахувати теплообмінники з мінімальною площею поверхні теплопередачі. Окрім цього, в математичній моделі можна використовувати різні теплоносії по стороні нагрівання і нагрівання змішаними потоками при наявності вільного резерву більш гарячих теплоносіїв.

РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ З ПЕРЕРИВЧАСТОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Переривчастість оброблюваної поверхні призводить до періодичного повторення процесів врізання і виходу інструменту, порушуючи тим самим стаціонарність замкненої динамічної системи верстата і викликаючи появу інтенсивних зовнішніх впливів на процес різання [1]. Період цих впливів задається частотою входу і виходу ріжучих лез. Вони збуджують коливання верстата, рівень яких значно вище, ніж при обробці суцільних поверхонь в аналогічних умовах.

Розточування отворів з переривчастою поверхнею є досить поширеною в машинобудуванні операцією, виконуваною на оздобно-розточувальних, координатно-розточувальних і токарних верстатах [2]. Деталі з переривчастою поверхнею обробки становлять до 12 % від загального числа деталей, на які налагоджені обробно-розточувальні верстати. До числа таких деталей відносяться шатуни, кронштейни, кришки, блоки циліндрів, стакани підшипників, шліцьові шестерні, гільзи циліндрів і інші, що входять до складу продукції машинобудівних заводів масового виробництва [4]. Для розглянутих деталей кількість переривань оброблюваної поверхні на один оберт змінюється від 1 до 20.

Колівання приводу обертання токарних верстатів в умовах переривчастого різання залежать від частоти проходження і форми імпульсів. При наявності зазорів в з'єднаннях елементів приводу динамічна система верстата стає нелінійною. Режими роботи, при яких зазори розкриваються, супроводжуються підвищеним шумом і зносом з'єднань, ріжучого інструменту, а тому такі режими неприпустимі [5]. Експериментальне дослідження коливань при тонкому розточуванні отворів з переривчастою поверхнею виконано на стенді (рис. 1) в лабораторії кафедри цифрових технологій Національного університету «Одеська політехніка» на оздобно-розточному верстаті, зібраному в двох варіантах: з обертовою (рис. 1 а) і необертовою борштангою (рис. 1 б).



Рисунок 1 – Загальні види стендів для дослідження коливань обертових (а) і необертових (б) борштанг

Основні закономірності розвитку коливань не змінюються при переході від розточування необертовою борштангами до розточування борштангами, що обертаються і при зміні матеріалу зразка. Характер коливань зберігається і при переході до розточування зразків з пазами неоднакової ширини.

Відзначимо, що безпосередньо після врізання коливання носять декрементний характер навіть при таких умовах обробки, які при розточування суцільних поверхонь призводять до порушення автоколивань. Це пояснюється синхронізуючою дією ударних імпульсів при врізання, завдяки якому коливання на двох послідовних оборотах виявляються майже синфазними, і механізм різання по сліду стабілізує замкнуту динамічну систему.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Бабаков И.М. Теория колебаний. – М.: Наука, 1968. – 559 с.
- 2 Вейц З.Л. Вынужденные колебания в металлорежущих станках / З.Л. Вейц, В.К. Дондошанский, В.И. Чиряев - М. - Л.:Машгиз, 1959. - 288 с.
- 3 Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Л.: Машиностроение. 1987. 184 с.
- 4 Каширин А.И. Исследование вибраций при резании металлов. – М.-Л.: АН СССР, 1944. – 129 с.
- 5 Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.

Басов Б.С., Кушніров П.В., Бойко Д.О.
Сумський державний університет, Суми, Україна

ДОПОМІЖНА ОПОРА ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ЗІ СФЕРИЧНОЮ ОСНОВОЮ

Заготовки деталей при механічному обробленні становлять у верстатних пристроях. Якщо заготовки мають великі розміри та малу жорсткість (наприклад, рами, кришки, столи паперорізальних машин тощо), то наявність у верстатних пристроях тільки основних опор (призначених для базування заготовки) може бути недостатньо. Для збільшення жорсткості заготовок в тих місцях, де можливі їх прогини або вібрації в процесі оброблення, застосовують, крім основних, і так звані допоміжні опори. Ці опори призначені зменшувати піддатливість технологічної системи у місцях потенційно можливого прогину заготовки від дії сил різання. А це в свою чергу надає можливість підвищувати продуктивність процесу оброблення із застосуванням прогресивних режимів різання. Тому питання розроблення ефективних конструкцій допоміжних опор є в наш час достатньо актуальним.

На сьогодні промислове виробництво застосовує різні види допоміжних опор – як самоустановлювані, так і підвідні. Типова конструкція самоустановлюваної опори містить корпус з опорним штирем, що, при установленні заготовки в пристрої, опускається та стискає пружину. Після цього штир фіксують гвинтом за допомогою спеціального пальця. Підвідну опору, на відміну від самоустановлюваної, підводять до заготовки вручну. В загальнопоширеній клиновій підвідній опорі опорний штир здійснює контакт із заготовкою (після її установлення на основних опорах) шляхом переміщення клина, що має з кут скоса $8 - 10^{\circ}$. Фіксують опорний штир обертанням гвинта, при цьому кульки розсовують спеціальні затискні кулачки. Такі підвідні опоримаяють певний недолік, а саме те, що опорний штир може здійснювати тільки вертикальні переміщення - або вгору, або вниз. Реальна ж форма оброблюваних заготовок може бути досить різноманітною. Наприклад, можливі випадки, коли поверхні, до яких необхідно підводити опори, мають нахил. Саме для таких випадків призначені поворотні підвідні опори, в яких можлива зміна куту нахилу опорного штиря по відношенню до заготовки.

Можливість повороту та зміни кута нахилу опорного штиря реалізовано у підвідній опорі зі сферичною основою. Опора такого типу дозволяє змінювати кут нахилу опорного штиря в межах до 90° . Таким чином, завдяки здатності опори зі сферичною основою повертатися на певний кут, на неї може встановлюватися більш широке коло різноманітних за формою заготовок, що мають похилі, криволінійні або важкодоступні опорні поверхні.

Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю.

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

За результатами проведених досліджень на кафедрі цивільної безпеки та охорони праці Одеської політехніки розроблено систему автоматизованого управління охороною праці (САУОП), яка складається з наступних основних функціонально самостійних елементів, що з'єднані за визначеною схемою: персональні комп'ютери; реле часу; датчики положення тіла; масажні пристрої з функцією вібрації, вмонтовані в робоче крісло працівника; датчики, аналізатори шкідливих речовин та виконуючі пристрої підсистеми управління санітарно-гігієнічними показниками робочої зони; лазерні випромінювачі встановлені в небезпечних зонах виробничого обладнання; датчики деформації несучих конструкцій будівель та споруд, а також деформації вібронавантажених вузлів технологічного обладнання; електронні термінали; камери відеоспостереження за технологічним процесом; датчики GPS, встановлені на внутрішньоцеховому

транспорті підприємства; нормуючі перетворювачі; керуючий мікропроцесорний пристрій; підсилювачі сигналу; світлозвукові сигнальні пристрої; пристрої блокування виробничого обладнання та внутрішньоцехового транспорту; гучномовець; піропатрони; контейнер з електричним запірним пристроєм.

САУОП спрямована на вирішення наступних завдань:

1 Оперативний збір даних щодо динаміки змін параметрів функціонування системи «людина - машина - середовище» для підвищення об'єктивності результатів процедури загального оцінювання професійних ризиків, а також ефективності проведення медичних оглядів та розробки лікувально-профілактичних заходів.

2 Підтримку необхідних керованих параметрів (інтенсивностей викидів небезпечних факторів виробничим обладнанням в робочу зону) у визначених за результатами проведення процедури оцінювання професійних ризиків межах.

3 Мінімізацію негативних проявів «людського» та певних зовнішніх факторів (контроль стану несучих конструкцій будівель та споруд, на випадок негативного впливу на них землетрусів або інших небезпечних явищ природного або техногенного характеру).

4 Попередження професійних небезпек, що пов'язані зі взаємодією небезпечних факторів (НФ) між собою. Це досягається шляхом відстеження розробленою системою та мінімізації одразу усієї номенклатури та взаємозв'язків потенційних НФ. Як відомо, взаємодія НФ між собою значно підсилює ступінь реалізації професійних небезпек та призводить до виникнення надзвичайних ситуацій. Це відбувається за рахунок підсилення дії певних НФ у присутності інших та утворення неконтрольованої ланцюгової реакції з негативними наслідками. Зазначені фактори характеризуються випадковістю виникнення у часі, а також утворенням великої кількості комбінацій між собою та відповідно негативних впливів. Спрогнозувати такі комбінації та впливи існуючими заходами і засобами безпеки неможливо. Таким чином вони можуть бути усунуті лише в рамках функціонування розробленої САУОП. Треба зазначити, що існуючі (проаналізовані) автоматизовані системи лише спроможні мінімізувати (усунувати) небезпеки від окремих НФ, а не їх комбінацій. На даний момент існування систем з подібними властивостями не відомо, що робить її унікальною.

5 Забезпечення оперативного захисту працівників від дії такого НФ, як частини виробничого обладнання або матеріалів, що розлітаються. Існування систем, що володіють подібними властивостями на даний момент також не відомо.

6 Підвищення рівня захисту працівників в умовах дії надзвичайної ситуації. За рахунок поєднання складових елементів, система оперативно, у разі виникнення надзвичайної ситуації, повідомляє працівника про її виникнення та одразу надає йому доступ до засобів індивідуального захисту, що підібрані для кожного робочого місця з урахуванням антропометричних даних працівників.

7 Збір та обробку в режимі постійного моніторингу даних щодо перевищення по кожному НФ гранично-допустимих концентрацій (рівнів). Зазначена властивість можлива за рахунок особливого поєднання між собою складових елементів системи.

8 Зменшення кількості випадків виробничого травматизму та професійних захворювань за організаційними, психофізіологічними та технічними причинами, за рахунок оперативного комплексного моніторингу за всіма джерелами виникнення професійних небезпек на підприємстві.

9 Удосконалення процесу контролю за навчанням та підготовкою працівників з охорони праці.

10 Удосконалення процесу атестації робочих місць та зменшення витрат підприємства на його проведення.

11 Ведення оперативного відеоспостереження за робочими місцями з небезпечними та шкідливими умовами праці, а також за тими, режими і результати роботи на яких залежать від впливу факторів стохастичної природи («людського», зовнішніх факторів тощо).

12 Управління встановленими на підприємстві раціональними режимами праці та відпочинку.

13 Підвищення економічної ефективності діяльності підприємств за рахунок збільшення рівня продуктивності праці, зменшення кількості виплат за соціально-страховими випадками.

14 Підвищення рівня безпеки руху та експлуатації внутрішньоцехового транспорту.

15. Удосконалення системи обліку та порядку розслідування нещасних випадків на виробництві тощо.

За результатами розробки системи отримано патент України на винахід №124355.

Буц Ю.В.

Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Харків, Україна

Крайнюк О.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
Харків, Україна

Барбашин В.В.

Харківський національний університет міського господарства
ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна

ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ФОСФОГІПСУ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Фосфогіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) є побічним продуктом виробництва фосфорної кислоти. При отриманні однієї тони фосфорної кислоти утворюється 5 тон фосфогіпсу. Фосфогіпс має низьку вартість, але його утилізація залишається пробле-

матичною через домішки, що містяться в ньому, включаючи важкі метали, радіонукліди і кислотні залишки. Фосфогіпс – майже невикористовуваний побічний продукт виробництва фосфорних добрив, до складу якого входять кілька цінних компонентів: сульфат кальцію та його гідрати, такі хімічні елементи, як Si, Fe, Ti, Mg, Al та Mn, а також ряд важких металів (ВМ). Обсяги фосфогіпсу, що накопичені у відвалах України становлять понад 50 млн. т (м. Армянськ, Суми, Рівне та ін.).

Здатність фосфогіпсу виступати як джерело забруднюючих речовин проявляється при фізичній водній та вітровій ерозії відвалів, хімічному вилуговуванні водними потоками та при змінних окислювально-відновлювальних умовах. При зберіганні фосфогіпсу у відкритих майданчиках надходження компонентів відходу у навколишнє природне середовище відбувається за рахунок дії атмосферних опадів. Ґрунт біля відвалу зазнає техногенного забруднення за рахунок ВМ, що містяться у фосфогіпсових відвалах.

Хімічний склад зразків фосфогіпсу ПАТ «Сумихімпром» та ПрАТ «Рівнеазот» вивчався з використанням методу рентгенографічної дифрактометрії. Вміст ВМ проаналізований за допомогою атомно-адсорбційної спектроскопії. Встановлено надзвичайно високий рівень хрому понад 20-33 гранично-допустимих концентрацій (ГДК). Вміст купруму у зразках фосфогіпсу ПрАТ «Рівнеазот» становить 2 ГДК. Вміст інших ВМ не перевищує ГДК, але слід пам'ятати про синергетичний вплив.

Міграція ВМ є однією із головних проблем, що пов'язані з функціонуванням відвалів фосфогіпсу. Залежно від розчинності токсикантів відбувається їх акумуляція та накопичення у екосистемі або їх міграція, розчинення, надходження у рослини.

Визначено, що традиційні методи складування фосфогіпсу як з екологічної, так і економічної точки зору є менш прийнятні, ніж способи його утилізації та використання у різних галузях народного господарства. У роботі теоретично обґрунтовано, що утилізація вже накопиченого фосфогіпсу та реалізація нових технологічних рішень у дорожньому будівництві дозволить знизити рівень техногенного навантаження від фосфогіпсу на навколишнє природне середовище.

На підставі аналізу вмісту ВМ та побудови концентраційно-логарифмічних діаграм досліджено рухливі форми металів та розглянуто шкідливий вплив ВМ, що вилуговуються з фосфогіпсу, а також визначено положення токсичних речовин у системі «інженерно-дорожня споруда – навколишнє природне середовище».

Рекомендується розділяти за розчинністю гідроксиди та гідроксокомплекси важких та токсичних металів на три групи. Необхідно пред'являти жорсткіші вимоги до охорони ґрунтового покриву в районах з кислими ґрунтами.

Розроблено рекомендації щодо встановлення екологічно безпечних умов використання фосфогіпсу у будівельній індустрії. Згруповані ґрунти, на яких не рекомендується використовувати інженерно-дорожні споруди з фосфогіпсом че-

рез підвищену міграцію ВМ в екосистему. Рекомендується застосовувати відходи промисловості у дорожньому будівництві на ґрунтах, які акумулюють ВМ та токсичні елементи, а саме:

- на лужних ґрунтах (солонці лучно-чорноземні кіркові стовпчасті солончакові на лісових суглинках) з рН=10,2-10,5;
- на нейтральних ґрунтах, які сприяють переведенню більшості металів (Al, Cr, Zn, Cu, Fe(II), Co, Ni) у важкорозчинні форми;
- на ґрунтах, багатих глинистими компонентами;
- на ґрунтах з відновним режимом при утворенні сульфідів.

Не рекомендується використовувати відходи на ґрунтах з підвищеною міграцією ВМ у навколишнє природне середовище:

- на піщаних ґрунтах;
- на ґрунтах багатих гумусовими компонентами, що утворюють легкорозчинні комплексні сполуки з ВМ;
- на кислих ґрунтах (дерново-підзолисті, опідзолені та осолоділі), коли всі метали, крім Fe(II), перетворюються на розчинні сполуки;
- на нейтральних ґрунтах, за наявності у відходах сполук Mn;
- на кислих ґрунтах, засолених хлоридами;
- на нейтральних і лужних ґрунтах, що містять хлориди, при використанні у будівництві відходів, що містять сполуки Cd, Pb, Fe(II);
- на ґрунтах, що містять аміак або сульфати;
- на будь-яких ґрунтах за наявності у відходах сполук Cd, Pb, які легкорозчинні в широкому діапазоні значень рН;
- на ґрунтах, кислотність яких може збільшуватися внаслідок надходження промстоків, випадання кислотних дощів та ін., що сприяє розчиненню гідроксидів та переведенню металів у розчинні гідроксокомплекси.

*Vasyl Vasylykiv, Larysa Danylchenko, Dmytro Radyk,
Vladyslav Paraschuk, Mykhailo Vasylyk, Andriy Hrytsyna*
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

ACCURACY OF SCREW FLIGHTS

The flight of the screws may be made in either of the two ways: in form helicoids or sectional flight. Helicoid flights are formed from a flat bar or strip into a continuous helix. The threads are thinner at the outer edge and thicker at the inner edge. Sectional flights are formed from a flat disc and the thickness of the thread is uniform throughout. A continuous helix is made by joining a number of sectional flights together on a piece of pipe and butt welded them. Depending on the service required various styles of screw flights (SF) are in use (single flight ribbon, cut and folded flight, single cut flight, variable pitch flights, hollow spiral flight). Moreover, there are multiple combinations

of screw flights (auger flights) measurements, from very large outside diameters with very small inside diameters, large pitch, thin and thick plate thicknesses. The main parameters of the SF are the diameters of the outer D and inner edges of wind d , the thickness of the outer h and inner H edges (or the average thickness of the wind H_c), the pitch T and the height B of the wind. The accuracy of the main parameters and standard sizes of such spirals in the construction of machine parts of various functional purposes was regulated by a significant number of standards [1], among which we can highlight: IS:5563-1985 (R2005), CEMA STANDARD NO 300, DIN 15261-2-1986, GOST2705-73, TU56-199-81, GOST24328-80 and TU3147-001-01423045-2007, GOST 6113-84, GOST 4025-95, GOST2037-82, DSTU 2763-94 OST12.44.286-85, TU3113-018-07520139-2008, TU5264-001-21477574-2013, TU5270-051-98799549-07, TU3.407.9-158, etc. A comparison of the values of the distribution of the boundary deviations of the tolerance fields for the diameter (Fig. 1) and pitch (Fig. 2) of the SF showed a significant disarrangement of such deviations.

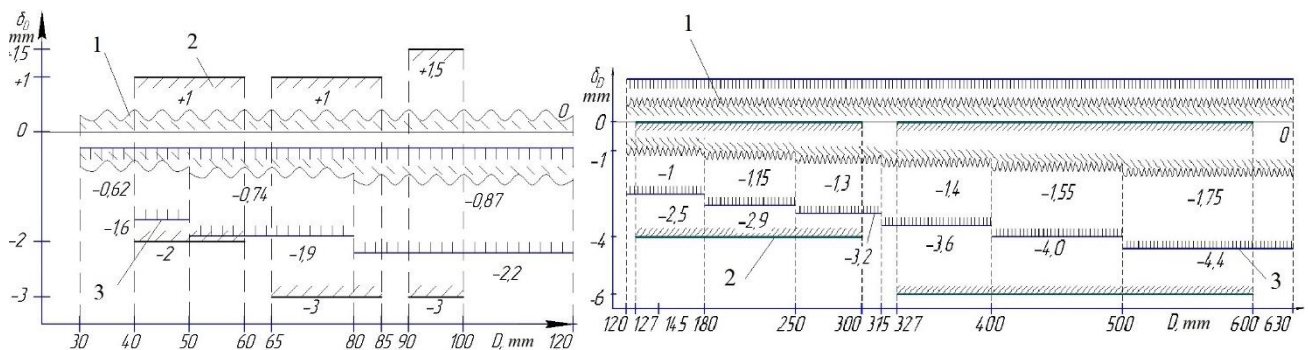


Fig. 1. Graphs of the distribution of the boundary deviations of the tolerance fields on the diameter of the outer edge of the SF winds depending on the diameters of the winds for $15 \text{ mm} \leq H_c \leq 40 \text{ mm}$; $0.66 < T/D \leq 1.0$; $2.5 \leq BH^{-1} \leq 5.6$; 1, 3 - respectively, open-wound and close-wound SF, obtained by the method of winding strips on mandrels; 2 - open-wound SF, obtained by stamping and rolling methods

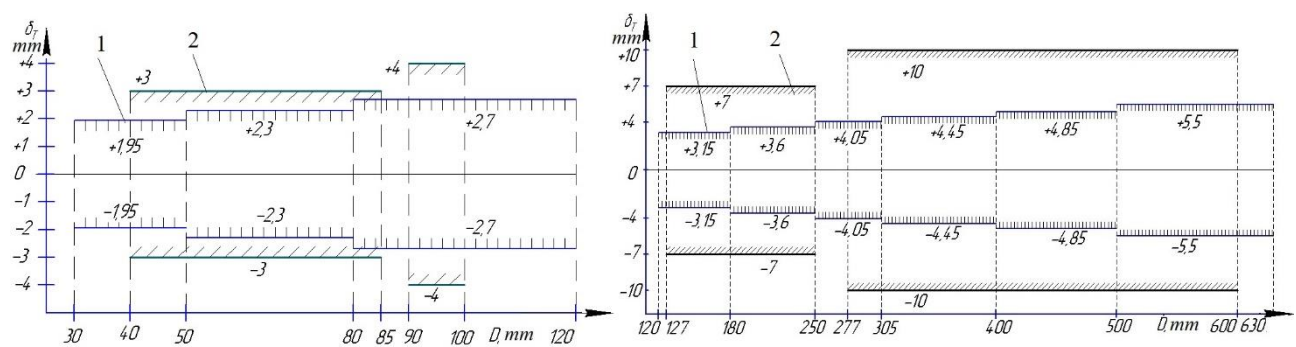


Fig. 2. Graphs of the arrangement of tolerances for the execution of winding pitch of open-wound SF depending on the diameter of the outer edge of the winds in the intervals of the diameters of the winds up to 120 mm and from 120 to 630 mm for $0.5 \leq T/D \leq 1.0$; $3 \text{ mm} \leq H_c \leq 4 \text{ mm}$, $BH^{-1} \leq 9 \text{ mm}$: 1 – for Flitech' spirals; 2 – for SF according to industry standards

Preferably, the tolerance for the outer diameter of the open-wound SF corresponds to 17-18 qualities or exceeds the value of the limit quality by 2 times. Similarly,

the tolerance for performing the pitch of open-wound SF corresponds to 17-18 qualities. In many cases, in the dimensional characteristics of SF regulated by the standards, the dimensions of the diameter and pitch of the spirals exceed the limit quality by 1.4-1.6 times.

The use of modern progressive technologies for manufacturing such spirals allows to obtain precise screw flights of high accuracy with boundary deviations according to the CEMA standard and others. The most accurate are the parameters of the accuracy of the SF, obtained by the method of winding the strips on the mandrels. The tolerance for the manufacture of such blanks with a diameter of up to 100 mm corresponds to 8-9 qualities. High-accuracy close-wound SF can be achieved by combining winding operation and surface plastic deformation.

In this case, the accuracy of the obtained billets in terms of the outer diameters corresponds to 12-13 qualities of accuracy. Because of this, many companies ("Tecnofer", "Colombo Pietro", "Spirotech Shaftless Spirals", "Agrispiral srl", "VoR Environmental", "Bechtel GmbH", "Martin Sprocket & Gear Inc.", "FLITECH S.r.l.", "VAV Aandrijvingen B.V.", "E. Aschauer GmbH" and "Rösner Maschinenbau und Förderteile GmbH & Co") use their own gradation of dimensions and their boundary deviations. Thus, there is a need for the development of harmonized standards that take into account the entire nomenclature, standard sizes and modern achievements in the field of SF production.

REFERENCE

1 V. Vasylykiv, M. Pylypets, L. Danylchenko, D. Radyk (2021) Parametric standardization of screw and auger billets / Perspective technologies and devices, 2021. №19. - P. 151-160. <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal/article/view/745>; DOI: <https://orcid.org/0000-0002-9166-3322>.

Волошкіна І.В., Пижов І.М., Федорович В.О.
Національний Технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЮ ЛІНІЙНОГО ЗНІМАННЯ ДЕТАЛІ

Дана розробка може бути використана в цілому для удосконалення процесів шліфування. В літературі відомий спосіб прямого контролю лінійного знімання деталі згідно якому здійснюють процес шліфування деталі, потім переривають його для контролю [1, 2]. При цьому положення робочої поверхні деталі відстежують дискретно за допомогою вимірювального інструмента в напрямку її знімання до і після шліфування, а величину лінійного знімання деталі приймають як різницю між двома положеннями цієї поверхні у часі. Його суттєвим недоліком є висока трудомісткість. В літературі також є відомим спосіб непрямого

контролю лінійного знімання деталі при шліфуванні згідно якому упродовж певного часу відстежують сумарне лінійне переміщення деталі у напрямку зношування робочої поверхні круга, а величину лінійного знімання деталі встановлюють шляхом її розрахунку як частки розміру, котрий відстежують [2, 3]. Його суттєвим недоліком є практична неможливість безперервного відстеження лінійного знімання деталі у процесі шліфування.

В основі даної розробки поставлено завдання забезпечення можливості як дискретного, так і безперервного відстеження лінійного знімання деталі у процесі шліфування. Ця розробка також базується на ідеї згідно якої упродовж певного часу відстежують сумарне лінійне переміщення деталі у напрямку зношування робочої поверхні круга, а величину лінійного знімання деталі встановлюють шляхом її розрахунку як частки розміру, котрий відстежують [1, 2, 4]. Суттєвим недоліком такого підходу є практична неможливість безперервного відстеження лінійного знімання деталі у процесі шліфування. Для усунення цього недоліку запропоновано (пат. 151483 Україна) у процесі шліфування додатково здійснювати контроль лінійного зносу круга, а лінійне знімання деталі розраховувати за виразом:

$$\Delta l = \Delta S_{\Sigma} - \Delta h,$$

де Δl – лінійне знімання деталі, мм; ΔS_{Σ} – сумарне лінійне переміщення деталі, мм; Δh – лінійний знос круга, мм.

Значення вказаних параметрів визначають за один і той же інтервал часу. Технічний результат полягає в тому (рис. 1), що при відстеженні робочої поверхні круга деталь, яка постійно знаходиться у контакті з нею, переміщується у напрямку зносу круга на сумарну величину до складу якої входять величини як зносу круга, так і знімання деталі. Якщо вилучити з сумарної величини переміщення деталі лінійний знос круга, то можна з високою точністю визначити значення лінійного знімання деталі. Такий підхід спрощує контроль лінійного знімання деталі, і дає можливість в необхідних випадках робити це безперервно у часі. Суть методики пояснюється рисунками стосовно деталей трубчастої (рис. 1,а) та іншої (рис. 1,б) конструкцій.

Призначення позицій 1 – 8 на фігурах співпадають. Як видно з рис. 1,а (1 – шпиндель; 2 – шліфувальний алмазний круг; 3 – алмазоносний шар круга шириною (В); 4 – шайба; 5 – болт; 6 – деталь трубчастої форми; 7, 8 – індикатори для відстеження сумарного лінійного переміщення ΔS_{Σ} деталі 6 та лінійного зносу Δh алмазоносного шару 3 відповідно), круг 2, встановлюється на шпинделі 1 верстата. Робочою частиною круга є алмазоносний шар 3. Саме він при шліфуванні деталі 6 зношується за певний час на величину Δh , яка знаходиться між двома положеннями (h_1 та h_2) робочої поверхні круга (до та після обробки відповідно). Деталь 6 встановлюється в пристосуванні з можливістю здійснення обертального руху і підтискається до робочої поверхні круга з постійним зусиллям (Р). Якщо деталь 6 має звичайну форму (рис. 1,б), то вона встановлюється в пристосуванні з можливістю здійснення зворотно поступального руху в напрямку паралельному робочій поверхні круга 2 і підтискається до неї з постійним

зусиллям (P). Для відстеження сумарного лінійного переміщення (ΔS_{Σ}) деталі 6 застосовується індикатор 7.

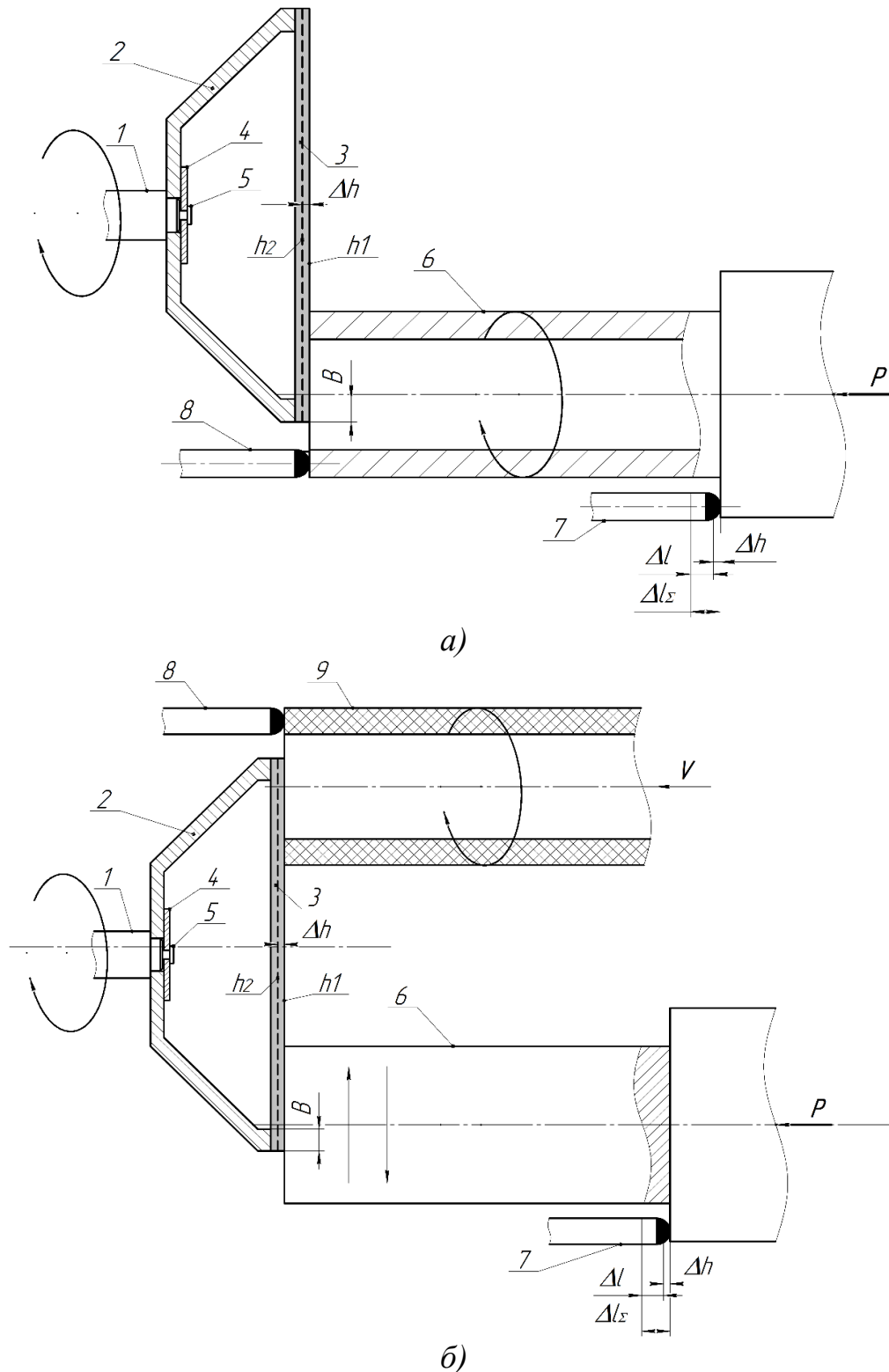


Рисунок 1 – Схема способу непрямого контролю лінійного знімання деталі

Контроль лінійного зносу (Δh) алмазоносного шару 3 круга 2 здійснюється в автономній зоні за допомогою індикатора 8 і трубчастого елемента 9 який обертається навколо своєї осі і переміщується перпендикулярно робочій поверхні

круга 2 зі швидкістю (V), дещо більшою ніж швидкість зносу алмазозносного шару 3. Замість індикаторів 7 та 8 можуть бути застосовані і інші вимірні пристрої (тензометричні балочки, ємнісні, індукційні датчики та ін.), що дозволяє вести безперервний запис у часі лінійного переміщення деталі та зносу алмазозносного шару круга, а, отже, і лінійного знімання деталі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Узунян М.Д. Шлифование наноструктурных твердых сплавов: учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения / М.Д. Узунян, Р.М. Стрельчук. – Х.: НТУ «ХПИ», 2015. – 182 с.

2 Активный контроль в машиностроении: Справочник / Под ред. Е.И. Педея. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.

3 Пат. 151483 Україна, МПК (2006) В24В 49/00. Спосіб непрямого контролю лінійного знімання деталі при шліфуванні / Волошкіна І. В. (UA), Пижов І. М. (UA), Власник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – № у 2021 6644; заявл. 24.11.2021 опубл. 03.08.2022, бюл. № 31/2022.

4 Пат. 148076 Україна, МПК (2021.01) В24В 49/00. Спосіб непрямого контролю лінійного зносу шліфувального круга / Пижов І. М. (UA), Федорович В. О. (UA), Волошкіна І. В. (UA). Власник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – № у 2021 01157; заявл. 09.03.2021, опубл. 30.06.2021, бюл. № 26.

Воронов О.С.

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ З ВИСОКОХРОМИСТИХ ЧАВУНІВ

Високохромисті чавуни відносяться до білих комплекснолегованих зносостійких чавунів, які за випуском займають одне з перших місць серед чавунів із спеціальними властивостями. Це пояснюється підвищеним попитом на них у зв'язку з гострою актуальністю проблеми підвищення стійкості деталей машин, що працюють в умовах інтенсивного зношування. Неухильна тенденція до зростання питомих навантажень на робочі органи машин і агрегатів, висувають все більш жорсткі вимоги до зносостійкості металів і сплавів, що застосовуються.

Різновиди зносу різноманітні, механізм руйнування робочої поверхні деталей різний, тому вимоги до зносостійкого матеріалу визначаються конкретними умовами експлуатації. Сучасні білі зносостійкі чавуни – складнолеговані багатокомпонентні сплави, різноманітні за структурою та властивостями. Вони є окремою групою промислових сплавів, при затвердінні яких формується карбідна фаза. Саме

вона визначає специфічні властивості білих зносостійких чавунів і водночас створює значні труднощі під час виробництва та експлуатації цих сплавів [1].

Зазначені сплави мають високу хімічну стійкість в ряді агресивних середовищ: в азотній, сірчаній, фосфорній кислотах, в розчинах лугів, солей, морській воді та ін. Високохромисті чавуни є дуже цінним кислотостійким конструкційним матеріалом для виготовлення багатьох машин і апаратів, що працюють у дуже агресивних середовищах хімічних виробництв. Поряд з високою хімічною стійкістю високохромисті чавуни мають високу окислостійкість і зносостійкість, а також відрізняються високими ливарними властивостями. Високохромисті чавуни із вмістом 28 - 35 % хрому є теплостійкими і зберігають свої механічні властивості до 600 °С, а з вмістом 32 - 35 % хрому - мають велику кислотостійкість і лужностійкість [2].

Підвищена абразивна зносостійкість для таких сплавів характерна за умов заевтектичної структури, тому при їх наплавленні на низьковуглецеву сталь важливо прагнути до мінімальної частки основного металу. При порушенні цих вимог, в наплавленому шарі, через розведення основним металом, спостерігається зниження вмісту хрому і вуглецю, що приводить до суттєвого зниження зносостійкості внаслідок утворення доевтектичної або евтектичної структури. Високохромисті чавуни також застосовують для зміцнення, шляхом наплавлення наплавлення, деталей, що працюють в умовах абразивного, газоабразивного та гідроабразивного зносу при звичайних та високих температурах [3]. Поверхневий шар із таких сплавів не руйнується при дії окислювальних газових середовищ до температур 1000 °С і вище.

Висновки. В представленому дослідженні узагальнено області застосування та умови експлуатації виробів з високохромистих чавунів. Використання високохромистих чавунів як конструкційного матеріалу для виробів, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування дозволяє забезпечити рівень експлуатаційних властивостей, що стабільно задовольняє вимогам споживачів.

Із таких сплавів виготовляють пічну арматуру, деталі хімічних апаратів та судин; відцентрові насоси, конденсатори, циліндри, корпуси золотників та мішалки, що працюють у лужних середовищах високої концентрації, у розчинах солей та середовищі газі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства / И.И. Цыпин. – М.: Металлургия. 1983. – 176 с.

2 Енциклопедія полімерів під редакцією В. А. Кабанова (головний редактор), М.С. Акутін, Н.Ф. Бакеевта ін. (радянська енциклопедія, 1977. – 1152с.) [booktech.ru/books/materialovedenie/1136-enciklopediya-polimerov-t2-1974-red-kollegiya.html]

3 E. Karantzalis, A. Lekatou and H. Mavros. Microstructure and properties of high chromium cast irons: effect of heat treatments and alloying additions. International Journal of Cast Metals Research, 2009. – 456.

APPLICATION OF INTELLIGENT SYSTEMS BASED ON FUZZY LOGIC IN THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL SITUATIONS IN GEOINFORMATION SYSTEMS

Introduction. The problem of improving the ecology includes solving many complex, non-linear tasks that are difficult to formalize and require knowledge in many aspects of ecology, including environmental monitoring.

Modern environmental monitoring tools and the information and control systems that support them are complex multifunctional multi-mode distributed systems in which complex data and knowledge are processed jointly.

The most striking feature of human intelligence is its ability to make correct decisions in an environment of incomplete and fuzzy information. Therefore, modern automated monitoring systems should be considered as systems that, in terms of these properties, approach a person, and which help him influence the state of the environment.

They should be developed on the basis of modern information technologies that would provide them with a significant increase in the level of information and intellectual support.

Main part. The development of computerized systems for environmental monitoring of objects of various scales (from detailed and local to global) is an important direction in modern environmental research and in practical activities for the protection of the environment and public health. This task is especially relevant for spatially dispersed objects that differ in such features as: distribution over a large area; the complexity of organizing regular monitoring and maintenance; continuous operation in an aggressive environment; large capital and operating costs for the creation and use. It is known that equipment downtime or accidents at such facilities lead to significant cost and energy losses.

The main advantage of geographic information systems (GIS) lies in the set of tools for creating and combining databases with the possibility of their geographic analysis and visualization in the form of maps, graphs, diagrams, direct linking to each other of all attributive and graphic data.

Environmental geographic information systems allows you to work with maps of various ecological layers and automatically build a map of a qualitative assessment of environmental hazards. This process requires a highly skilled expert. Therefore, there is a need to automate the decision-making process and modeling the processes of approximate reasoning of a person becomes the central direction of automating the activities of a decision-maker based on an analysis of the environmental situation.

Ecological monitoring systems based on geographic information systems can be considered as intelligent systems based on human knowledge. For this, the existing geographic information systems was supplemented with a decision-making subsystem.

The relevance of considering this class of systems is due to their ability to accumulate and generalize knowledge, to develop hypotheses, forecast and make decisions [1, 2].

When solving environmental problems, situations arise when either the necessary sensors of primary information are not available, or existing measuring instruments do not provide the required information at the pace of the process, or only qualitative information about the control object is available. In such situations, it is necessary to have information technologies that provide decision-making that would allow obtaining the required information based on computer processing of high-quality or fuzzy information about the object.

The methodology and software for creating the required model of an environmental monitoring system are based on fuzzy mathematics and are based on the hierarchy analysis method and fuzzy set theory, in which the main part of the information necessary to build a model is qualitative or fuzzy.

To select a clear value of the control function, the method of weights is usually used.

To implement a decision-making system, the apparatus of the theory of fuzzy sets can be used.

As a mathematical model of weakly formalized problems, fuzzy control algorithms are used, which make it possible to obtain approximate solutions that are no worse than when using exact methods.

With the help of fuzzy sets, it is possible to create methods and algorithms capable of modeling human decision-making techniques in the course of solving various problems.

In particular, it is possible to carry out a classification, on the basis of which a decision-making system is built.

Methods of fuzzy set theory allow:

a) take into account various kinds of uncertainties and inaccuracies introduced by the subject and management processes, and formalize the verbal information of a person about the task;

b) significantly reduce the number of initial elements of the control process model and extract useful information for constructing a control algorithm.

REFERENCE

1 Берштейн Л.С. Гибридная экспертная система с вычислительным модулем для прогноза экологических ситуаций / Л.С. Берштейн, А.Н. Целых // Труды междунар. симпозиума «Интеллектуальные системы – 96». – М. – 1996. – С. 27–36.

2 Takagi T. Fuzzy identification if system and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. on SMS – 1985. – № 1. – P. 116–132.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СТІНКИ СУШИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА МАШИН ІЗ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ

Вступ. Відомий прилад для вимірювання температури стінки сушильного циліндра, що містить датчик температури, який вмонтовано в торцеву стінку сушильного циліндра, радіочастотний приймач сигналу, канал бездротової передачі інформації від датчика температури до радіочастотного приймача сигналу та операторської панелі обробки інформації, як датчик температури застосовано пірометр, який розміщено під сушильним циліндром на опорі, яка рухається вздовж осі сушильного циліндра, а радіочастотний приймач сигналу інтегровано в операторську панель обробки інформації [1].

Недоліком такого приладу є те, що наявна опора, яка рухається разом із пірометром уздовж осі сушильного циліндра, не забезпечує високої швидкодії та надійності приладу.

В роботі згідно з розробкою [2] розглянуто та розвинуто модель, яка належить до целюлозно-паперової промисловості та призначена для вимірювання температури стінки сушильних циліндрів машин із виробництва паперу для видавничо-поліграфічних виробництв.

Основна частина. В основу розробки поставлено завдання вдосконалення приладу для вимірювання температури стінки сушильного циліндра що забезпечить підвищення швидкодії приладу та надійності його роботи, а також спрощення визначення ділянки стінки сушильного циліндра, де температура відрізняється від середньої.

Поставлене завдання досягається тим, що у приладі для вимірювання температури стінки сушильного циліндра, що містить сушильний циліндр, що обертається навколо осі, пірометр, канал бездротової передачі інформації, радіочастотний приймач сигналу, інтегрований в операторську панель обробки інформації, згідно з моделлю, застосовано лінійку пірометрів, розташованих уздовж сушильного циліндра, виходи яких підключено до інформаційних входів мультиплектора, керуючі входи яких через двійковий лічильник сполучено з генератором тактових імпульсів, а вихід зв'язано через канал бездротової передачі інформації з радіочастотним приймачем сигналу, інтегрованого в операторську панель обробки інформації.

Суть моделі пояснюється кресленням (рис. 1), де зображено схему приладу для вимірювання температури стінки сушильного циліндра, що містить сушильний циліндр 1, що обертається навколо осі 2, лінійку пірометрів 3, мультиплектор 4, двійковий лічильник 5, генератор 6 тактових імпульсів, канал 7 бездрото-

вої передачі інформації, радіочастотний приймач 8 сигналу, інтегрований в операторську панель обробки інформації. Прилад для вимірювання температури стінки сушильного циліндра працює таким чином.

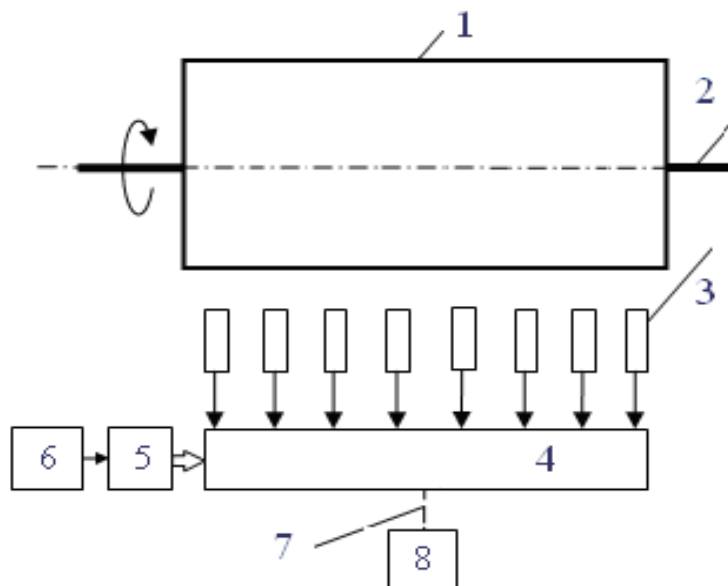


Рисунок 1 –Схема приладу для вимірювання температури стінки сушильного циліндра

Сушильний циліндр 1 обертається навколо осі 2 у напрямку, зазначеному стрілкою. Пірометри 3 вимірюють значення температур по ширині стінки всього сушильного циліндра 1, яка контактує з паперовим полотном. Виміряне значення передається через мультиплексор 4, який послідовно підключає кожний пірометр 3 із високою частотою генератора 6 тактових імпульсів, що у двійковому лічильнику 5 перетворюються у керуючі сигнали, передається по каналу 7 бездротової передачі інформації на радіочастотний приймач 8 сигналу, інтегрований в операторську панель обробки інформації. З отриманих даних будується прямокутне температурне поле сушильного циліндра 1, що дає змогу керувати процесом сушіння паперового полотна. Ці дані також можуть бути використані для більш точного встановлення місця дефектів (ділянки сушильного циліндра 1, де температура відрізняється від середньої) при роботі системи нагрівання.

Пропонована модель приладу для вимірювання температури стінки сушильного циліндра забезпечить підвищення швидкодії та терміну служби приладу.

ЛІТЕРАТУРА

1 Патент України №107812, G01K 13/00, опубл. 24.06.2016, бюл. №12/2016, Державна служба інтелектуальної власності України.

2 Патент України № 114111. Прилад для вимірювання температури стінки сушильного циліндра / Смирний М.Ф., Гоков О.М. – № у 201609874; заявл. 26.09.2016; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4/2017, Державна служба інтелектуальної власності України.

*Гришкевич О.Д., Гринюк С.І.,
ІТМ НАНУ і ДКАУ, Дніпро, Україна
Гришин В.С., Анісімов В.М.
УДУНТ, Дніпро, Україна*

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ІОННО-ПЛАЗМОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ В ПРАКТИЦІ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Стійкість робочих поверхонь деталей машин відносно експлуатаційного зносу визначає показники ресурсо- та енергозбереження промислового виробництва в цілому.

Метою даного повідомлення є наведення прикладів успішного застосування нами окремих вакуумних іонно-плазмових технологій і технологічних пристроїв для покращення ресурсних характеристик деталей металургійного і гірничого устаткування, які експлуатуються в умовах високого термічного впливу, абразивного і корозійного зносу. Для нанесення покриттів були розроблені оригінальні плазмові технологічні пристрої.

Для покращання продуктивності прокатного виробництва і отримання можливості вироблення калібровочних валків трубоелектрозварювального стану з більш дешевого конструкційного матеріалу було застосовано нанесення на робочі поверхні профільних валків високотвердого захисного покриття [1]. Валки вироблялись із сталі ШХ-15, вартість якої вдвічі нижча за вартість якісної сталі Х12МФ. Для зміцнення робочих поверхонь валків було використано багатошарове покриття складу «молібден – нітрид молібдену». Покриття наносилось вакуумно-дуговим способом. Мікротвердість покриття становила 3000 кг/мм², що перевищувало твердість загартованої сталі – 700 кг/мм². В процесі ресурсних випробувань валків з покриттям було отримано двократне підвищення їх стійкості.

В гірничо-видобувній галузі інтенсивному зношуванню піддаються елементи конструкції силових пневмо- і гідроциліндрів, а також робочі поверхні пневматичних бурильних установок, які експлуатуються в умовах високої вологості і абразивного запилення робочого середовища. Традиційним методом покращення робочого ресурсу таких деталей є гальванічне хромування. Для нанесення зносостійких і корозійно стійких покриттів на внутрішні робочі поверхні було розроблено оригінальну конструкцію розпилюючого технологічного плазмового пристрою з коаксіальним магнетронним розрядом [2]. Завдяки використанню керованої незбалансованості магнітної системи пристрою, при нанесенні хромового покриття, було отримано можливість проведення технологічних операцій попередньої іонної обробки і наступного іонного асистування процесу нанесення покриття. Розроблений технологічний плазмовий пристрій дозволив наносити ефективні функціональні наноструктуровані покриття на внутрішні поверхні діаметром від 30 мм [3].

В надзвичайно важких умовах зношування експлуатуються кристалізатори машин безперервного лиття заготовок. Абразивне зношування кристалізаторів підвищується значним термічним впливом. Операція заміни плит кристалізаторів істотно впливає на продуктивність виробничого процесу всього агрегату МНЛЗ. Вважаючи на актуальність проблеми стійкості кристалізаторів, нами проводились дослідження, спрямовані на вдосконалення технології зміцнення і розроблення ефективних технологічних пристроїв для її застосування.

Попередній досвід по зміцненню робочої поверхні кристалізатора було отримано шляхом нанесення на робочу поверхню мідного кристалізатора іонно-плазмового покриття із високотемпературного зносостійкого сплаву ХН60ВТ. При попередній термічній активації поверхні виявились труднощі, що були пов'язані із значною масою виробу. На робочу поверхню кристалізатора було нанесено покриття товщиною 30 мкм, що потребувало значних витрат операційного часу. В результаті нанесення зносостійкого покриття було отримано незначний позитивний ефект, що становив лише 50% підвищення робочого ресурсу кристалізатора.

На основі отриманого досвіду дійшли висновку, що для забезпечення ефективності зміцнення необхідно забезпечити можливість нанесення шару покриття товщиною більше 100 мкм з покращеною адгезією до основи. Таким вимогам відповідає технологія електронно-променевого наплавлення.

Для відпрацювання розробленого технологічного плазмового пристрою і вибору оптимальних параметрів технології електронно-променевого наплавлення було створено лабораторну установку. Прототипом технологічної установки було обрано [4]. Відмінною ознакою розробленого джерела електронів для наплавлення було використання планарного магнетронного пристрою оригінальної конструкції, що значно розширило його функціональні можливості і дозволило проведення процесу наплавлення при підвищеному тиску в вакуумній камері. На виконаному етапі досліджень не використовували сканування оброблюваного зразка відносно фокусу електронного променя. Не використовувалась також система подачі порошкового матеріалу в зону наплавлення. Були отримані попередні позитивні результати стосовно технологічних можливостей розробленого джерела електронів. Підтверджено можливості створення на основі розробленого плазмового пристрою технологічних установок для електронно-променевого наплавлення, що можуть бути рекомендовані для зміцнення робочих поверхонь різних деталей, які потерпають від інтенсивного абразивного і корозійного зношування.

ЛІТЕРАТУРА

1 Гринюк С.И. Упрочняющая обработка валков тубосварочного стана путем нанесения вакуумно-дугового износостойкого покрытия / Материали конференції «Трубоконт – 2002». Днепропетровск. 2002, С. 259-261.

2 Патент Украины № 102744, Гришкевич А.Д. Несбалансированная цилиндрическая магнетронная распылительная система / 25.11.2015.

3 Гришкевич А.Д. Некоторые особенности упрочняющей ионно-плазменной обработки внутренних поверхностей пар трения / А.Д. Гришкевич, С.И. Гринюк // Вісник запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. Запоріжжя. 2015, № 1. – С. 43–52.

4 Сфокусированные электронные пучки в пушках с плазменным эмиттером: исследования и применение Доклады ТУСУРа, том 20, № 3, 2017. – С. 123–130.

Гузенко В.С., Мироненко Є.В.
Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Україна
Охріменко О.А., Скрипник Т.М.
НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», Київ, Україна
Пермяков О.А., Камчатна-Степанова К.В.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна
Горбулик В.І.
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗУБЧАТИХ КОЛІС З ДОПОМОГОЮ WAVLET-АНАЛІЗУ

Для визначення фізико-механічних характеристик оброблюваних зубчастих коліс та вивчення впливу динамічних характеристик технологічної системи та режимів різання на геометричні параметри якості поверхні циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс проведені експериментальні дослідження. Для цих цілей використовувався діагностичний стенд на базі зубообробного комплексу мод.5А342Ф2. Для проведення експериментальних робіт було встановлено динамометричну платформу. Динамометр також виконує функцію різцетримача. На супорті встановлена стійка для закріплення вимірювального датчика профілю. Зубообробний комплекс мод.5А34Ф2, оснащений системою вимірювальних та реєструючих пристроїв. Прийом даних може здійснюватися одночасно від кількох джерел, але при цьому загальна кількість каналів не перевищує шістнадцяти.

Методика подальшої обробки полягає у наступному:

– у межах кожної базової ділянки l або L визначають максимальну висоту виступу R_p та визначають значення параметра R_z

$$R_z = \frac{\left(\sum_{i=1}^5 h_i + \sum_{i=1}^5 h'_i \right) \cdot 200}{\gamma_\beta}, \quad (1)$$

де γ_β – вертикальне збільшення запису профілограм або хвилеграм;

– визначають відносну довжину опорної лінії профілю шорсткості на рівні середньої лінії t_m :

$$t_m = \frac{\sum_{i=1}^n \eta m t}{l} \cdot 100\% , \quad (2)$$

– визначають середній крок нерівностей профілю шорсткості по середній лінії:

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^N S m t}{N} = \frac{2l}{n \gamma_r} , \quad (3)$$

де n – кількість перетинів профілю шорсткості із середньою лінією на базовій ділянці l ; γ_r – горизонтальне масштабування запису профілограм;

– визначають середній крок нерівностей профілю по вершинах локальних виступів:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N S}{N} = \frac{l}{N \gamma_r} \quad (4)$$

де N – кількість локальних виступів на базовій довжині l .

Аналіз експериментальних досліджень підтвердив адекватність теоретичних висновків (рис. 1) при моделюванні процесу формування поверхневого шару зубчастих коліс з використанням вейвлет-аналізу при зустрічному фрезеруванні, де коефіцієнт нерівномірності фрезерування варіюється в межах $K_n = 1,5 \dots 1,7$ та визначає макронапружений стан поверхневого шару, що і необхідно враховувати при розрахунках.

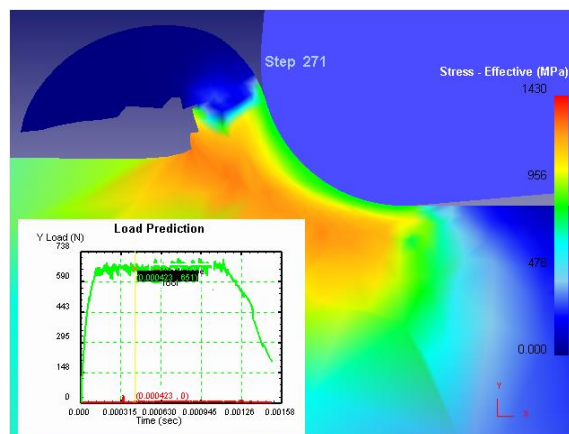


Рисунок 1 – Зміна макронапруженості поверхневого шару при впровадженні ріжучого клина в оброблювану поверхню зубчастого колеса

Дослідження процесу динаміки чистового зубофрезерування загартованих коліс проводилося за допомогою wavlet-аналізу і дозволило встановити основні залежності щодо забезпечення якості, точності та продуктивності обробки зубчастих коліс [1, 2].

Якість поверхні при зубофрезеруванні загартованих зубчастих коліс, точність, продуктивність і надійність технологічної верстатної системи визначаються можливістю управління і контролю силовим режимом обробки технологічного процесу зубофрезерування за допомогою швидкодіючих датчиків фіксування частотних характеристик головного приводу зубообробного верстата і взаємозв'язку з параметрами процесу різання: сили різання P_z , крутного моменту різання $M_{різ}$, потужності різання $N_{різ}$. Параметри різання визначають межі граничних режимів роботи для досягнення максимальної продуктивності, якості та точності обробки загартованих зубчастих коліс.

ЛІТЕРАТУРА

1 Ключко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Охрименко О.А., Манохін А.С. Динаміка процесу різання при зубофрезеруванні шевронних коліс // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – № 1 (5) 2022. – С. 44–47. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.1(5).06,

2 Kamchatna - Stepanova K. Influence of waviness parameters on the operational properties of cylindrical large-modular gears / K. Kamchatna - Stepanova, A. Klochko, A. Naydenko, A. Manokhin // International journal of engineering and advanced technology studies. - London. United Kingdom, 2021. – Vol. 9, Issue 1. – № 9. - P. 30 – 37.

Дерев'янченко О.Г., Чумаченко Т.В., Бельков Е.
Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ПРОСТОРІВ КЛАСІВ ФОРМ КОНТУРІВ КОМПОНЕНТІВ СТРУКТУР МАТЕРІАЛІВ

Одним з важливих методів сучасної металографії є метод дослідження мікроструктур матеріалів по їх шліфам з використанням цифрових металографічних мікроскопів.

Питанням сучасних металографічних досліджень з використанням комп'ютерних технологій та систем присвячені роботи Русина Б.П. та Досина Д.Г., Гонтового С.В. та Емельянова В.А., Калініної Н.Ю., Михальова О.І., Помулева В.І., Скобло Т. та багатьох інших.

На кафедрі матеріалознавства та інженерії поверхні НУОП розроблено програмний комплекс для обробки цифрових зображень мікроструктур матеріалів [1] та багаторівневого розпізнавання їх класів. У його створенні використані методи обробки зображень, викладені у роботі [2].

У контексті ідентифікації класів компонентів структур (КС) інформативної зони щільу певного матеріалу мова йде про поступове багаторівневе розпізнавання. Розглянемо деякі результати процесу визначення інформативних ознак для автоматизованого розпізнавання класів форми КС.

На рис. 1 схематично представлений умовний простір класів форми КС матеріалів.

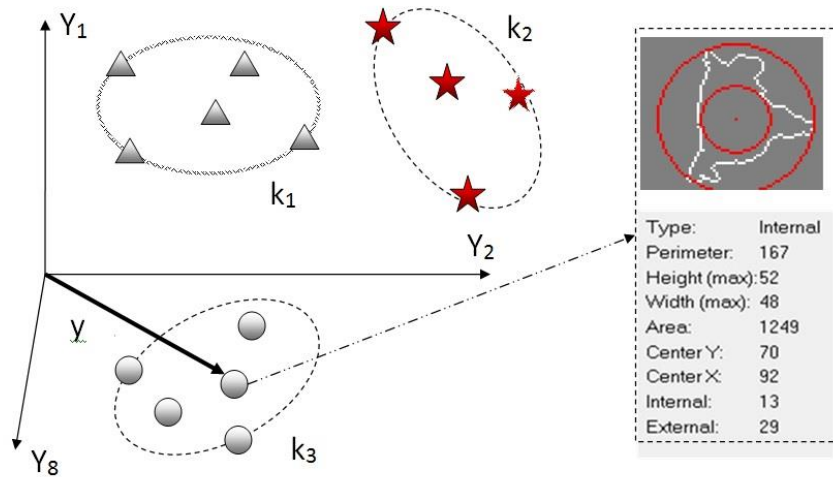


Рисунок 1 – Умовний простір класів форми КС матеріалів

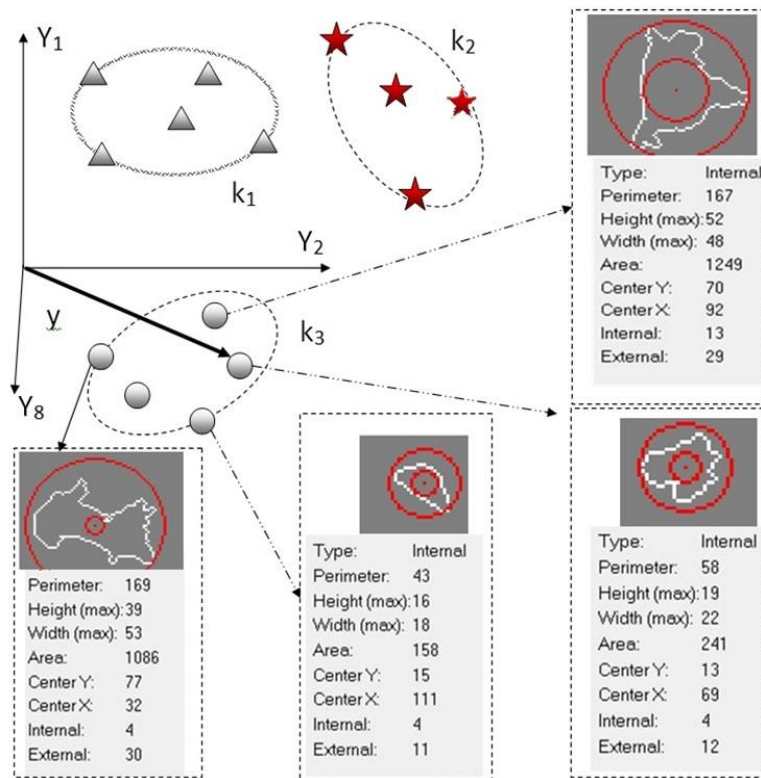


Рисунок 2 – Умовний простір “Y” КС матеріалів та результати визначення наборів первинних параметрів для подальшого їх розпізнавання

Тут $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_N)$ - умовний простір класів форми k_1, k_2, k_3 КС матеріалів; Type (тип контуру), Perimetr (периметр), Neigh (max) – “висота” контуру;

Width (max) – ширина контуру; Area – площа контуру; CenterY та CenterX – координати центру контуру; Internal – радіус кола, вписаного в контур; External – радіус кола, описаного навколо контуру.

На рис. 2 відображено умовний простір “Y” КС матеріалів та представлено окремі результати визначення наборів первинних параметрів для подальшого розпізнавання їх класів.

Проведені численні експерименти з використанням цифрових зображень мікрошліфів різних конструкційних матеріалів підтвердили працездатність розробленого програмного комплексу для високоякісного розпізнавання класів їх форми. Це забезпечить можливість створення просторів класів форм КС різноманітних матеріалів - для подальшого їх розпізнавання.

ЛІТЕРАТУРА

1 Деревянченко А.Г. Некоторые результаты испытаний модуля программного комплекса для обработки изображений микроструктур материалов // Новые и нетрадиционные технологии в энерго- и ресурсосбережении: Материалы международной научно - технической конференции, Одесса, 26–29 сентября 2018. – Одесса: ОНПУ, 2018. – С. 44-47.

2 Форсайт П. Компьютерное зрение. Современный подход / П. Форсайт.– М.: Издательский дом Вильямс, 2004. – 928 с.

Дерябкіна Є.С., Потапенко С.І., Іванілов Є.К.
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВІДНОВНОГО ПОКРИТТЯ

Існує понад 150 технологій відновлювального ремонту, сюди ж належать технології нанесення покриттів, що дозволяють надати нові службові властивості матеріалам та продовжити термін служби як готових так і відремонтованих виробів. Вибір оптимальної технології відновлення деталей машин пропонується проводити згідно оцінки якості показників покриття.

Висока якість продукції потребує сучасних методів його оцінки. Оцінка якості виробу залежить від оцінок факторів, що визначають його якість. Такими факторами для оцінки якості покриттів, що пропонуються для відновлення, вибрані міцність зчеплення покриття з основою, пористість та зносостійкість. Кожен фактор може мати свій розподіл якості. Тому виникає завдання: знайти оцінку якості виробу, яка б визначалася через оцінки якості факторів, що мають різні розподіли. Побудова оцінки якості виробу пов'язана зі створенням єдиної узагальненої оцінки, яка кількісно визначає якість багатьох чинників. Цю проблему можна вирішити за допомогою запровадження єдиної для всіх факторів штучної метрики. Набору значень кожного фактора потрібно поставити у відповідність

деякий стандартний аналог зі шкалою оцінки якості від 0 до 1. Ця шкала має бути однотипною для всіх значень факторів. Невирішеним завданням є правило комбінування приватних оцінок якостей факторів з оцінкою якості виробу. Харрінтон для оцінки якості об'єкта за деяким фактором застосував асимптотичний розподіл першого типу. Цей нормалізований розподіл не має параметрів. Тому можливий досить простий перехід від значення фактора до ймовірності, яка визначається якістю об'єкта. Харрінтон припустив, що значення факторів, що вимірюються, всі явно завищені, тобто щоразу отримані найбільші значення вимірюваної величини і тому можливо застосувати асимптотичний розподіл першого типу [1].

Будь-яка кількісна оцінка якості, яка визначається одним числом і називається точковою оцінкою, може призвести до помилки, особливо у випадку, коли значення фактора визначено через експертні оцінки. Тому бажано вміти знаходити, крім точкової оцінки якості виробу, інтервальну оцінку якості. Для вирішення задачі побудови моделі якості та її інтегральної оцінки необхідне лише одне значення величини фактора якості. Для точкової оцінки якості виробу можна взяти середнє значення цих розподілів, оскільки дискретна суміш розподілів є функцією розподілу, а «істина» завжди знаходиться посередині. Значення цих асимптотичних розподілів можуть бути межами інтервальної оцінки якості при фіксованому значенні, а середнє їх значень - точковою оцінкою. Нижня та верхня інтервальна оцінка якості обчислюються відповідно за формулами (1) та (2), точкова оцінка якості $-K$ (3):

$$\Phi_1(x) = \exp(-\exp(-x)) \quad (-\infty < x < \infty) \quad (1)$$

$$\Phi'_1(x) = 1 - \exp(-\exp(x)) \quad (-\infty < x < \infty) \quad (2)$$

$$K = (\exp(-\exp(-x)) + 1 - \exp(-\exp(x))) / 2. \quad (3)$$

Інтегральне значення якості I , що складається з факторів, краще знаходити за формулою гармонійного середнього приватних значень K , так як гармонійне середнє менше геометричне середнього, яке в свою чергу менше середнього значення. З іншого боку, $I = 1$ і тоді, коли $K=1$. Інтегральне значення якості дуже чутливе до малих приватних значень якості. Тому інтегральною оцінкою якості пропонується така характеристика як середня гармонійна:

$$I = \frac{m}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{K_j}}, \quad (4)$$

де m – кількість факторів, що входять в інтегральну оцінку.

Питання про вибір і обґрунтування числа факторів, що вводяться в дослідження, вирішується з декількох точок зору, і, перш за все, з точки зору мети дослідження. При газополум'яному напиленні значення факторів якості покриттів (міцність зчеплення, зносостійкість, пористість) знаходяться в межах $5 \text{ МПа} \leq \sigma_{сц} \leq 35 \text{ МПа}$; $0,04 \text{ мг} \leq \Delta \leq 0,14 \text{ мг}$; $8\% \leq \Omega \leq 40\%$ [2]. Виконаний аналіз даних факторів за результатами досліджень показав, що їх середні значення склали: $\bar{\sigma}_{сц} = 20 \text{ МПа}$, $\bar{\Delta} = 0,08 \text{ мг}$, $\bar{\Omega} = 18\%$. Для визначення величин якості розроблена програма в системі Maple, використання якої дозволяє обчислити як

величини якості факторів, знайти інтервальні оцінки якості так і визначити інтегральну оцінку. Тоді по результатам розрахунків отримуємо: величина якості по міцності зчеплення $K_{1\sigma 1} = 0,5$, величина якості по інтенсивності зношування $K_{2\Delta 1} = 0,7597$, величина якості по пористості $K_{3\Omega 1} = 0,8899$. Знайдено верхні та нижні межі величин якості цих факторів $0,3679 \leq K_{1\sigma 1} \leq 0,6321$, $0,6323 \leq K_{2\Delta 1} \leq 0,8871$, $0,7932 \leq K_{3\Omega 1} \leq 0,9867$. Якщо як інтегральний показник якості взяти середнє значення величин середнє геометричне і середнє гармонійне, то отримуємо $I_1 = 0,7165$, $I_2 = 0,6966$, $I_3 = 0,6757$. З проведених обчислень видно, що справді середнє гармонійне є обережна оцінка якості відновленого виробу. Розроблена методика оцінки якості покриття дозволяє оцінити якість технологій, що пропонуються для відновлення деталей, і вибрати найкращу по якості.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Харрингтон (Harrington E.C.) Chem. Engng. Progr. 1993, №59. – С. 132–147.
- 2 Дерябкина Е.С. Влияние щеточной обработки на уровень остаточных напряжений в газопламенных покрытиях /Е.С. Дерябкина // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Збірник наукових праць Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». – Харків, 2013. – Вип. 59. – С. 178–185.

Дитиненко С.О.

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АЛМАЗНО-ІСКРОВОГО ШЛІФУВАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ПІДВИЩЕНОЇ ТВЕРДОСТІ

Традиційно основним методом обробки матеріалів підвищеної твердості є шліфування алмазними кругами на металевих зв'язках. Однак при цьому постійно виникає складна проблема відновлення різальної здатності алмазного круга. Як показує практика, ефективним рішенням у цьому напрямі є застосування методу алмазно-іскрового шліфування (АІШ), розробленого у Харківському політехнічному інституті групою вчених під керівництвом докт. техн. наук, професора Беззубенко М. К. [1]. Поряд із високою ефективністю електроерозійної правки алмазного круга на металевій зв'язці, цей метод забезпечує передруйнування поверхневого шару оброблюваного матеріалу, що полегшує процес різання та підвищує продуктивність, якість та точність обробки. Метод отримав широке застосування на практиці, проте вимагає подальшого розвитку з погляду вибору оптимальних

умов обробки матеріалів підвищеної твердості. Виходячи із цього, у роботі теоретично і експериментально обґрунтовано нові технологічні можливості ефективного застосування алмазно-іскрового шліфування при обробці матеріалів підвищеної твердості. Вони полягають у реалізації високопродуктивних схем глибинного шліфування із невеликою швидкістю деталі й багатопрохідного шліфування зі збільшеною швидкістю деталі, близькою до швидкості круга.

Як відомо, реалізувати схему глибинного шліфування із невеликою швидкістю деталі та шириною шліфування, що дорівнює або близька до висоти круга, у звичайних умовах складно у зв'язку зі збільшенням сили та температури різання. Однак, застосування методу алмазно-іскрового шліфування та безперервне підтримання високої ріжучої здатності алмазного круга, відкриває нові можливості практичної реалізації цієї високопродуктивної схеми шліфування. Це підтверджується практикою її застосування на різних технологічних операціях, включаючи шліфування твердосплавних інструментів, виробів із міцними наплавленими матеріалами тощо [2].

Встановлено, що основною умовою суттєвого підвищення продуктивності обробки є підтримка на робочій поверхні алмазного круга на металевій зв'язці високої гостроти ріжучих зерен. Тому для ефективного здійснення алмазно-іскрового шліфування необхідно реалізувати умову мінімуму відносної витрати алмазу, що визначається оптимальним розміром лінійного зношування зерен до моменту їх об'ємного руйнування або випадіння зі зв'язки алмазного круга без руйнування. Для цього необхідно своєчасно видаляти затуплені алмазні зерна із металевої зв'язки круга, що досягається, в першу чергу, застосуванням алмазно-іскрового шліфування.

Показано, що величина лінійного зношування зерен до моменту їх об'ємного руйнування або випадіння зі зв'язки круга без руйнування із усіх фізичних параметрів шліфування найбільше впливає на продуктивність обробки та інші технологічні показники алмазно-іскрового шліфування. Чим вона менше, тим більше може бути досягнуто продуктивність обробки. Однак, забезпечення високої гостроти різального рельєфу алмазного круга призводить до його підвищеного зношування і підвищеної відносної витрати алмазу та технологічної собівартості обробки. Тому в процесі алмазно-іскрового шліфування необхідно домогтися підтримки мінімального значення відносної витрати алмазу.

Встановлено також, що крім підтримки на робочій поверхні алмазного круга високої гостроти ріжучого рельєфу, метод алмазно-іскрового шліфування фактично виключає тертя металевої зв'язки алмазного круга з оброблюваним матеріалом – основного джерела високої енергоємності обробки та, відповідно, високих значень сили та температури. Це дозволяє додатково підвищити продуктивність та якість обробки, виключити утворення температурних дефектів на оброблюваній поверхні.

Новим напрямом ефективного застосування алмазно-іскрового шліфування слід розглядати підготовку алмазного круга на металевій зв'язці для створення на його робочій поверхні плосковершинних зерен, що забезпечують суттєве зменшення шорсткості обробленої поверхні при шліфуванні – до значення

$Ra=0,1$ мкм. У цьому випадку алмазний круг для якісного розпорошення його алмазоносного шару попередньо піддають електроерозійному правленню. Потім цим кругом здійснюють шліфування алмазного олівця, що дозволяє зрізати гострі вершини алмазних зерен круга.

У результаті на робочій поверхні алмазного круга утворюються плосковершинні зерна, шліфування якими різко зменшує висоту мікронерівностей на обробленій поверхні, особливо при шліфуванні твердосплавних виробів. Розроблений на цій основі високоефективний технологічний процес шліфування алмазними кругами із плосковершинними зернами на металевій зв'язці впроваджено в інструментальне виробництво ДП ХМЗ «ФЕД» на операціях шліфування твердосплавних інструментів, що дозволило підвищити якість обробки та виключити в ряді випадків подальшу трудомістку операцію притирання абразивним порошком.

ЛІТЕРАТУРА

1 Беззубенко Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов: автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.03.01 «Процессы механической обработки, станки и инструменты» / Н.К. Беззубенко. – Харьков: Харьк. гос. техн. ун-т., 1995. – 56 с.

2 Технологии производства: проблемы и решения : монография / Ф.В. Новиков, В.А. Жовтобрюх, С.А. Дитиненко, А.Г. Крюк, Н.Ф. Савченко, В.Г. Шкурупий, В.И. Полянский, И.А. Рябенков, Д.Ф. Новиков. – Днепр: ЛИРА, 2018. – 536 с.

Жовтобрюх В.О.

Технічний Центр «ВаріУс», Дніпро, Україна

INDUSTRY 4.0: РОЗУМНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ РОЗУМНОГО ВИРОБНИЦТВА

Ми, як інжинірингова компанія, що здійснює повний комплекс із впровадження у виробництво обладнання, оснащення, інструменту та технологій – відчуваємо деяке відставання можливостей різального інструменту від верстатів. А це означає, що саме функціональність інструменту в даний час визначає існуючий рівень продуктивності в металообробці, особливо, коли це стосується виготовлення складних виробів для аерокосмічної галузі з нових важкооброблюваних матеріалів.

Виробництво виробів, що відповідають сучасним запитам суспільства: побутової техніки, сільгоспобладнання, економічних та надійних літальних апаратів, автомобілів та морських суден тощо, постійно потребує нових матеріалів, що

мають покращені властивості. Вони повинні бути міцними, недорогими, теплостійкими, зносостійкими та стійкими до агресивних середовищ. Це, у свою чергу, стимулює провідних світових верстатобудівників удосконалювати обладнання, щоб обробляти вироби з необхідною потужністю, необхідною кінематикою та максимально можливою універсальністю. Але в цьому процесі між інноваційним матеріалом та верстатом завжди знаходиться ще один важливий елемент конструкції – інструмент. Наскільки він добрий, наскільки підходить саме для обробки даної деталі з даного матеріалу, для даного процесу та даного виробництва? – Питання, яке хвилює технолога підприємства, яке стоїть перед вибором інструменту для виконання нового завдання замовника.

Незважаючи на те, що можливості програм, що значно зросли, для тривимірного моделювання інструменту, а також конструкторсько-технологічних систем CAD/CAM дозволяють досягати відмінних результатів, пропонуючи інноваційні конструкції державок і нові форми пластин для обробки екзотичних матеріалів, на мій погляд, недостатньо застосовувати тільки традиційні методи розробки різального інструменту, спрямовані на досягнення кращої продуктивності та надійності. Наприклад, у сучасних літаках значно збільшилася кількість деталей, виготовлених із композиційних матеріалів. А для їхньої ефективної механічної обробки потрібен спеціальний різальний інструмент з новими властивостями. Це є ключовим моментом для технологічного стрибка в аерокосмічній промисловості.

Сьогодні металообробні підприємства ставлять виробникам ріжучого інструменту інші завдання, ніж навіть 5 – 10 років тому. У цифрову епоху замовник чекає від них постійної участі не тільки у фізичному, а й у віртуальному виробництві, а отже – зручній інформації, необхідній фахівцям клієнта для моделювання процесів, для інтеграції складання інструментів та оснащення, а також для багато іншого, що впливає на процес підготовки виробництва [1, 2].

Сучасним менеджерам підприємств все частіше потрібні вичерпні дані про інструмент, необхідний доступ до різної інформації, що дозволяє створювати моделі-близнюки, виконувати інженерні та економічні розрахунки, аналізувати термін служби інструменту, виконувати негайні налагодження та автоматичні заміни. Розробка різального інструменту на основі всієї бази знань та компетенцій, а також оцифрування у форматах, зручних як для його споживача, так і виробника обладнання, стає вимогою часу.

У цьому полягає основна особливість процесу розвитку ріжучого інструменту відповідно до концепції Industry 4.0, завдання якої у галузі промислового виробництва полягають у підвищенні його ефективності завдяки інтеграції у технологічні процеси кіберфізичних систем. Локомотивом у цьому процесі, як завжди, є найбільші світові компанії з виробництва металорізального інструменту. А лідерами в інноваціях можна назвати: ISCAR (Ізраїль), TaeguTec (Південна Корея) та Tungaloy (Японія).

Завдання Industry 4.0. в галузі промислового виробництва полягають у підвищенні його ефективності завдяки інтеграції у технологічні процеси кіберфі-

зичних систем (CPS). При цьому все обладнання, інструмент, оснащення, матеріали оснащуються датчиками зворотного зв'язку та/або засобами ідентифікації, які формують загальну базу даних про свої властивості, положення, стан тощо та можуть обмінюватися між собою інформацією й переміщуватися згідно складеному алгоритму, без втручання людини, для того, щоб виробити продукцію певної якості та у заданій кількості.

У таких умовах дуже важливо, щоб процес підбору інструменту був швидким, простим та зручним для виробників. Ось із цього і починається «Індустрія 4.0» для інструменту! Тобто його весь час має супроводжувати інформація, на кожному етапі життєвого циклу. А для цього виробники різального інструменту все інтенсивніше оцифровують процеси розробки та виробництва. Щоб контролювати та покращувати якість, збільшувати надійність та передбачуваність терміну служби інструменту. При цьому на перший план виходить завдання розроблення такого інструменту, який "уміє спілкуватися" з іншими пристроями за допомогою технологій ІТ, мовою, єдиною для всіх засобів виробництва, на основі єдиних специфікацій, стандартів, баз даних. Тобто для ріжучого інструменту повинен створюватися цифровий двійник, який буде носієм всієї необхідної виробникам інформації про нього.

Наприклад, якщо зараз машинобудівні підприємства використовують у своїй роботі сучасні CAD/CAM-системи, то цифровий двійник інструменту має бути інтегрований у них для того, щоб допомогти у виборі інструменту для певних завдань. При цьому може бути завантажений великий обсяг інформації про його геометричні параметри, режими, оброблювані ним матеріали, досвід експлуатації і т. д. Крім того, вся інформація повинна бути постійно оновлюваною. Дане програмне забезпечення має легко встановлюватися як на комп'ютер або планшет, так і смартфон. Це відкриває інструменту «двері» у виробництво, бо без цього він уже просто стоятиме, як сувенір на полиці.

Оцифрування інформації щодо інструменту демонструє наша віртуальна виставка – там весь інструмент і супутнє оснащення представлені в 3D-форматі, завдяки чому металообробники можуть розглянути його з усіх боків, а конструктор – завантажити в CAD /CAM-систему та заощадити час технолога при розробці техпроцесу. Така форма подачі інформації дозволяє виробникам звертатися до нас у компанію вже з повним розумінням того, який інструмент необхідний. І після кількох додаткових питань отримати найбільш ефективний варіант.

ЛІТЕРАТУРА

1 Жовтобрюх В.А. Повышение эффективности механической обработки деталей гидравлических систем путем выбора рациональных параметров операций по критерию себестоимости: дис. ... канд. техн. наук по специальности 05.02.08 "Технология машиностроения" / Жовтобрюх Валерий Алексеевич. – Мариуполь: ПГТУ, 2012. – 233 с.

2 Жовтобрюх В.А. Проектирование и автоматизированное программирование современных технологий для станков с ЧПУ : монография / В.А. Жовтобрюх, Ф.В. Новиков. – Днепр : ЛИРА, 2019. – 480 с.

Жовтобрюх В.О.
Технічний Центр «ВаріУс», Дніпро, Україна
Литовченко І.В., Новіков Ф.В.
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РІЗАННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ ЗА КРИТЕРІЄМ НАЙМЕНШОЇ СОБІВАРТОСТІ ОБРОБКИ

Розроблено методику розрахунку оптимальних режимів різання та стійкості твердосплавних інструментів із зносостійкими покриттями за критерієм найменшої собівартості обробки для умов високошвидкісного різання, яка є основою створення високопродуктивних технологічних процесів лезової обробки, що забезпечують зменшення собівартості обробки до економічно прийняттого рівня, достатнього для ефективного застосування сучасних високооборотних верстатів з ЧПУ типу «обробний центр» і коштовних збірних конструкцій твердосплавних інструментів зарубіжного виробництва на машинобудівних підприємствах України. Використовуючи запропоновану методику розрахунку, проведено оцінювання економічної ефективності й надано практичні рекомендації відносно застосування збірних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями на операції фрезерування деталей з важкооброблюваних матеріалу (сталь Х2ГСНВМ-ВД) збірної фрезою $\varnothing 42$ мм (оснащеною пластинами з твердого сплаву ТТ9030 зі зносостійким покриттям) замість вітчизняної монолітної фрези $\varnothing 40$ мм, виготовленої зі швидкорізальної сталі Р18. Це дозволило до 10 разів підвищити продуктивність обробки й приблизно в стільки ж разів зменшити собівартість обробки. На основі розробленої методики також проведено вибір раціональних параметрів операцій механічної високошвидкісної обробки на операції точіння заготовок із сталі різцями, оснащеними ріжучими пластинами із твердих сплавів ТТ8115, ТТ8125 і ТТ8135 зі зносостійким покриттям. Показано, що у цьому випадку швидкість різання може бути збільшена до 500 м/хв, а стійкість інструменту рекомендується встановлювати в межах 15 хв, що дозволяє домогтися істотного збільшення продуктивності обробки.

Експериментально встановлено, що застосування сучасних збірних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями на операціях точіння, розточування, фрезерування й свердління деталей гідравлічних систем (плунжера, п'яти, втулки сферичної) дозволило в середньому в 3 – 5 разів підвищити продуктивність і зменшити собівартість обробки при забезпеченні необхідних показників якості оброблюваних поверхонь. Встановлено, що токарно-фрезерні обробні центри серії PUMA SMX компанії «DOOSAN Infracore Machine Tools» – це нове покоління багатofункціональних обробних верстатів, які відрізняються

високою продуктивністю, точністю та простотою в експлуатації, надають можливість використання кращих рішень в класі багатофункціонального обладнання. Токарно-фрезерні центри серії SMX є світовим лідером в своєму класі й забезпечують високі показники високоточної обробки за рахунок застосування системи мінімізації термічної деформації, заснованої на функціях температурної компенсації в процесі високошвидкісного різання.

Показано, що сплав TT7505 ефективно використовувати для високошвидкісної обробки чавуну, а міцний сплав TT8080 – для обробки нержавіючих і жароміцних сплавів південнокорейського виробництва. Для обробки композиційних матеріалів рекомендується використовувати фрезерні пластини зі сплаву PCD (полікристалічний алмаз), кінцеві твердосплавні фрези й свердла з алмазним покриттям. Ці нові інструментальні рішення задовольняють унікальним умовам різання важкооброблюваних матеріалів, оскільки об'єднують в собі переваги спеціального сплаву, видозміненої геометрії ріжучої кромки й високих термохімічних властивостей алмазного покриття.

Встановлено, що конфігурація твердосплавних кінцевих фрез RCFE TaeguTec з алмазним покриттям для обробки вуглепластиків, також як і фрез RRFE-типу, виключає розшарування, знижує зусилля різання й вібрації, забезпечуючи високу продуктивність інструменту при чорновій обробці. Відмінною особливістю RCFE-фрез є кілька каналів для відведення стружки, що дозволяє працювати на підвищених режимах. Для чистової обробки композитів рекомендується використовувати твердосплавну кінцеву фрезу серії RCOM (компанії TaeguTec) з алмазним покриттям, яка виключає розшарування, запобігаючи утворенню задирки, і представлена в 2-х конфігураціях: з лівим і правим напрямком спіралей канавок. Для високопродуктивної обробки композитів рекомендується використовувати ріжучі тверді сплави компанії TaeguTec, що дозволяють забезпечити найвищу стійкість інструменту. Так, інноваційний PCD-сплав TD830, виготовлений з ультрадрібної алмазної фракції, показує високу зносостійкість, міцність та якість кромки, характеризується винятковою стійкістю до абразивного зносу й значною термічною стабільністю.

Для обробки волокнистих вуглепластиків рекомендується новий сплав TTD610. Завдяки передовій технології нанесення наноалмазного покриття, цей сплав забезпечує неперевершену стійкість інструменту й високу стабільність обробки, відрізняється високою абразивною зносостійкістю (твердість більше 8000 за Віккерсом), забезпечує високі показники теплопровідності та ударної стійкості.

Для механічної обробки прес-форм і штампів, коли доводиться фрезерувати тонкостінні заготовки з різних за оброблюваністю матеріалів, пропонується високопродуктивна серія фрез і пластин ChaseFeed, яка може бути застосована й для чорнових операцій. Застосування наведених практичних рекомендацій в діяльності Технічного Центру «ВаріУс» (м. Дніпро) дозволило підвищити ефективність розробки технологічних процесів обробки деталей машин, виготовлених із матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями, на основі застосування високошвидкісного різання на різних технологічних операціях механічної обробки.

Жовтобрюх В.О.
Технічний Центр «ВаріУс», Дніпро, Україна
Новіков Д.Ф.
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ МАТЕРІАЛІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Теоретично встановлено й практикою підтверджено, що основною умовою підвищення продуктивності та якості обробки є застосування високошвидкісного різання лезовими інструментами, які характеризуються високою продуктивністю різання та зносостійкістю, здатними здійснювати ефективну обробку в умовах підвищених значень температури й сили різання. До таких інструментів слід віднести збірні твердосплавні інструменти зі зносостійкими покриттями виробництва компанії TaeguTec (Південна Корея), які за рахунок застосування нових марок твердих сплавів і методів нанесення на них зносостійких покриттів дозволяють суттєво підвищити фізико-механічні властивості інструментальних матеріалів і, відповідно, домогтися високих техніко-економічних показників обробки, особливо при обробці деталей машин, виготовлених з матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями. Застосування цих інструментів забезпечує зменшення енергоємності обробки, а, отже, можливість асимптотичного наближення температури різання до максимального значення, рівного температурі нагрівання стружки. У зв'язку зі зменшенням енергоємності обробки температура різання може приймати відносно невеликі значення, що дозволяє реалізувати режим високошвидкісного різання й, відповідно, підвищити продуктивність і якість обробки. Сила різання в цьому випадку також зменшується, оскільки зменшується енергоємність обробки.

Встановлено важливий практичний висновок, який полягає в тому, що застосування збірних ріжучих твердосплавних лезових інструментів зі зносостійкими покриттями на тих самих режимах різання, на яких застосовуються традиційні твердосплавні інструменти, призводить до достатньо суттєвого збільшення стійкості інструменту й лише до незначного зниження витрат і, відповідно, собівартості обробки. Збільшення продуктивності обробки за рахунок збільшення швидкості різання дозволяє домогтися суттєвого зменшення витрат і, відповідно, собівартості обробки. Це зумовлює ефективне застосування на підприємствах України сучасних збірних ріжучих твердосплавних лезових інструментів зі зносостійкими покриттями зарубіжного виробництва.

Експериментальні дослідження, виконані в виробничих умовах, показали, що завдяки цій фізичній закономірності процесу різання продуктивність обробки може бути збільшена до 10 разів за економічно прийнятною собівартістю й

необхідною якістю обробки (відсутність на оброблених поверхнях припикань, мікротріщин, мікровідколів та інших дефектів). Цьому також сприяє й зменшення глибини проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі. Проведені теоретичні дослідження показали, що основною умовою підвищення точності обробки, які викликані пружними переміщеннями в технологічній системі, є зменшення енергоємності обробки й збільшення відношення тангенціальної та радіальної складових сили різання. Встановлено, що чим менше інтенсивність тертя в зоні різання, тим менше енергоємність обробки й більше відношення тангенціальної та радіальної складових сили різання, а це призводить до підвищення точності та в цілому якості обробки. Отже, забезпечення високої ріжучої здатності лезового інструменту в процесі різання є основною умовою підвищення ефективності обробки, що досягається від застосування збірних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями при високошвидкісному різанні.

На цій основі у роботі науково обгрунтовано вибір раціональних методів механічної обробки, включаючи вибір ріжучого інструменту, верстата та оптимальних режимів різання, що дозволило вирішити ряд важливих практичних завдань ефективної обробки. Так, розроблено та впроваджено у виробництво ефективний технологічний процес обробки складнопрофільних робочих поверхонь сектора прес-форми для шини діаметром 2200 мм із застосуванням збірних твердосплавних фрез зі зносостійкими покриттями замість традиційних монолітних фрез. Це дозволило в 11,5 разів зменшити трудомісткість обробки. Застосування збірних ріжучих твердосплавних лезових інструментів зі зносостійкими покриттями на операціях точіння, розточування, фрезерування і свердління деталей «упір передній» і «циліндр», виготовлених з важкооброблюваних матеріалів, дозволило значно знизити собівартість і підвищити продуктивність та якість обробки. Важливі результати отримано у результаті розроблення та впровадження у виробництво ефективної технології обробки турбінних лопаток – досягнуто збільшення продуктивності обробки на 50 %, а також під час розроблення та впровадження спеціальних складнопрофільних твердосплавних інструментів виробництва компанії TaeguTec (Південна Корея) на різних операціях металообробки на підприємствах України.

Встановлено ефективність застосування на операціях токарної обробки нових збірних конструкцій ріжучих інструментів із пластинами зі стружколомаючою геометрією PC і FC, виготовлених зі сплаву TT8115, для високопродуктивної обробки сталі. Двосторонні пластини з новою стружколомаючою геометрією PC для напівчистої обробки і FC для чистої обробки забезпечують поліпшений відвід стружки при точінні деталей із кованих сталей, які використовуються в автомобілебудівній промисловості. Застосування пластин зі сплаву TT8115 дозволяє обробляти сталь на високих швидкостях різання як із застосуванням MOP, так і без неї, що вигідно відрізняє їх від роботи напайними пластинами та пластинами інших виробників. Це дозволяє зменшити собівартість одиниці продукції й поліпшити умови праці верстатника. Підвищена ударна в'язкість і оптимальна стійкість пластини зі сплаву TT8115 при роботі на високих швидкостях різання дозволяє її ефективно використовувати в умовах серійного й масового виробництва.

ВКЛАД МІСЦЕВИХ І РЕГІОНАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ В СТАЛИЙ РОЗВИТОК

Стійкий розвиток – важлива мета, яку компанії мають переслідувати щодо подолання періоду економічної кризи, пост пандемічного та повоєнного відновлення. Виробництво має лежати в основі стратегічного відновлення економіки, щоб забезпечити більшу стійкість та потенціал реагування, а також мобілізувати дослідницький та проектний потенціал на глобальному рівні за рахунок розширення можливостей місцевих та регіональних мереж у зв'язку з глобальними ланцюжками поставок. У цьому контексті важливо забезпечити високі запити уряду, виробничників, суспільства та вселити в них довіру, щоб вони могли визначати параметри відновлення та залучати зацікавлені сторони у ланцюжках поставок для підвищення авторитету виробничого сектору, використовуючи зобов'язання щодо зміни клімату та методології економіки замкнутого циклу. Сучасні технологічні виробничі галузі повинні зберігати свою конкурентоспроможність, а інновації у процесах і продуктах вже можуть бути недостатніми для стимулювання попиту. Стратегічні інновації – один із можливих варіантів вирішення цієї проблеми [1, 2].

Проте методи реалізації цієї нової парадигми досі недостатньо вивчені. Відновлення промисловості залежить від зміцнення ролі місцевих та регіональних виробничих систем. У той час як багато компаній продовжують розміщувати своє виробництво за кордоном або просто імпортувати напівфабрикати та готові промислові товари, нова хвиля виробників налагоджує зв'язки з місцевою та регіональною промисловою мережею. В останні роки спостерігається хвиля переорієнтації діяльності в розвинених країнах, на яку може припадати від 15 % до 30 % [2].

Це пояснюється поєднанням наступних факторів: підвищуються стандарти якості; мінімізація термінів виконання замовлень; інтелектуальна власність; покращуються зв'язки між проектуванням та виробництвом, дослідженнями та розробками; поліпшенням соціальних та екологічних умов; складнощі, пов'язані зі зміною режиму виробництва чи торгівлі.

Розширення зв'язків між сферою освіти, науковими дослідженнями та виробником через місцеві та регіональні мережі може позитивно вплинути на існуючі моделі виробництва, які зосереджені на зміщенні трудомістких та ресурсно-містких видів діяльності у бік діяльності з вищою вартістю, забезпечуючи повний зв'язок виробництва з локальними мережами та надання простору для експериментів та інновацій, які потім можуть бути реалізовані за допомогою виробництва.

Зміцнення зв'язку між місцевими, регіональними та глобальними ланцюжками постачання також узгоджується з принципами економіки замкнутого циклу та бізнес-моделями, орієнтованими на збереження вартості ресурсів, що стимулює нові види інвестиційної діяльності, такі як повторне використання, перепрофілювання, переробка та переробка. Більш тісні зв'язки між циклами виробництва та споживання та їх зв'язок із орієнтованими на попит інноваціями, зумовленими актуальними місцевими проблемами та рішеннями, закладають основу для більш сталих моделей споживання та виробництва (ЦСР 12) [3, 4].

Відповідно до ЦСР 9 (створення сталої інфраструктури, сприяння інклюзивної та сталої індустріалізації та сприяння інноваціям) необхідна програма спільного розвитку, в якій дослідження, проектування, розробка та виробництво тісно пов'язані з інноваційними дослідженнями, які розуміють та враховують місцеві потреби в межах існуючої. Це вимагає створення умов для виникнення бізнес-екосистем та забезпечення спільного використання ресурсів, обміну знаннями та матеріалами (включаючи енергію та тепло), а також просування циклічних моделей, у яких продукти, компоненти та матеріали відновлюються у рамках виробничих циклів.

Перехід від лінійної виробничої системи до замкнутої потребує глобальних політичних зобов'язань, а також забезпечення їх дотримання, нарощування потенціалу як у приватному, так і в державному секторах та заохочення технологічних та просторових перетворень відповідно до вищевикладеного. Що ще важливіше, це нова політика, правила та добровільні угоди, які гарантують, що пакети відновлення не просто використовуються для повернення до «звичайного бізнесу», а справді перетворюють та створюють умови для нового виробничого сектору. Вони повинні закласти основу для стійких змін у напрямку сталого та інклюзивного промислового розвитку, що поєднує визначні екологічні та соціальні умови для всіх та нові регенеративні способи створення вартості.

Регенеративне виробництво має спиратися на такі стовпи:

1 Зелені технології.

2 Інтеграція соціальних та екологічних наслідків протягом усього життєвого циклу.

3 Переосмислення виробничих циклів для переходу від сировини до утилізації (з основними конструктивними та технологічними особливостями та заходами після закінчення терміну служби, щоб гарантувати, що продукти, компоненти та матеріали будуть відновлені в кінці терміну їх корисного використання, тобто практика економіки замкнутого циклу).

4 Найкраща відповідність між суспільними, місцевими та регіональними потребами та створенням цінності для всіх.

Політика відіграє важливу роль у забезпеченні змін у всіх цих сферах. Пакети політики відновлення можуть включати комбінацію таких інструментів:

1 Стимули для впровадження технологій відстеження, включаючи блокчейн з детальною інформацією про матеріали та процеси від початкового видобутку сировини до готової продукції у вигляді паспортів матеріалів.

2 Стимули для впровадження ресурсоефективних та вуглецево-нейтральних або вуглецево-позитивних технологій для суттєвого зниження впливу виробництва на навколишнє середовище.

3 Схеми розширеної відповідальності виробника, що охоплюють весь ланцюжок поставок та підтримують бізнес-моделі, зосереджені на продовженні терміну служби, переробці та відновленні продуктів, компонентів та матеріалів.

4 Стимули для розвитку знань та інноваційної діяльності, а також створення місцевого потенціалу на основі навичок, знань та міжгалузевого співробітництва.

5 Підтримка розвитку технологічних центрів, інноваційних кластерів та виробничих лабораторій, які спираються на місцеві та регіональні можливості та забезпечують доступ до навчання та цифрових технологій.

6 Просування еко-промислових парків та стійких бізнес-зон для поширення фізичного та інтелектуального досвіду у різних видах діяльності та спільного використання інфраструктури запобігання забруднення та відновлення продуктів, компонентів та матеріалів.

У такому переході важливе значення має роль міжнародних організацій, таких як ЮНІДО, для надання допомоги в налагодженні партнерських відносин, для створення інноваційних рамок і механізмів міжнародного співробітництва для забезпечення сталого майбутнього. Міжнародна дорожня карта для сталого виробництва може закласти основу для більш тісного узгодження цілей ЦСР та допомогти розкрити місцевий та регіональний творчий потенціал в інноваційних формах виробництва, пов'язаних із місцевими потребами, що враховують соціальні та екологічні умови.

ЛІТЕРАТУРА

1 Івашура А.А. Еколого-економічний світогляд і традиції природокористування в українській культурі : монографія / А.А.Івашура, О.П.Винник. – Харків: ХНЕУ, 2008. – 91 с.

2 Green recovery in the mature manufacturing industry: The role of the green-circular premium and sustainability certification in innovative efforts / Appollon A., Jabbour C., D'Adamo I., Gastaldi M., Settembre-Blundo D. // *Ecological Economics*. 2022. – Vol. 193. – P. 107311.

3 Ivashura A. Environmental safety in the context of ecological and economic models of territorial development / Ivashura A., Borysenko O., Logvinkov S. // *Екологічна безпека – сучасні напрямки та перспективи вищої освіти: матеріали I міжнародної інтернет-конференції*, (Харків, 25 лют. 2021). – Харків, 2021. – С. 147–148.

4 Ivashura A.A. Sustainability problems with ecologically balanced production growth / A.A.Ivashura, O.M.Borysenko, S.M.Logvinkov // *Ecology, environmental protection and balanced environmental management: education – science – production – 2021: Abstracts of XXIV International scientific conference*, Kharkiv, April 29-30 2021p. – Kharkiv, 2021. – P. 11–12.

Калюжний О.Б.
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Платков В.Я.
Луганський національний аграрний університет,
Старобільськ, Україна

ЗБІЛЬШЕННЯ МІЦНОСТІ МЕЖ ПОРОВИХ ПЕРЕГОРОДОК ПОРИСТОГО ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНУ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Розвиток машинобудівного виробництва в Україні передбачає широке використання матеріалів стійких до агресивного середовища, в тому числі пористих полімерних матеріалів. Однією з важливих тенденцій в області полімерного матеріалознавства є розробка і вивчення пористих матеріалів на основі політетрафторетилену (ПТФЕ).

Недоліком фільтруючих матеріалів на основі пористого ПТФЕ є неможливість використання їх при підвищених температурах. Цей недолік обумовлено тим, що в зазначеному інтервалі температур міжпорові перегородки каркаса ПТФЕ стають еластичними, внаслідок чого поровий простір здатен до пружної деформації. Це знижує надійність роботи фільтруючих елементів і підвищує ймовірність проскакування частинок забруднення, розміри яких значно перевищують номінальну товщину фільтрації.

З метою підвищення стійкості порового простору пористого політетрафторетилену при підвищених температурах були приготовлені композити на основі комерційного ПТФЕ.

В якості армуючих матеріалів використовувалися високоочищений графіт марки МГ-1 (ВГ) і порошок активованого вугілля (АВ). Одержані деформаційні криві і значення твердості НРВ ПТФЕ і композитів на його основі. Твердість композиційних матеріалів визначалася твердоміром Роквелла ТК-2М. Додавання армуючого матеріалу в ПТФЕ призводить до зниження міцностних властивостей композиту. Межа плинності σ_0 , межа міцності σ_{\max} і максимальна деформація в момент руйнування ϵ_{\max} найменші у композиту ПТФЕ + 20% АВ, а найбільші у композиту ПТФЕ + 20% ВГ. Зменшення вмісту вуглецю в ПТФЕ до 10% супроводжувалося зростанням σ_0 , σ_{\max} і ϵ_{\max} (табл. 1).

Таблиця 1 – Механічні властивості ПТФЕ і композитів на його основі

Композити	Твердість по НРВ	σ_0 , МПа	σ_{\max} , МПа	ϵ_{\max} , %
ПТФЕ	4,1	10,6	31,8	254
ПТФЕ + 20ВГ	88,3	9,8	12,0	53
ПТФЕ + 10АВ	99,1	6,1	10,7	48
ПТФЕ + 20АВ	8,5	3,2	5,4	25

Твердість ПТФЕ становила 4,1, а додавання 20 % графіту і 10% вугілля в композиційні суміші збільшили значення твердості до значень 88,3 і 99,1 відповідно. Додавання 20% вугілля в композиційну суміш збільшило значення твердості в 2 рази у порівнянні з ПТФЕ.

Незважаючи на те, що значення границь міцності та коефіцієнтів пружності композитів ПТФЕ + 20% ВГ і ПТФЕ + 10% АВ близькі, з економічної точки зору доцільно використовувати композиційний матеріал армований графітом.

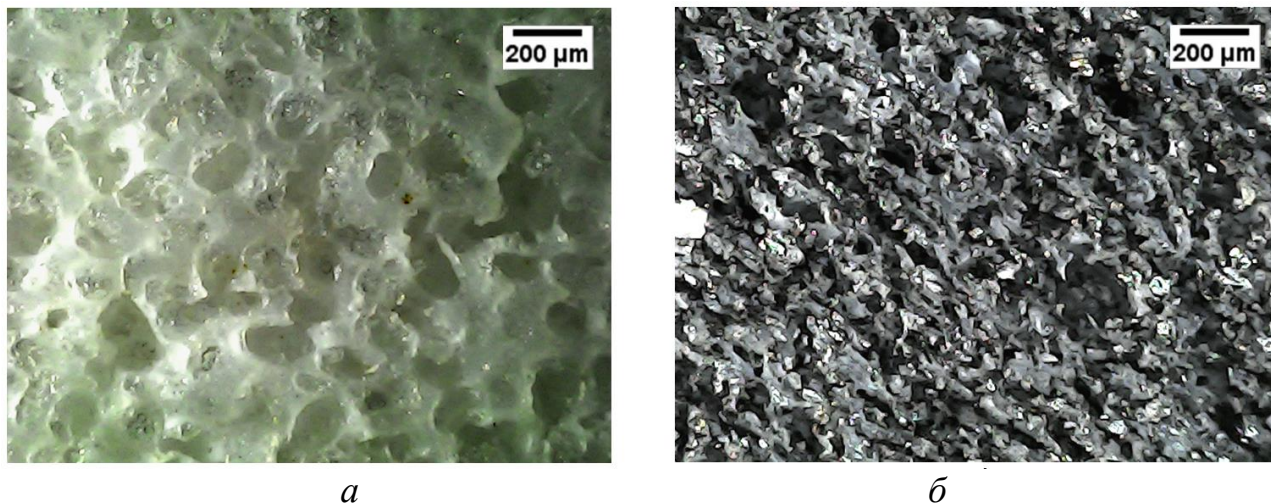


Рисунок 1 – Структура пористого ПТФЕ (а) і пористого композиту ПТФЕ + 20% ВГ (б) з $\varphi = 80\%$

Розроблено технологічний процес отримання пористих композитів на основі ПТФЕ з полімерної матрицею армованої графітом МГ-1. При отриманні об'ємних пористих композитів з відкритою пористістю і контрольованою поровою структурою в якості пороутворювача використовувався хлористий натрій, який віддалявся з заготовок за допомогою вилуговування. Одержано пористі матеріали на основі ПТФЕ з пористістю $\varphi = 80\%$, а так само пористі композити на основі ПТФЕ армовані графітом з тієї ж пористістю. Оптико-мікроскопічні дослідження пористого ПТФЕ і пористого композиту на основі ПТФЕ, армованого графітом, показали ідентичність їх порових структур (рис. 1). Запропоновано метод оцінки однорідності порових структур за допомогою багаторазових вимірювань мікротвердості в різних областях пористих полімерів. Мікротвердість пористих ПТФЕ визначалась методом Шора (HСа). Значення мікротвердості пористих ПТФЕ дорівнювала 49 HСа, а значення мікротвердості пористого композиту на основі ПТФЕ армованого графітом була 59 HСа. Встановлено, що розроблений технологічний процес отримання пористого ПТФЕ і пористого композиту на основі ПТФЕ, армованого графітом, забезпечує формування однорідних порових структур.

Таким чином армування графітом полімерної матриці пористих ПТФЕ зменшує еластичність межпорових перегородок і збільшує їх міцність. Це дозволило отримати фільтруючі матеріали, здатні зберігати задані параметри порової структури і надійно працювати при підвищених температурах аж до 250 °С.

Камчатна-Степанова К.В., Набока О.В., Скидан Н.П.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна
Новіков Ф.В.

Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Харків, Україна
Півень Л.В.

Донецький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти,
Краматорськ, Україна

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ ШЕВРОННИХ ЗУБЧАТИХ КОЛІС

Підвищення продуктивності зубофрезерування шевронних зубчатих коліс тісно пов'язане з забезпеченням раціональних геометричних параметрів ріжучої частини черв'ячних фрез [1, 2]. Дослідження нарізання зубчастих коліс $m = 10$ мм, сталь 45, HB 170-210, черв'ячними затилованими фрезами з позитивним переднім кутом $\varphi = 10^\circ$ при режимах різання: $V = 24-23$ м/хв, $S = 1,6-2,47$ мм/об. показали, що стійкість цих фрез збільшується в порівнянні зі стійкістю фрез, які мають $\varphi = 0^\circ$, в 1,5 рази. Споживання верстатом потужності на процес різання зменшується на 15 - 20%, що дозволяє збільшити подачу інструменту. Однак при роботі на швидкостях понад 28 м/хв ця різниця зменшується, а при $V = 37$ м/хв спостерігається протилежне явище.

Лабораторні та виробничі дослідження факторів, що впливають на шорсткість поверхонь зубів, показали, що найбільший вплив з них має подача і швидкість різання.

Зі збільшенням подачі висота мікронерівностей збільшується, інтенсивніше при подачах більше 1 мм/об. При збільшенні швидкості різання від 8 до 12 м/хв збільшується висота мікронерівностей, подальше збільшення швидкості різання до 18 м/хв практично не впливає на шорсткість, а при швидкостях вище 18 м/хв якість обробленої поверхні покращується.

Залежність шорсткості поверхні зубів від режимів різання свідчить про її зв'язок з процесом формування наростоутворення. Спостерігається збільшення шорсткості з ростом модуля нарізаних зубів, що пов'язується зі зниженням жорсткості системи ВПД. Зміна переднього кута черв'ячної фрези в межах $0^\circ - 6^\circ$, а заднього – від 8° до 15° не мали помітного впливу на шорсткість поверхні в умовах, що вивчаються.

Найкращу якість поверхні надають сталі, які мають мікроструктуру дрібнозернистого перліту. Підвищення твердості оброблюваного матеріалу з HB 200 до HRC 47 знижує висоту мікронерівностей у 2 рази. Відзначено збільшення в умовах виробництва шорсткості в 2–3 рази при обробці сталей марок 35ХМЛ, 30ХГН, 34ХНЗА, особливо на заготовках великих розмірів (лиття, вковки). При модулі нарізаних зубів понад 20 мм не вдається за допомогою черв'ячної фрез отримати шорсткість менше $R_z = 20$ мкм [1].

Враховуючи результати цих робіт відносно до чистового нарізання коліс великого модуля, ми бачимо, що застосовувані швидкості різання на важких зубофрезувальних верстатах ($V = 12 - 18$ м/хв) являють собою несприятливий по відношенню до шорсткості інтервал швидкостей. У зв'язку з цим необхідно створювати нові швидкісні та жорсткі зубофрезувальні машини.

Внаслідок доцільності застосування для напівчистового та чистового зубофрезування черв'ячних фрез зі зменшеним профільним кутом зубів запропонована нова методика їх профілювання [1, 2]. Для підвищення точності фрез і оброблюваних ними коліс, відправну точку профілювання, в якій визначається профільний кут основного архімедового черв'яка фрези, рекомендується розташовувати не на початковому циліндрі базового евольвентного гелікоїда, а в середині робочої ділянки його витка.

Зубооброблення загартованих шевронних зубчастих коліс на сучасних зубофрезувальних верстатах з ЧПУ (рис. 1) дозволяє нарізати зуби без обмеження швидкості різання, в залежності від стійкості твердосплавної фрези та обробляти зі швидкістю до в 5 м/с.

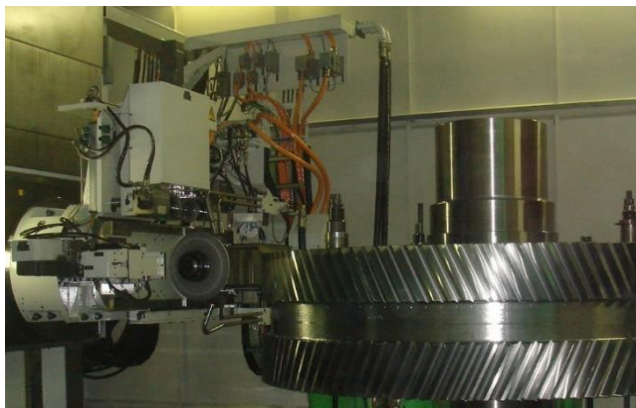


Рисунок 1 – Зубофрезування шевронних коліс на верстаті з ЧПУ

За даними роботи [1], зміна подачі в межах $S = 0,5 - 1,4$ мм/об незначно впливає на точність зубофрезування. При $S = 1,5$ мм/об спостерігається суттєве зростання похибки профілю різаних зубів, відхилення довжини загальної нормалі, накопиченої похибки обводових кроків зубів. Наприклад, при збільшенні подачі з 1,5 мм/об до 2,5 мм/об, тобто в 1,6 рази, похибка профілю зубів збільшилася з 18 мкм до 40 мкм, тобто в 2,2 рази, а накопичена похибка обводового кроку зубів збільшилася з 30 мкм до 65 мкм, тобто в 2 рази. Слід зазначити, що в галузі обробки шевронних коліс великих модулів таких досліджень практично не існує.

ЛІТЕРАТУРА

1 Клочко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Охрименко О.А., Манохін А.С. Динаміка процесу різання при зубофрезеруванні шевронних коліс // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – № 1 (5) 2022. – С. 44–47. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.1(5).06.

*Клименко С.Ан., Клименко С.А., Чумак А.А.,
Копейкіна М.Ю., Рижов Ю.Е.*

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
Київ, Україна
Бурлаков В.І.

Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, Україна

ВІБРО-МАГНІТНО-АБРАЗИВНА ОБРОБКА РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН ІЗ КОМПОЗИТУ НА ОСНОВІ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ ГРУПИ VL

Розвиток сучасного машинобудування пов'язаний з розробкою і впровадженням нових матеріалів. Унікальні властивості надтвердої кераміки на основі кубічного нітриду бору (ПКНБ) дозволяють використовувати її в різних областях техніки, в тому числі, в якості робочих елементів різальних інструментів. У той же час, потрібно враховувати, що технологія формоутворення робочих елементів різальних інструментів багато у чому обумовлює їх працездатність в умовах експлуатації, що потребує створення та використання нових, більш ефективних, методів обробки.

Запропонований метод вібро-магнітно-абразивної обробки (ВМАО), у якому поєднано особливості методів вібро-абразивної (ВАО) і магнітно-абразивної (МАО) обробки – магнітне поле формує в зоні обробки абразивне середовище заданої жорсткості, а вібраційна дія забезпечує поступовий рух оброблюваних виробів крізь це середовище.

У ролі зв'язки абразивного середовища виступає магнітне поле, що створює пружні абразивні стовпчики – ланцюги з окремих зерен. Ступінь пружності цієї зв'язки регулюється зміною напруженості магнітного поля, забезпечуючи різну інтенсивність обробки.

При русі деталі через робочу зону абразивне середовище тисне на вироб в кожній точці його поверхні, що призводить до знімання матеріалу і згладжування мікронерівностей на оброблюваній поверхні.

Для виконання ВМАО виготовлена спеціальної установки, яка оснащена робочим контейнером з карбиду кремнію SiC, який встановлений у внутрішній простір статора трифазного електродвигуна. Обмотка електродвигуна формує в робочій зоні установки магнітне поле (індукція магнітного поля – 0,8–1,2 Тл), а вібраційний вплив забезпечує зворотно-поступальне переміщення (амплітуда вібрацій – 4–5 мм) контейнера вдовж осі статора скрізь робочу зону установки.

Контейнер заповнювався оброблюваними різальними пластинами з ПКНБ групи VL (сBN – 55%, TiC – 45%) та абразивним міксом, до складу якого входять гранули з електрокорунду Al₂O₃, феромагнітний порошок «Феромап» та порошок синтетичного алмазу в кількості 15% від загального об'єму міксу.

Дослідження показали, що найбільшу продуктивність при ВМАО забезпечує добавка до абразивного міксу мікропорошку алмазу АСМ 28/20, що пов'язано зі здатністю частинок алмаза АСМ підтримувати різальні властивості

за рахунок постійного мікросколювання контактних ділянок в результаті навантаження в зоні обробки.

Висота мікронерівностей на обробленій поверхні різальних пластин із ПКНБ асимптотично знижується протягом часу обробки (рис. *a*).

Найбільш інтенсивне зниження шорсткості обробленої поверхні має місце на початковій стадії ВМАО за рахунок інтенсивного впливу на вершини мікронерівностей, сформованих при попередньої абразивної обробке.

ВМАО на протязі 120 хв., дає можливість отримати поверхню з максимально плавними переходами між виступами та впадинами нерівностей та мінімальною кількістю зон, які мають сліди від попередній абразивної обробки.

Таким чином, в процесі ВМАО, завдяки магнітному полю, абразивне середовище притискається до поверхонь пластин, а за рахунок вібраційного впливу здійснюється процес тертя між поверхнями пластин та абразивним середовищем, в наслідок чого відбувається мікровидалення матеріалу, що веде до зменшення шорсткості оброблених поверхонь пластин.

При ВМАО різальних пластин найбільш інтенсивно піддаються обробці саме ділянки сполучення поверхонь пластин, що пов'язано із їх меншою міцністю, а також з високою частотою мікроударів абразивних часток міксу по кромці пластин, що забезпечує можливість формування радіуса заокруглення різальної кромки потрібної величини (рис. *b*).

При ВМАО різальних пластин з ПКНБ групи VL, в залежності від вихідної шорсткості поверхонь виробів, часу обробки та складових абразивного міксу, можна отримати радіус заокруглення різальної кромки r від 8 до 30 мкм. Кромка після ВМАО має правильну геометричну форму по всій довжині з плавним сполученням пласкої та циліндричної поверхонь різальних пластин.

Кінетику заокруглення кромки різальних пластин із ПКНБ можна розділити на три етапи в залежності від часу обробки:

– на першому етапі відбувається незначна зміна радіусу заокруглення кромки, так як основним механізмом з'йому оброблюваного матеріалу при ВМАО є втомне руйнування, для якого характерно наявність певного часу на протязі якого в поверхневому шарі різальної пластини збільшується концентрація дефектів, під дією абразивного середовища, до певного критичного рівня, після чого відбувається видалення матеріалу;

– другий етап (40–180 хв. обробки) відбувається інтенсивне знімання матеріалу і, як наслідок, збільшення радіусу заокруглення кромки внаслідок високої концентрації створених поверхневих дефектів;

– третій етап (180–360 хв. обробки) радіус заокруглення кромки збільшується досить повільно у результаті мінімізації інтенсивності з'йому матеріалу при ВМАО, що пов'язано із нездатністю абразивного міксу чинити суттєвого ударного навантаження на оброблюваній поверхні пластин внаслідок значного руйнування абразивних частинок, а також зміцненням поверхневого шару оброблених пластин в наслідок силового впливу при обробці.

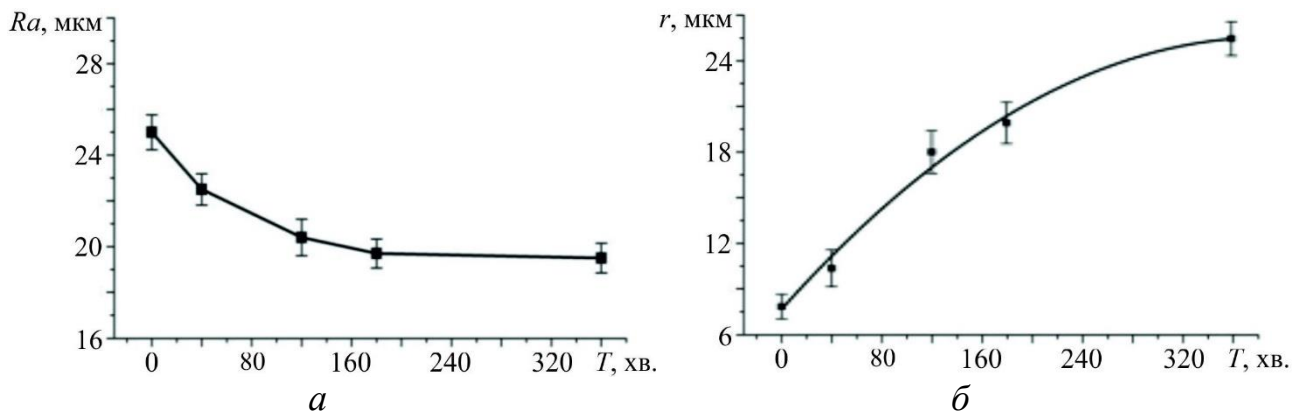


Рисунок – Залежність висоти мікронерівностей (а) на обробленій поверхні та радіусу заокруглення різальної кромки (б) різальних пластин від часу ВМАО

Таким чином, виконаний комплекс досліджень показав, що запропонована обробка ефективна у якості фінішного метода формоутворення робочих поверхонь різальних пластин з ПКНБ групи ВL, а режими обробки обумовлені умовами їх наступної експлуатації.

Клочко О.О., Заковоротний О.Ю.

Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Новіков Ф.В.

Харківський національний економічний університет

імені Семена Кузнеця, Харків, Україна

Юрчишин О.Я. Семінська Н.В

НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ, Україна

СУЧАСНІ МЕТОДИ ЧИСТОВОЇ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТИХ РЕЙОК ПІДВИЩЕНОЇ ДОВЖИНИ

Зі збільшенням застосування рейкових передач та обсягів їх виробництва підвищилися вимоги до точності та якості обробки рейок підвищеної довжини, а отже до технологічного оснащення: обладнання, інструменту, оснащення, заготовок.

Аналіз технологічних проблем дозволив виділити основні напрями, які забезпечують високу якість і продуктивність виготовлення зубчастих рейок:

- 1 Експлуатація жорсткого, високопродуктивного обладнання [1].
- 2 Створення інструменту для обробки зубів рейок збірної конструкції, оснащеного пластинками твердого сплаву.

3 Проектування та виготовлення настановних пристроїв, з мінімальними похибками закріплення.

4 Враховувати технологічну спадковість на всій стадії виготовлення деталей.

5 Створення нових технологічних напрямів чистової обробки зубчастих рейок (рис. 1, рис. 2) [2, 3, 4].

6 Розробка технологічних процесів із забезпеченням мінімальних витрат під час виготовлення зубчастих рейок, які забезпечують необхідну якість.

При дослідженні процесу остаточного формоутворення зубів рейок були теоретично вивчені умови, що забезпечують отримання необхідної шорсткості обробленої поверхні зубів і проведені експериментальні роботи зі встановлення параметрів стану поверхневого шару, які визначають експлуатаційні властивості [1, 3]: макровідхилення H_{max} , H_p ; хвилястість W_a , W_p , W_z , S_{mW} ; шорсткість R_a , R_p , R_{max} , t_m , S_m , S_s , ступінь зміцнення $\kappa'_1 (H_{\mu o})$; фізико-механічні властивості поверхневих шарів контактуючих деталей $\pm\sigma_o$, $h_{\mu o}$, $h_{\sigma o}$.

Розглядаючи технологічні можливості чистового формоутворення зубчастих рейок на основі фізичної картини ефективності прогресивних схем зубофрезерування [1, 2], на рейкодовбежних і рейкошліфувальних верстатах [1, 3], найбільш переважними є ті методи, у яких при чистовій обробці можна досягти сталість знімаемого припуску при впровадженні ріжучого інструменту в оброблюваний матеріал [1, 3, 4].

До таких технологічних способів чистової обробки зубчастих рейок відносяться рейкошевінгування та обробка черв'ячною фрезою із забірним конусом [1, 3]. Рейкошевінгування здійснюється на зганках із поздовжнім переміщенням столу (рис. 1), на столі якого закріплюється рейка, що обробляється.



Рисунок 1 – Рейкошевінгування на верстатах із поздовжнім переміщенням столу

Рейкошевінгувальну головку встановлюють на поперечній траверсі верстата. Для прямозубих рейок застосовують дисковий шевер з кутом нахилу зубів шеверу $10 - 25^\circ$, для косозубих рейок застосовують дисковий шевер таким чином, щоб різниця кута нахилу зубів шевера і кута нахилу зубів рейки становила $5 - 25^\circ$. Шевер приводиться у обертання внаслідок зворотно-поступального руху заготівлі-рейки.

При ширині шеверу менше ширини оброблюваної рейки, після кожного подвійного ходу в крайньому положенні здійснюється поперечна подача шевера перпендикулярно зворотню-поступального руху рейки, таким чином, щоб величина поперечної подачі становила не більше $2/3$ ширини шеверу. Після повного поперечного ходу шевера здійснюється радіальна подача осі шеверу до рейки, що обробляється.

Профіль зуба рейки, підготовлений під остаточну чистову обробку повинен мати висоту зуба більше розрахункової, що забезпечується при попередньому формоутворенні зубів.

Швидкість різання v_s з достатньою точністю для практики можна прийняти рівною швидкості ковзання в полюсі зачеплення

$$v_s = v_0(\cos\beta_0 \operatorname{tg}\beta \pm \sin\beta_0),$$

де v_0 – окружна швидкість шеверу; β_0 – кут нахилу лінії зуба шеверу; β – кут нахилу лінії зуба рейки.

При однойменних напрямках ліній зубів шеверу та рейки слід брати знак плюс, при різноіменних – мінус.

З метою підвищення якості обробки зубчастих рейок за рахунок виключення необхідності зміни міжцентрової відстані при відведенні інструменту розроблено спосіб профільного зубостругання при переміщенні черв'ячної фрези, виконаної із забірним конусом, вниз при фіксованому положенні ріжучих кромки. При виході із зони різання і після зупинки після закінчення робочого ходу в нижньому положенні черв'ячну фрезу повертають на половину окружного кроку ріжучих канавок, після чого піднімають у верхнє положення, що забезпечує зазор між оброблюваною поверхнею і зубами фрези. Спосіб чистової обробки (рис. 2) зубів рейок 1 черв'ячною фрезою 2 із ріжучими кромками 3 і 4 і забірним конусом 5, призначеним для перерозподілу припуску по висоті зубів рейки, що нарізується, здійснюється при положенні ріжучої кромки 3 в горизонтальному положенні.

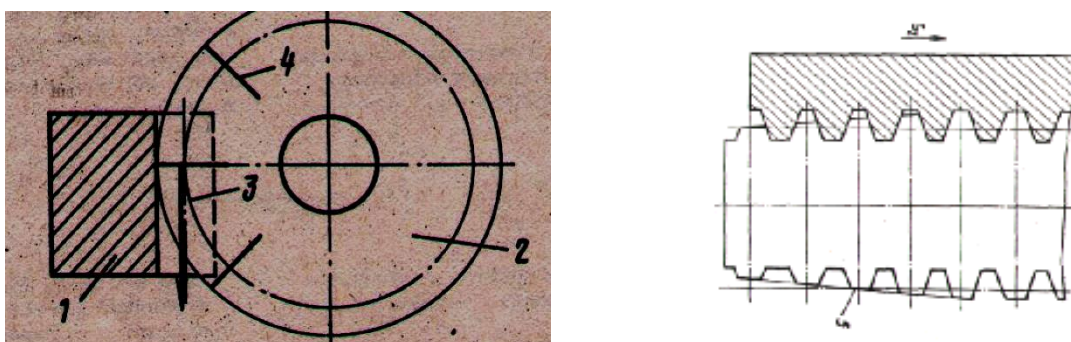


Рисунок 2 – Профільне зубостругання при переміщенні черв'ячної фрези із заборним конусом

При переміщенні фрези вниз при фіксованому положенні ріжучих кромки здійснюється зубостругання зубів рейки. При виході із зони різання і після зупинки після закінчення робочого ходу в нижньому положенні черв'ячна фреза повертається на половину окружного кроку ріжучих канавок, після чого фрезу піднімають у верхнє положення, що забезпечує між оброблюваною поверхнею і зубами фрези зазор.

Спосіб чистової обробки зубів рейок контурним зубодовбленням або копіюванням з переривчастою обкаткою черв'ячною фрезою, зі збереженням міжосьової відстані між віссю черв'ячної фрези і ділильною лінією оброблюваної рейки при виведенні інструменту із зони різання забезпечує підвищення якості крайок.

ЛІТЕРАТУРА

1 Пермяков О.А. Синтез технологічних параметрів високопродуктивної обробки зубчастих рейок спареними фрезами / О.А. Пермяков, О.О. Клочко, Ю.О. Сеница // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 17 (1239). – С. 71–77. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-004X.

2 Юрчишин О.Я., Охрименко А.А., Рассохин Д.А., Костик Е.А., Клочко А.А. Морфологический анализ конструкторско-технологических параметров высокоточных, тяжело нагруженных, крупногабаритных зубчатых реек ответственных реечных передач: Машинобудування і зварювальне виробництво / міжвузівський тематичний збірник наукових праць, Маріуполь, Наука та виробництво: ДВУЗ «ПДТУ», 2019. – Вип. 21. – С. 142–151.

3 Клочко О.О., Юрчишин О.Я., Сапон С.П. Структура моделі технологічної спадковості при обробці високоточних зубчастих рейок / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 42.

4 Клочко О.О., Юрчишин О.Я., Охрименко О.А., Семінська Н.В. Функціональний зв'язок умов обробки з параметрами стану поверхні зубів рейок. ISSN 2521-1943. Mechanics and advanced technologies # 3 (87), 2019 – С. 91 – 99.

Клочко О.Ю., Галкін М.Г., Рубець Є.І.
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГОВАНИХ БІЛИХ ЧАВУНІВ ВІД ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

Відомо, що властивості легованих білих чавунів визначаються типом сформованих фаз і їх співвідношенням, морфологією, кількістю розмірами карбідної фази, що визначається хімічним складом сплаву [1]. Тому завданням проведеного дослідження було дослідити залежність механічних властивостей комплекснолегованих хромистих чавунів від хімічного складу. Випробування проводили на спеціально виготовлених зразках комплекснолегованих хромовмісних чавунів з різним співвідношенням Cr/C (2.43-2.92%С, 2.9-26.8%Cr).

Відомо [2], що між рівнем твердості і міцністю матеріалів для крихких матеріалів, таких як чавун, існує досить стійке співвідношення, яке кількісне може бути виражене відповідно залежності Гуляєва-Гудцова:

$$HB = k\sigma, \quad (1)$$

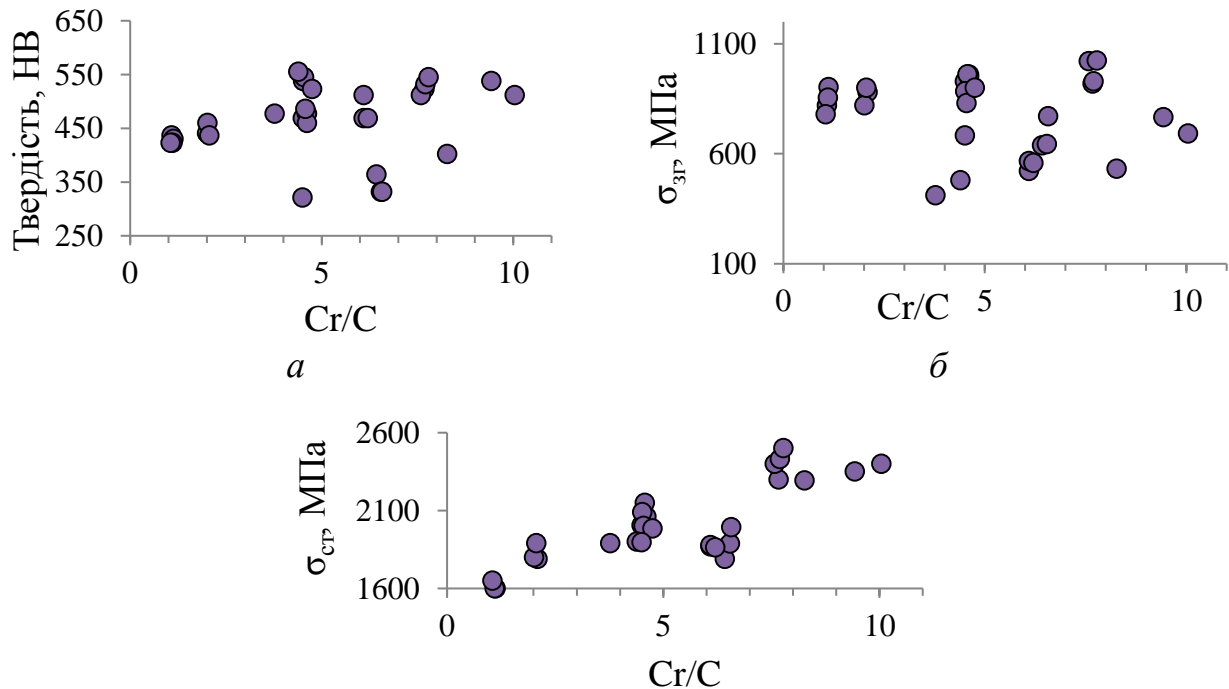
де HB – твердість за Брінеллем, k – коефіцієнт переходу, σ – границя міцності.

Виходячи з залежності (1) були визначені розрахункові коефіцієнти переходу, що зв'язують рівень твердості за Брінеллем і характеристики. Використовуючи отримані коефіцієнти, визначені розрахункові коефіцієнти переходу $\sigma_{зг}/HB$ і $\sigma_{зг}/\sigma_{ст}$ при дослідженні на згин і стискання для сплавів з різним співвідношенням Cr/C. Отримані данні дозволили створити базу для використання неруйнівного методу контролю для оцінки міцності робочого шару виливків із таких матеріалів.

Встановлено, що зі збільшенням відносини Cr/C твердість і границя міцності при стисненні підвищуються, а при згині зменшуються. Це пояснюється появою залишкового аустеніту і збільшенням частки карбідної фази в структурі досліджуваних чавунів [3]. На рис. 1 представлені залежності механічних властивостей від співвідношення Cr/C.

Користуючись отриманою залежністю, досліджувані зразки було розділено на 4 групи (табл. 1).

Встановлено залежність механічних властивостей від величини співвідношення Cr/C. Показано, що найбільшу стабільність механічних властивостей мають чавуни, що належать до інтервалу $5 < Cr/C < 7,5$ (15 ... 18,0 % Cr).



в

Рисунок 1 – Залежність механічних характеристик від співвідношення Cr/C: а) твердість; границя міцності при: б) вигині; в) стисканні

Таблиця 1 – Залежність механічних властивостей від співвідношення Cr/C

Параметр	1<Cr/C<3,5	3,5<Cr/C<5	5<Cr/C<7,5	7,5<Cr/C<10
Cr, %	2,9 – 5,9	10,8 – 13,0	15,0 – 18,0	20,0 – 27,0
$\sigma_{зг}$, МПа	780 – 903	412 – 962	520 – 560	693 – 1021
$\sigma_{ст}$, МПа	1590 – 1900	1890 – 2150	1840 – 1900	2090 – 2400
HSD	58 – 64	64 – 75	65 – 70	70 – 74

Висновки. В результаті проведених досліджень показано, що між твердістю і міцністю легованих білих хромистих чавунів існує стійке співвідношення. Відповідно необхідний рівень механічних властивостей зумовлено, в першу чергу, хімічним складом і умовами кристалізації таких сплавів, що визначає типом, розмір і розподіл карбідної фази. А також, структурою металевої матриці, співвідношення фаз якої можна регулювати відповідним легуванням і наступною термообробкою.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны: свойства, структура, технология, эксплуатация / М.Е. Гарбер. – М.: Машиностроение, 2010. – 280 с.
- 2 Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости / М.П. Марковец. – М.: Машиностроение, 1979. – 192с.
- 3 Скобло Т.С. Статистическая оценка влияния химического состава на механические свойства высокохромистых чугуновых прокатных валков / Т.С. Скобло, О.Ю. Клочко // Вісник ХНТУСГ. Технічний сервіс АПК, техніка та технологія у сільськогосподарському машинобудуванні. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 118. – С. 85–90.

Клочко О.Ю., Новицький А.О., Куценко В.Ю.
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ МЕТАЛОВИРОБІВ, ЗАСНОВАНИЙ НА ВИМІРІ КОЕРЦИТИВНОЇ СИЛИ

Необхідний рівень механічних властивостей для виробів, що працюють у складних умовах високих питомих тисків та термоциклічних змін забезпечує використання відцентрово литих біметалічних масивних виливків з робочим шаром із високохромистого чавуну [1].

Проте ускладнення технологічних процесів сучасного виробництва призводить до підвищення вимог до таких виробів і, відповідно, до необхідності підвищення експлуатаційної стійкості у поєднанні з високим рівнем механічних властивостей. Здійснення цих вимог можливе шляхом регулювання структуроутворення та рівня напружено-деформованого стану в процесі лиття та термічної

обробки [2], параметри яких доцільно коригувати на основі даних неруйнівного магнітного контролю за коерцитивною силою (далі H_c) [3].

Завданням проведених досліджень було оцінювання напружено-деформованого стану, неоднорідності структури робочого шару виливок при їх виробництві. Дослідження проводили на зразках в литому стані, і після відпалу в інтервалі температур 200 – 750°C.

Магнітний контроль за рівнем коерцитивної сили здійснювали за допомогою коерцитиметра КРМ-Ц з урахуванням анізотропії властивостей запропонованим методом. Для цього перетворювач встановлювали послідовно в двох положеннях з напрямом зсуву на 90°, при цьому враховували умови кристалізації виливка (уздовж і поперек осей дендритів).

За отриманими значеннями визначали ступінь анізотропії матеріалу:

$$\alpha = \frac{H_{c\perp}}{H_{c\parallel}}, \quad (1)$$

де α – ступінь анізотропії; $H_{d\parallel}$ – середнє значення рівня коерцитивної сили, виміряне вздовж осей дендритів; $H_{c\perp}$ – середнє значення рівня коерцитивної сили, виміряний поперек осей дендритів.

В результаті проведених досліджень встановлено залежність ступеня анізотропії матеріалу від зміни тільки температури термообробки. Отримана залежність $\alpha(t)$, представлена на графіку (рис. 1) і описується рівнянням:

$$\alpha(t) = 8,79 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-4} \cdot t + 2 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 3 \cdot 10^{-9} \cdot t^3. \quad (2)$$

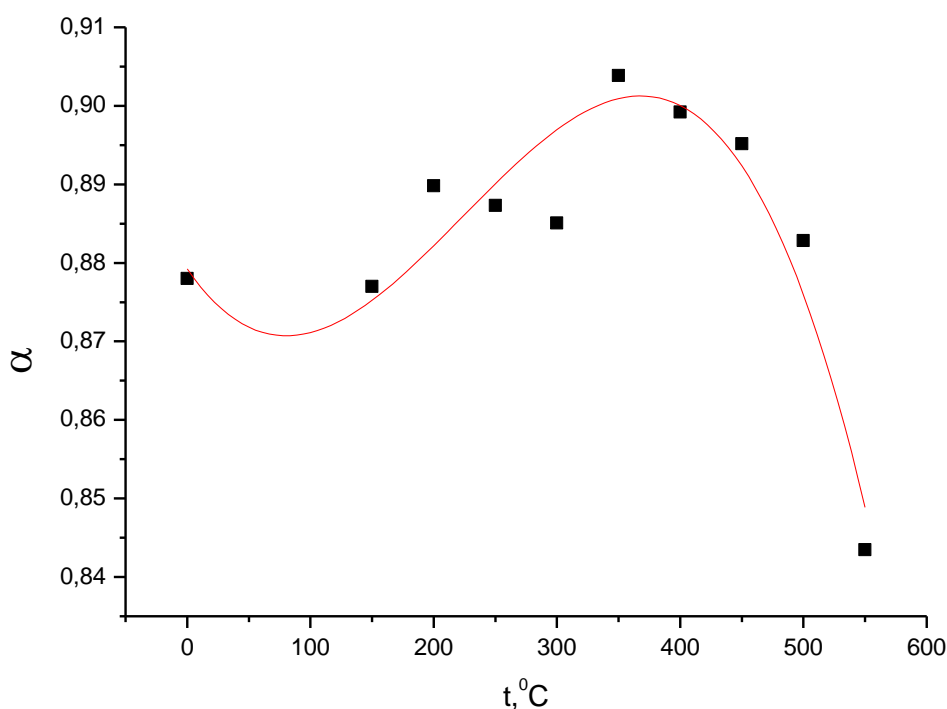


Рисунок 1 – Залежність ступеня анізотропії хромистого чавуну від зміни температури термообробки

Після вимірювання ступеня анізотропії коерцитивної сили α її значення вводили в кореляційну залежність (тарувальний графік), отриману для даного матеріалу з урахуванням кореляції по відповідній зміні твердості або міцності і визначали шуканий параметр механічних властивостей.

Висновки. Проведеними дослідженнями показано, що оцінку рівня напружено-деформованого стану масивного виливка, однорідності структури його робочого шару методом магнітного контролю (по коерцитивній силі) необхідно здійснювати з урахуванням анізотропії властивостей, що виникає при кристалізації (уздовж і поперек осей дендритів).

ЛІТЕРАТУРА

1 Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны / И.И. Цыпин. – М: Metallurgia, 1983. – 176 с.

2 Производство и применение прокатных валков: Справочник / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, Н.М. Александрова, Е.Л. Белкин, В.М. Власовец, О.Ю. Клочко, А.Д. Мартыненко; под ред. проф. Скобло Т.С. – Х.: ЦД № 1, 2013. – 572 с.

3 Оценка твердости рабочего слоя центробежнолитых валков из высокохромистого чугуна по магнитному параметру / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, В.М. Власовец, О.Ю. Клочко // Вісник ХНТУСГ, 2011. – Вип. 115. – С. 4–9.

Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Сидюк Д.М.
Донбаська державна машинобудівна академія,
Краматорськ, Україна

ТЕХНОЛОГІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИТТЕВИХ ЦИКЛІВ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

Відомо, що вимоги до параметрів продукції, виробництва і технології постійно підвищуються. З урахуванням цього, перед запуском виробу до виготовлення і експлуатації повинен бути виконаний великий обсяг підготовчих робіт пов'язаних, зокрема, з технологічною підготовкою виробництва. Від якості та глибини опрацювання проектування залежить ефективність виробництва і витрати, що пов'язані з реконфігурацією виробничих потужностей і оптимізацією процесів їх використання.

В цьому напрямку актуальними завданнями є забезпечення розмірних показників, що формуються при розробці конструкцій виробів і технологічних процесів їх виготовлення [1].

До розмірного аналізу належать питання, пов'язані як з розробкою і аналізом конструкцій, так і питання, пов'язані з розробкою технологічних процесів,

аналізом процесів складання – перевірка збирання складальних одиниць, вибір виду складання. Мета – забезпечити якість та технологічність виробів, отримання розмірів, припусків та граничних відхилень. Це сприяє мінімізації витрат виробництва при забезпеченні якості в життєвих циклах виробів машинобудування [2, 3]. Тому повинен проводитися комплекс робіт, що складається з: побудови розмірних схем ТП; виявлення і фіксації взаємозв'язків всіх розмірних параметрів; виявлення розмірних ціпей та призначення обґрунтованих допусків і мінімально необхідних припусків; розрахунку середніх і мінімальних припусків, визначення номінальних значень операційних розмірів тощо.

Без цього проектування оптимальних технологічних процесів зводиться до укрупненого проектування на рівні типовий технології, оскільки розмірний аналіз пов'язаний з контролем точності і метрологією, пов'язаний із забезпеченням розмірів і мінімізацією витрат.

Проблема розмірного аналізу пов'язана з труднощами:

- розрахунку лінійних і діаметральні конструкторських і технологічних розмірів, відхилень;
- розрахунку точності складання;
- неповною автоматизації розрахунку, необхідність побудови зображень розмірних схем, невизначеність напрямів ланок розмірної ланцюга при розрахунку технологічних розмірів;
- велику трудомісткість попередньої підготовки вихідних даних;
- самостійної підготовки даних технологом, визначаючи орієнтовні технологічні розміри, квалітет, допуски на технологічні розміри і припуски на обробку;
- встановлення розмірних зв'язків шляхом побудови лінійних розмірних ланцюгів і ланцюгів відносних поворотів;
- високою трудомісткістю розмірного аналізу через численність розмірних ланцюгів.

Роль технолога полягає у забезпеченні створення й існування таких ланцюгів. Побудова граф-схем на основі розмірного аналізу дозволяє перейти до такого представлення виробу, коли спільно розглядаються конструкторські, технологічні та операційні розміри, допуски та їх квалітети. Складність її використання полягає у трудомісткості створення загальної схеми, яка враховує заготовку, виготовлення, складання з іншими елементами та зміни під час експлуатації.

Існуючий метод графоаналітичного розрахунку – метод відстеження за розмірним ланцюгом деталі на кожному етапі життєвого циклу. На його основі можливо визначати розміри та припуски, тим самим впливати на стан та якість деталі та поверхонь. Однак, комплексне врахування змін (допуски на заготовку, зміна розміру припуску або компенсуючої ланки) призводить до перерахунку усієї схеми, її структури. Тому, неможливо відстежувати внутрішні фізико-механічні властивості (внутрішні напруження, поверхнева та об'ємна твердість, тріщини та дефекти). Внаслідок цього виникає потреба створення методу, який дозволить прогнозувати зміни стану об'єкта (деталі, виробу) у залежності від

змін зовнішнього простору. Цей метод базується на використанні прийомів багатокритеріальної оптимізації, в тому числі на множинах Лагранжа, які надають рішенням ознаки певної залежності траєкторій або алгоритмів використання різних варіантів розвитку подій саме стадій життєвих циклів. Це, в свою чергу, актуалізує розглядання задачі оптимізації життєвих циклів виробів машинобудування як досягнення оптимумів за критеріями і принципами Беллмана-Понтрягіна [4]. В цьому напрямку розв'язано рішення низки супроводжуваних задач.

Висновки. Окрема оптимізація кожного етапу не забезпечує потрібного рівня конкурентної здатності, оскільки ефект від змін не враховується в інших етапах життєвого циклу. Тому цільова функція процесу повинна виглядати як сума оптимізації кожного етапу з ваговими коефіцієнтами. Важливим є створення універсального комплексного методу управління життєвим циклом. Обробка деталей за технологічними процесами, що передбачають оптимізацію життєвого циклу виробів машинобудування, повинна, на наш погляд, здійснюватися на верстатах з паралельною кінематикою для зменшення вартості виготовлення, зменшення часу обробки та підвищення якості виготовлення продукції. Тому, актуалізується проблема використання розмірного аналізу у проектуванні технологічного процесу та життєвому циклі виробу.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – К.: ІСДО, 1993. – 544 с.
- 2 Приходько В.П. Використання матриць для представлення структури технологічних процесів при розмірному моделюванні та аналізі. Праці міжнародної науково-технічної конференції. т II, НТУУ, Київ, 1998, С. 139–145.
- 3 Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П.О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
- 4 Wanxin Jin, Zhaoran Wang, Zhuoran Yang, Shaoshuai Mou Pontryagin Differentiable Programming: An End-to-End Learning and Control Framework <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.12970>

Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Чернокол А.В.
Донбаська державна машинобудівна академія,
Краматорськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬКОВОГО ВІБРАТОРА ДЛЯ ПРОСТОРОВОГО ВІБРОСТАБІЛІЗАЦІЙНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ

Операції механообробки, внаслідок сильного впливу на матеріал, призводять до збільшення внутрішніх напруг у матеріалі. Дане явище, може бути абсолютно негативним або позитивним, оскільки:

1) внутрішні напруги мають позитивний характер для виготовлення пружин та інших виробів, принцип дії яких заснований на використанні власного напруженого стану;

2) внутрішні напруження стиснення дозволяють підвищити експлуатаційні характеристики (підвищується витривалість, корозійну стійкість, пружність матеріалу);

3) внутрішні напруження розтягування негативно впливають на інші металеві вироби, оскільки провокують розвиток тріщин і розтріскування, прискорення утворення корозії та руйнування матеріалу.

Найбільш перспективним методом, який має малу кількість недоліків, є віброобробка [1, 2, 3]. До її переваг відноситься:

- низький рівень енергетичних витрат;
- низький рівень часових витрат;
- універсальність;
- компактність та мобільність обладнання;
- відсутність окалини, шлаків.

Кульковий пневматичний вібровозбуджувачі генерують вібрації частотою до десятків тисяч Гц. Вібрація викликається впливом відцентрової сили кульки 2 (рис. 1) на кільцеву доріжку 3; рух кульки по колу обумовлено впливом стисненого повітря, що подається через сопло 1. Повітря з корпусу виходить через отвори 4.

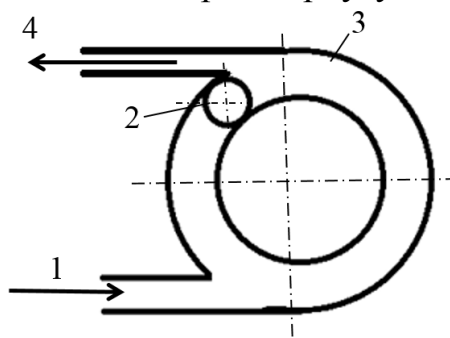


Рисунок 1 – Кульковий пневматичний вібровозбуджувач (1 – сопло; 2 – кулька; 3 – кільцева доріжка; 4 – отвір для випуску повітря)

Основні параметри вібровозбуджувача:

- 1) радіус каналу кільцевої доріжки (R , м);
- 2) діаметр кульки (d_k , м);
- 3) маса кульки (m_k , кг) розраховується за формулою:

$$m = V_k \cdot \rho = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_k^3 \cdot \rho, \quad (1)$$

де V_k – об'єм кульки м³; r_k – радіус кульки, м; ρ – щільність сталі, кг/м³; f – частота вібрацій, Гц:

$$f = \sqrt{\frac{P \cdot 10^5 \cdot r_k^2}{4 \cdot \pi \cdot R \cdot m_k}}; \quad (2)$$

F_a – зусилля роботи вібратора, Н:

$$F_a = f^2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R \cdot m_k; \quad (3)$$

P – тиск стисненого повітря, що подається, бар.

Результати розрахунків надано в табл. 1, а номограму для визначення залежностей $Fa(f)$ та $f(P)$ надано на рис. 2.

Таблиця 1 – Параметри кулькового вібробуджувача

R	dk	rk	mk	f	Fa	P
0,02	0,009	0,004	0,003	104,253	25,165	4
0,02	0,009	0,004	0,003	147,436	50,330	8
0,02	0,009	0,004	0,003	180,571	74,495	12
0,02	0,009	0,004	0,003	208,506	100,660	16
0,03	0,009	0,004	0,003	85,112	25,165	4
0,03	0,009	0,004	0,003	120,381	50,330	8
0,03	0,009	0,004	0,003	147,436	75,495	12
0,03	0,009	0,004	0,003	170,244	100,660	16
0,04	0,009	0,004	0,003	73,719	25,165	4
0,04	0,009	0,004	0,003	104,253	50,330	8
0,04	0,009	0,004	0,003	127,683	75,495	12
0,04	0,009	0,004	0,003	147,436	100,660	16
0,05	0,009	0,004	0,003	65,935	25,165	4
0,05	0,009	0,004	0,003	93,247	50,330	8
0,05	0,009	0,004	0,003	114,203	75,495	12
0,05	0,009	0,004	0,003	131,871	100,660	16

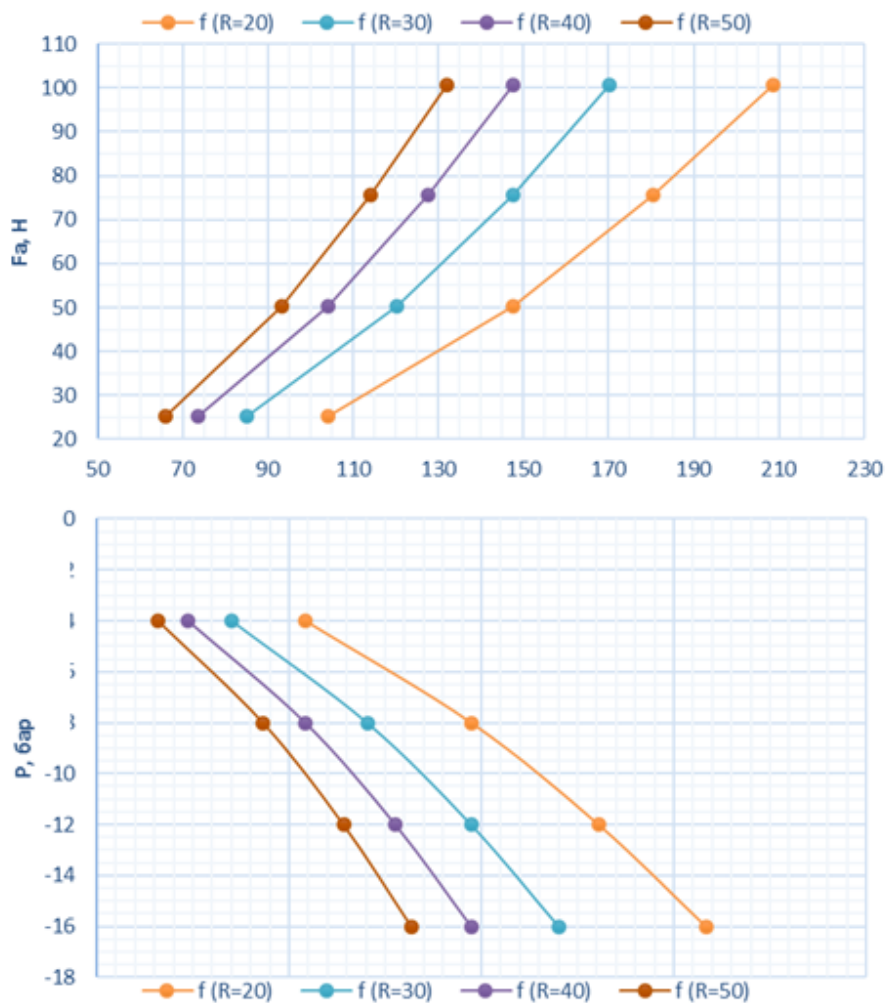


Рисунок 2 – Номограма для визначення залежностей $Fa(f)$ та $f(P)$

Висновок. На підставі запропонованого розрахунку авторами розроблено ряд кулькових віброзбуджувачів для 3-х координатної вібростабілізаційної обробки деталей машинобудування.

ЛІТЕРАТУРА

1 Берник П.С. Розвиток конструктивних та технологічних схем машин для обробки виробів в умовах вільного кінематичного зв'язку між деталями та робочим інструментом [Текст] / П.С. Берник, І.П. Паламарчук, І.Г. Липовий // Вібрації в техніці та технологіях. – 1998. – № 2 (6). – С. 21-29.

2 Чубик Р.В. Ідентифікація критеріїв для енергозберігаючого керування віброприводами адаптивних вібромашин [Текст] / Р.В. Чубик, І.Д. Зелінський // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2015. – Вип. 49. – С.107–111.

3 Іскович-Лотоцький Р.Д. Процеси та машини вібраційних та віброударних технологій [Текст] / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Р.Р. Обертюх, І.В. Севастьянов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 291 с.

*Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Мироненко О.Є.,
Шаповалов М.В.*

Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Україна
Гасанов М.І., Клочко О.О.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

ПІДХІД ДО ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ АСИМЕТРИЧНИХ ПЕРЕДАЧ У ВАЖКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

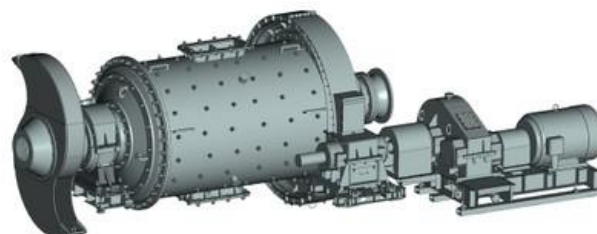
Одним із важливих питань підвищення надійності загартованих великомодульних зубчастих коліс продукції важкого машинобудування (рис. 1) є забезпечення показників їхньої якості на етапі проектування технології виготовлення. У промислово розвинених країнах цьому етапі витрачається 30 – 35% від загальних витрат за виробництво вироби, оскільки за проектуванні технологічного процесу «закладається» до 80 % дефектів. Якість виробу значною мірою визначається станом контактуючих поверхонь загартованих крупномодульних зубчастих коліс, що визначають довговічність, зносостійкість, експлуатаційні властивості з урахуванням контактної взаємодії, контактної жорсткості, опору втоми [1] і вимагають подальшого поглибленого вивчення та дослідження з урахуванням їх функціональних взаємозв'язків.

У багатьох зубчастих передачах навантаження на один зуб значно вище і застосовується для більш тривалих періодів часу. З метою підвищення навантаженості зубців в приводах машин важкого машинобудування пропонується застосування зубчастих передач з асиметричною формою зубців яка відображає

функціональну різницю передач за ГОСТ 1643-81 та асиметричним профілем [2, 3]. У разі асиметричних передач стандартну симетричну зубчасту рейку оснащення змінюють шляхом зміни кута тиску на одній із бічних поверхонь. Однак такий спрощений підхід до конструкції асиметричної передачі істотно обмежує можливість максимізувати продуктивність для широкого спектра можливих застосувань цих передач.



а



б

Рисунок 1 – Рудорозмольні млини з циліндричними великомодульними загартованими зубчастими передачами з асиметричним профілем: а – рудорозмільний млин ($m=24 - 40$ мм; б – рудорозмільний кульовий млин ($m= 20 - 36$ мм)

Вибір коефіцієнта асиметрії зубчастої передачі K дорівнює:

$$K = \frac{\cos \alpha_{wc}}{\cos \alpha_{wd}}, \quad (1)$$

де α_{wd} – кут тиску приводу для ведучого зубчастого колеса; α_{wc} – кут тиску приводу для обертового зубчастого колеса.

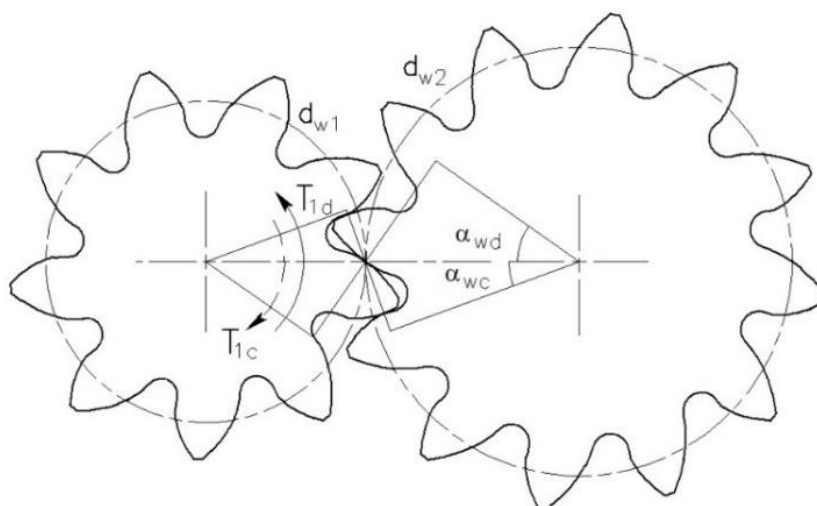


Рисунок 2 – Асиметрична зубчаста пара

Існує ряд застосувань де шестерна пара передає навантаження в обох напрямках навантаження, але зі значно різною величиною і тривалістю. У цьому випадку коефіцієнт асиметрії зубчастої передачі K може бути визначений

вирівнюванням потенціалу накопичення поверхневого ушкодження зуба, що залежить від робочої контактної напруги та кількості циклів навантаження на бічні поверхні зубів. Збільшення тиску в приводі може бути обмежено мінімальним обраним коефіцієнтом контакту і розділовим навантаженням. Застосування дуже високого кута тиску в приводі призводить до зменшення кута тиску в бічному напрямку і можливого підрізання його евольвентного профілю поблизу впадини зуба. Зазвичай для звичайних симетричних передач стискаюча згинальна напруга не є проблемою, тому що її допустима межа значно вища, ніж для розтягувальної згинальної напруги.

ЛІТЕРАТУРА

1 Гасанов М.І., Пермяков О.А., Шелковий О.М., Ключко О.О., Набока О.В., Охрименко О.А. Функціональний аналіз процесу експлуатації і пов'язані з ними проблеми відновлення експлуатаційних властивостей крупномодульних зубчастих коліс / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 43–44.

2 Ключко О.О., Охрименко О.А., Камчатна-Степанова К.В., Пермяков Є.О. Вплив мастила на технічний рівень високошвидкісних передач з асиметричним профілем // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – № 2 (6) 2022. – С. 23–30. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.2(6).04.

Колос В.О., Іванов В.О., Павленко І.В., Андрусшин В.К.
Сумський державний університет, Суми, Україна
Ботко Ф.,
Технічний університет, Кошице, Словацька Республіка
Гатала М.
Технічний університет, Пряшів, Словацька Республіка

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГНУЧКОСТІ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ У РОЗУМНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Сучасне машинобудування характеризується нестабільністю номенклатури та обсягів випуску продукції, актуальним є раціональний вибір верстатних пристроїв (ВП), до яких висуваються наступні вимоги:

– забезпечення заданої точності оброблення;

- гнучкість, достатня для оброблення деталей у межах технічної характеристики верстата;
- механізоване або автоматизоване переналагодження при переході до оброблення деталей іншого типорозміру;
- висока жорсткість деталей та складальних одиниць, здатних сприймати значні сили різання та забезпечувати максимальне використання потужності обладнання;
- інструментальна доступність для оброблення максимальної кількості поверхонь за один установа;
- високий рівень уніфікації деталей та складальних одиниць, що забезпечує зниження вартості ВП;
- висока функціональна та технологічна надійність ВП і його елементів;
- економічність.

Основні вимоги при створенні ВП зведено до шести груп, враховуючи фізичні та точнісні можливості, вимоги до рівноважного стану системи, ефективність, інструментальну доступність, ергономічність [1].

В умовах багатомономенклатурного виробництва гнучкість є одним із найважливіших показників, який характеризує ефективність використання ВП для оброблення широкої номенклатури деталей. Використання гнучких ВП дозволяє скоротити час підготовки до переналагодження, а, отже, сприяє підвищенню ефективності використання верстатів.

У розумному виробництві, забезпечення гнучкості виробництва передбачає створення гнучких ВП, що характеризуються універсальністю і швидкістю переналагодження. До того ж вони є ефективними з точки зору зниження втоми працівником, підвищенням ступеню безпеки роботи оператором та мінімізацією нещасних випадків на виробництві за рахунок зменшення концентрації зусиль, що є необхідними для утримання заготовки.

Поняття точності оброблення та продуктивності, як і поняття гнучкості та продуктивності до появи обробних центрів із ЧПК були взаємопротилежні, тобто покращення однієї характеристики неодмінно призводило до погіршення іншої [2]. Така ж тенденція існує й у галузі проектування ВП, де актуальним є дослідження та виявлення раціональної сфери застосування ВП для певних виробничих умов.

Широкі технологічні можливості сучасних багатокоординатних обробних центрів обумовлені їх високою гнучкістю, підвищеною жорсткістю, потужністю і точністю оброблення. Тому для їх ефективного використання необхідно застосування відповідного продуктивного різального інструменту та прогресивних ВП.

ВП розширюють технологічні можливості металорізального обладнання, підвищують продуктивність виготовлення деталей, поліпшують умови праці робітника. При проектуванні ВП необхідно враховувати дані про: об'єкт оброблення; верстат; різальний інструмент; технологічні вимоги; виробничі умови; експлуатаційні та економічні характеристики.

Гнучкість, як властивість виробничої системи, має шість основних ознак:

- повторюваність – здатність системи багаторазово повертатися до виконання раніше освоєних робіт після завершення даної роботи;
- універсальність – можливість переналагодження для оброблення іншої номенклатури деталей, різних виробів різної кількості без будь-якої модифікації;
- пристосовність – здатність системи до переналагодження на новий виріб шляхом впливу ззовні або самонастроювання;
- адаптивність – здатність пристосовуватись до часових технологічних відхилень, зміни зовнішніх або внутрішніх факторів у певних межах без порушення власного функціонування або втрати якості продукції;
- мобільність – здатність до переналагодження технологічного процесу;
- автономність керування – здатність працювати за безлюдною технологією.

Дослідження виконано в рамках спільного українсько-словацького науково-дослідного проєкту «Удосконалення технологічної підготовки виробництва за рахунок автоматизації процесу проєктування верстатних пристроїв» (ДР № 0122U002657).

ЛІТЕРАТУРА

1 Пермяков А.А. К вопросу об унификации установочнозажимных приспособлений агрегатированного оборудования / А.А. Пермяков, И.Я. Яковенко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2016. – № 33 (1205). – С. 38–41.

2 Інтегрована технологія виготовлення модульної технологічної оснастки [Текст]: звіт про НДР (проміжний) / кер. Д.В. Криворучко. – Суми: СумДУ, 2017. – 127 с.

Валерій ЛАВРІНЕНКО, Борис СИТНИК

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
Київ, Україна

Володимир СОЛОД

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

Володимир ФЕДОРОВИЧ

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

ДО ПИТАННЯ НАНЕСЕННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ: ТЕРМІН ДІЇ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ

Необхідність захисту і зміцнення поверхонь інструменту виходить з двох обставин [1]: по-перше, саме поверхневий шар поблизу різальної кромки є найбільш вразливим, і, по-друге, саме в поверхневому шарі навантажених тіл розвиваються процеси, які є синергетичним активатором процесів у усьому обсязі матеріалу.

З літератури відомими є лише напрацювання по впливу на абразивний інструмент [2]. А для алмазно-абразивного інструменту такі відомості відсутні, тому ми це питання і розглянемо нижче. Звернемо увагу на те, що ми тут розглядаємо питання примусового утворення іонно-плазмового покриття (плівок) саме на ріжучій поверхні інструменту з надтвердих матеріалів [3].

Перед тим, як розглянути питання нанесення захисних покриттів на абразивний інструмент звернемо увагу на те, скільки ж «живуть» покриття в процесі експлуатації. Це питання завжди було дискусійним і в літературі ми не знайдемо чіткої відповіді на нього. Тому ми лише опосередковано можемо про це судити за періодом стійкості інструменту з різними покриттями. Так, в роботі [4] період стійкості швидкорізальних фрез при величині зносу по задній грані в 0,2 мм при різних покриттях склав: TiN – 43 хв., TiCN – 43 хв., TiAlN – 62 хв., TiCrN – 44 хв. Тобто, в межах від 40 до 60 хв. ефект від покриття на різальному інструменті ще існує.

Розглянемо також це питання стосовно алмазно-абразивного шліфувального інструменту при алмазно-абразивній обробці різних матеріалів. На ріжучу поверхню кругів наносили комбіноване іонно-плазмове покриття у вигляді сполучення шарів карбиду титану (товщиною до 2 мкм) і кобальту (товщиною до 0,5 мкм), а сумарна товщина покриття складала до 15 мкм.

Для нашого випадку були вибрані три варіанти кругів форми 12A2-45° 150x10x3x32 з наступною характеристикою робочого шару: алмазний AC6 100/80–M1-10–100; кубонітовий KP 100/80C–MO20–100; подроблений нітрид кремнію (силініт) Si₃N₄ 125/100–MO20-2–100.

Вкажемо, що при нанесенні іонно-плазмового покриття на зв'язку MO20-2 її твердість з 93 од. *HRB* зростає до 97 од. *HRB*. Разом з тим, при наявності склопокриття на зернах кубоніту такого зростання ми не спостерігаємо: твердість з вихідних 99 од. *HRB* на крузі із зв'язкою MO20 спадає до 92 од. *HRB* з іонно-плазмовим покриттям. Аналогічне зниження твердості ми спостерігаємо і на зв'язці M1-10.

Шліфування алмазним кругом твердого сплаву.

Режими шліфування без охолодження: швидкість обертання круга – 15 м/с, повздовжня подача – 0,3 м/хв., поперечна подача – 0,05 мм/пдх. Продуктивність обробки складала 90 мм³/хв.

Виявлено, що графік відносних витрат алмазів в крузі від маси знятого твердого сплаву має перегин в районі 15 г знятого матеріалу і після цього знос круга зростає. Тобто, позитивний вплив покриття, за оцінкою часу його існування складає біля 18 хвилин.

Шліфування кругом з кубоніту швидкорізальної сталі.

Режими шліфування без охолодження: швидкість обертання круга – 15 м/с, повздовжня подача – 0,3 м/хв., поперечна подача – 0,05 мм/пдх. Продуктивність обробки складала 120 мм³/хв.

Встановлено, що тут графік зміни витрат від маси знятого матеріалу має перегин в районі 16 г і далі знос круга починає зростати. Тобто, позитивний

вплив покриття, за оцінкою часу його існування при такій невеликій продуктивності шліфування сталі Р6М5, складає біля 17 хвилин.

Шліфування сірого чавуну кругом з подробленого силініту.

Режими шліфування без охолодження: швидкість обертання круга – 15 м/с, повздовжня – 0,2 м/хв. та поперечна подачі – 0,05 мм/пдх. Продуктивність обробки складала 100 мм³/хв. На початковому етапі шліфування, коли ще діяло іонно-плазмове покриття (при зняття біля 1 г матеріалу), відносні витрати силініту склали 3,2 мг/г. Знос такого ж круга без покриття при обробці чавуну склав біля 10 мг/г. Тобто і в цьому випадку спостерігається позитивний вплив покриттів.

Крім того, звернемо увагу на те, що особливості роботи іонно-плазмових покриттів визначаються в першу чергу їх морфологією. Фактично покриття поділяється на дві частини: верхню (шорстку) і нижню (основу). Спочатку знос круга є підвищеним. Це як би «прихований» знос, оскільки фактично він викликаний не зносом різальної поверхні, а пониженням шорсткої частини покриття. Далі йде зниження зносу, але після зняття певної кількості зішліфованого матеріалу покриття стирається і знос круга починає зростати. Вкажемо, що в усіх трьох розглянутих нами варіантах різниця у величинах відносних витрат абразиву при ефективній дії покриття і його зникненні складає біля 3 раз. Так, для алмазного круга це збільшення склало 2,7 рази, для кубонітового круга – 2,8 ... 2,9, а для силінітового круга – 3,1.

Як бачимо, результати виявилися близькими, що свідчить на однаковий механізм їх дії. Разом з тим, ефективність дії покриття має, як і на різальному інструменті, певну протяжність в часі (17–18 хв., тобто меншу, аніж на різальному), і надалі треба його поновлювати.

ЛІТЕРАТУРА

1 Клименко С.А., Манохин А.С., Копейкина М.Ю. и др. Высокопроизводительная чистовая лезвийная обработка деталей из сталей высокой твердости / Под ред. С.А. Клименко. Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2018. 304 с.

2 Кайдалов А.А. Плазменная обработка режущего и абразивного инструментов для повышения их износостойкости. Инструментальный світ. 2001. № 12. С. 31–33.

3 Лавріненко В.І., Новіков М.В. Надтверді абразивні матеріали в механообробці: енциклопедичний довідник / Заг. ред. акад. НАН України М.В. Новікова. Київ: ІНМ НАН України, 2013. 456 с.

4 Верещака А.С., Карпушевски Б., Дюбнер Л.Г. Анализ основных аспектов проблемы применения многослойно-композиционных наноструктурных функциональных покрытий для режущего инструмента. Сучасні технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць. Вип. 2. Харків: НТУ «ХП», 2008. С. 134–141.

*Валерій ЛАВРІНЕНКО, Галина ІЛЬНИЦЬКА, Анатолій
МАКСИМЕНКО, Максим ШЕЙКО, Павло БОЛОГОВ,
Олег ПАСІЧНИЙ*

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
Київ, Україна
Лариса ПРОЦ
Ужгородський національний університет,
Ужгород, Україна

УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК, З УРАХУВАННЯМ ПОПЕРЕДНЬОГО ЕКСПЕРТНОГО РАНЖУВАННЯ, ШЛІФПОРОШКІВ МАРОК АС100Т ТА АС200Т ДЛЯ ПРАВЛЯЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

Експлуатаційні характеристики високопрецизійного та високовартісного правлячого інструменту у значній мірі залежать від якості алмазів, що застосовуються для його виготовлення, тому попередній відбір високоякісних алмазів є у цьому випадку надзвичайно актуальним.

В рамках виконання робіт з даного напрямку попередньо були відібрані 5 зразків алмазів по 100 карат різних виробників: АС100Т 315/250 (3 зразки) та АС200Т 500/400 (2 зразки). Зразки були закодовані під номерами від 1 до 5 і передані на експертну оцінку для їх суб'єктивного закритого ранжування. Після цього було виготовлено 5 правлячих роликів діаметром 70 мм для проведення експлуатаційних випробувань.

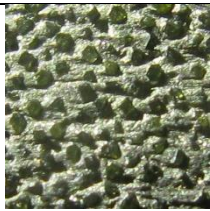

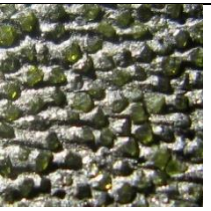
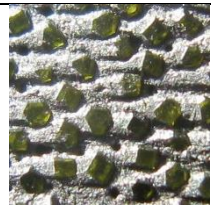
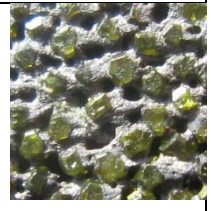
Для випробування на зносостійкість підготовлений круглошліфувальний верстат мод. ЗБ151 та спеціально замовлені та закуплені абразивні круги ПП 600х63х305 24А40СТ1К6 підвищеної твердості (СТ1) для проведення випробувань. Визначені режими правки: швидкість обертання круга – 35 м/с, подовжня подача – 1,0 м/хв., поперечна подача – 0,02 мм/хід. і підготовлене відповідне обладнання.

Разом з ранжуванням були проведені дослідження фізичних і фізико-механічних характеристик відібраних алмазів. Результати зведені в таблицю. Узагальнення результатів досліджень фізико-механічних та експлуатаційних характеристик, а також експертного ранжування, шліфпорошків марок АС100Т та АС200Т зернистостями 315/250 та 500/400 в правлячому інструменті засвідчило наступне:

1 Результати попереднього закритого експертного ранжування алмазних зерен співпали із ранжуванням по визначеній експериментами зносостійкості правлячого інструменту.

2 Встановлено, що оцінка алмазів за їх питомим електроопором не дозволяє встановити зв'язок із зносостійкістю, оскільки відсутня значима кореляція.

3 Виявлено, що чим меншою є наявність заліза у якості домішок тим меншою є величина питомої магнітної сприйнятливості, тим більший є коефіцієнт термостабільності і тим більшою є міцність алмазів. Як наслідок, такі алмази є і більш зносостійкими в правлячому інструменті.

Характеристика	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
	АС100Т 315/250 білий	АС100 315/250 помаранч.	АС100Т 315/250 зелений	АС200Т 500/400 зелений	АС200Т 500/400 помаранч.
Фото поверхні ролика					
Експертна оцінка (0 – кращий)	4	2	3	0	1
Питома магнітна сприйнятливість, $\chi \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	16,4	19,0	- 0,25	0,5	25,0
Питомий електроопір	$2,33 \cdot 10^{12}$	$1,21 \cdot 10^{12}$	$1,50 \cdot 10^{10}$	$1,39 \cdot 10^{10}$	$1,40 \cdot 10^{10}$
Міцність алмазів, Н	161,5	248,1	163,5	467,2	409,8
Коефіцієнт стійкості після нагріву до 1100 °С	0,68	0,68	0,85	0,95	0,83
Домішки в алмазах, %	Fe – 37,74 Mg – 0,33 Ni – 12,98	Fe – 33,74 Mg – 0,17 Si – 2,63	Fe – 4,12 Si – 29,20 Ni – 7,30	Fe – 0,08 Si – 17,62 Al – 2,82	Fe – 37,74 Zn – 6,73 Na – 1,24
Відносні витрати алмазів, мг/кг	62	81*	11,8	6,5	4,5

* – обумовлено додатковим нелінійним процесом виривання алмазів

4 Встановлено, що чим меншою є величина питомої магнітної сприйнятливості алмазів, тим зносостійкість ролика є кращою.

5 Спостерігається певна відповідність між кількістю домішок в алмазах та їх зносостійкістю: для алмазів АС200 500/400Т при відношенні різниці кількості домішок в 2,2 рази, різниця в зносостійкості зерен складає 1,4, а для алмазів АС100 315/250Т при різниці магнітних домішок в 4,5 рази, різниця в зносостійкості складає 5,25 рази.

6 Тобто проведені дослідження засвідчили, що для досягнення більшої зносостійкості алмазних зерен в одношаровому правлячому алмазному інструменті необхідно попередньо відбирати алмазні зерна із зменшеною кількістю феромагнітних домішок.

Лобашевська В.О., Оргіян О.А., Баланюк Г.В.
Національний університет «Одеська політехніка»,
Одеса, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ ДВОХСТУПІНЧАСТИХ ОТВОРІВ

Тенденції розвитку сучасного машинобудування повинні забезпечити постійне підвищення якості та зниження вартості виробленої конструкції. Підвищення ефективності металообробки, тобто підвищення продуктивності і точності, є одним із способів досягнення цих показників.

Одним з поширених методів є концентрація і суміщення операцій, як результат використання багатоступінчастих консольних борштанг, що дозволяють істотно розширити технологічні можливості операції тонкого розточування [1, 2].

Впровадження в практику металообробки багаторізцевих ступінчастих консольних борштанг обмежено через відсутність науково обґрунтованої методики їх проектування [3].

На досягну точність тонкого фінішного розточування негативний вплив становлять виникаючі при різанні механічні коливання [4].

Стенд для експериментального дослідження коливань при розточуванні ступінчастих поверхонь обертання був зібраний на базі обробно-розточувального верстата з використанням спеціальних пристосувань. Вимоги до стенду були визначені завданнями випробувань: вивчити вплив характеристик ступінчастих поверхонь, режимів різання, а також параметрів пружної системи на коливання і точність обробки.

Стенд і вимірвальна апаратура, для дослідження коливань необертівими борштангами, наведені на рис. 1.



Рисунок 1 – Фото експериментального стенду

Експеримент проводився на оздобно-розточувальному верстаті в лабораторії кафедри цифрових технологій Національного університету «Одеська політехніка». В якості вимірювальної апаратури використовувався аналізатор спектру вібрацій, який встановлювався на борштангу, закріплену в пристосуванні (рис. 1).

Експериментальні результати вивчення коливальних процесів при тонкому багаторізцевому розточуванні відображають складні динамічні взаємодії, що виникають в пружних системах ОРВ. Як зазначалося вище, проблема боротьби з вібраціями, незважаючи на великий обсяг виконаних досліджень, залишається досить актуальною.

ЛІТЕРАТУРА

1 Суслов А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.

2 Лінчевський П.А. та ін. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300 с.

3 Баланюк А.В. Колебания двухступенчатых консольных борштанг при тонком растачивании / А.В. Баланюк // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – Полтава, 2014. С. 131–139.

4 Оргіян О.А. Джерела параметричних коливань у технологічній динаміці. / О.А. Оргіян, Г.В. Баланюк, Албакуш Аімен. Збірник наукових праць V-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні», Національний університет «Львівська політехніка». – С. 95–98, 2016.

ЛАНЦЮГОВИЙ ЕФЕКТ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕДИСПЕРГУЮЧИХ ХАРЧОВИХ ДОМІШОК У ВИРОБНИЦТВО КЕРАМІКИ ТА ВОГНЕТРИВІВ

Високі темпи біохімічних досліджень природних антиоксидантів та консервантів на основі тканин рослин, риб та органомінеральних речовин у ролі солоних озер дозволяють знаходити інноваційні технологічні рішення для виробництва нових харчових продуктів або суттєвого розширення лінійки асортименту традиційної продукції. Не менший стимул у створенні проривних харчових технологій надають фізико-хімічні дослідження щодо створення функціональних добавок нового покоління. Деякі з принципів одержання таких функціональних добавок вдається ефективного використовувати в інших галузях промисловості, що створює підґрунтя для трансферту відповідних інноваційних харчових технологій та обумовлює ланцюговий ефект розвитку та розповсюдження нових технологічних рішень [1].

На прикладі розробки принципів одержання редиспергуючих гранул традиційного для харчової промисловості консерванту – бензоату натрію, розглядається їх застосування у тому числі авторами під час створення нових технологічних рішень у будівельному матеріалознавстві, отриманні керамічних композиційних та конструкційних матеріалів, вогнетривів відповідального призначення, функціональної сегнетокераміки та мультифероїків для нової техніки [2, 3].

Історія створення швидкорозчинних гранул бензоату натрію бере свій початок з того, що бензоат натрію був присутній на світовому ринку у вигляді порошку або важкорозчинних грубодисперсних частинок. Дрібнодисперсний порошок сильно порохить і викликає необхідність застосування індивідуальних засобів захисту органів дихання персоналу, погано відсипається з тари, залипає на деталях змішувального обладнання. Грубодисперсні частинки вимагають підігріву води для прискорення розчинення або іншого додаткового обладнання щодо цієї технологічної операції. Голландська фірма DSM Special Product BV вийшла на світовий ринок із новим товаром – бензоатом натрію у вигляді швидкорозчинних гранул під торговою маркою «Ругох S». Нанорозмірні частинки бензоату натрію в таких гранулах об'єднані спеціальними високомолекулярними хімічними сполуками, що забезпечують ефект редиспергації – під час контакту з водою вони не тільки викликають електростатичне розштовхування частинок (подібно до дії традиційних поверхнево-активних речовин), а й додаткове стеричне проштовхування частинок за рахунок розпрямлення довгих вуглеводневих радикалів, які стиснені на стадії отримання гранул. Редиспергуючі сполуки мають складну хімічну будову, яка вносить особливості до отримання гранул. Під час швидкого розчинення редиспергуючих добавок забезпечується і додатковий

позитивний ефект – зниження в'язкості розчину, відповідно, зменшується загальна водопотреба для змішування компонентів і прискорюється процес їх гомогенізації, а значить не потрібні додаткові агрегати і енергія для доведення готової продукції до кондиційної консистенції та вологості. При цьому необхідна дуже мала концентрація редиспергуючої добавки (наприклад, Ригох S – 0,1 мас. %). Зазначені позитивні ефекти під час застосування редиспергуючих добавок виявилися надзвичайно затребуваними для технологій тугоплавких неметалічних матеріалів і композитів, де вони отримали назву супер- та гіперпластифікаторів і застосовуються для розрідження шлікерів, введення добавок у багатокомпонентні композиції, отримання мас, що саморозтікаються, бетонів тощо. У цій галузі застосування редиспергуючі добавки вдосконалилися і на сьогодні використовують суперпластифікатори 5 покоління.

ЛІТЕРАТУРА

1 Івашура А.А., Борисенко О.М., Савченко М.Ф., Дитиненко С.О. Аналіз сталого споживання і виробництва в Україні. International scientific journal «Grail of Science». 2021. № 9. С. 198–204.

2 Шабанова Г.Н., Логвинков С.М., Корогодская А.Н., Христинич Е.В., Іващенко М.Ю., Костыркін О.В. Барийсодержащие тугоплавкие материалы специального назначения: монографія. Харків: ФЛП Бровин А.В., 2018. 292 с.

3 Шабанова Г.Н., Логвинков С.М., Шумейко В.Н., Корогодская А.Н., Рыщенко И.М. Модифицирующие добавки для композиционных вяжущих материалов : монографія. Харків : НТУ«ХПИ», 2020. 198 с.

Моавад Мохамед Абделрахім, Баланюк Г.В.
Національний університет «Одеська політехніка»,
Одеса, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЇ РОЗТОЧУВАННЯ ТРЬОХСТУПНЧАСТИХ ОТВОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛЬНОЇ БОРШТАНГИ

При лезовій обробці завжди виникають статичні і динамічні відносні переміщення різця і заготовки. Статичні переміщення виникають від пружних віджимів технологічної системи, а динамічні визначаються виникають коливаннями при різанні. Ці переміщення визначають відхилення від заданих робочих рухів і тому впливають на точність обробки деталей, яка в сучасному машинобудуванні безперервно підвищується [1]. Тому коливання, що виникають в замкнутій на процес різання технологічній системі, визначально перешкоджають досягненню заданої точності. Саме при прецизійному тонкому розточуванні коливання виявляються домінуючими і можуть породжувати динамічні похибки, які перевищують статичні.

Як зазначалося вище, процес розточування багаторізцевими ступінчастими борштангами, органічно поєднуючи в собі можливості суміщення і концентрації операцій, дозволяє забезпечити жорсткі вимоги до точності оброблюваних отворів. Такі особливості тонкого розточування як мала глибина різання, малі значення подач дозволяють послабити вплив деяких факторів, що впливають на точність форми поперечного перерізу [2]. Тому можна знехтувати розмірним зносом різця, а також температурними деформаціями, які можна зменшити інтенсивним охолодженням [3]. У нашому дослідженні вивчалися такі джерела похибок, що впливають на точність:

- анізотропія піддатливості підсистеми шпindelь-борштанга;
- кінематичні неточності обертання шпindelьного вузла;
- похибки установки заготовки;
- похибки положення і форми отвору в заготовці;
- динамічні похибки, викликані зовнішніми впливами на пружну систему верстата і процесом різання.

На рис. 1 приведена розрахункова схема трьохступінчастої борштанги з трьома одночасно працюючими різцями.

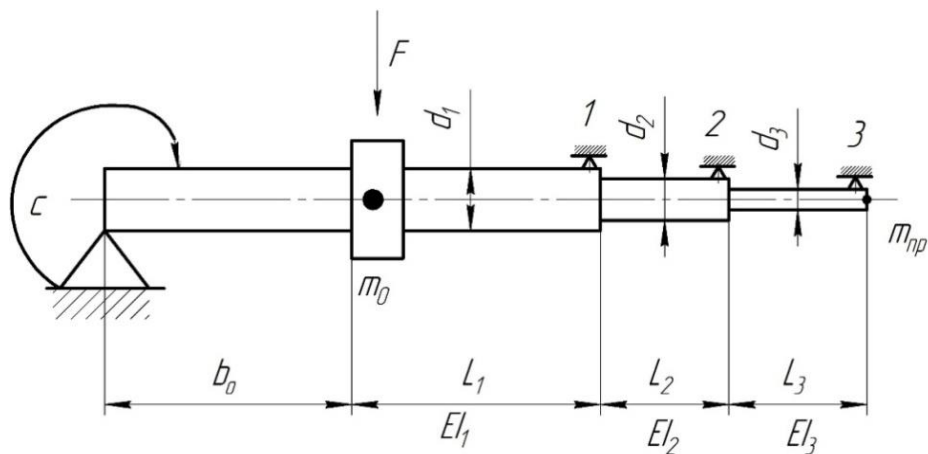


Рисунок 1 – Схема розрахункової моделі для трьохступінчастої борштанги [4]

Де b_0 – довжина консольної частини шпindelя, для якої визначена поворотна жорсткість C , що характеризує опір опор вигину і повороту. Ця частина розрахункової схеми характеризується масою m_0 , а вся маса борштанги приведена до перерізу 3-го різця ($m_{пр}$). Кожна ступінь борштанги характеризується своїми вильотами (l_1, l_2, l_3), діаметрами (d_1, d_2, d_3) і жорсткостями (EI_1, EI_2, EI_3, E – модуль пружності, I – момент інерції). Маса m_0 навантажена силою P_t , яка представляє окремі гармоніки спектра збурення від шарикопідшипників при холостому обертанні шпindelя.

Рівняння руху з урахуванням динамічної характеристики процесу різання мають вигляд:

$$\begin{cases} m_0 \ddot{y}_0 + b \dot{y}_0 + \frac{\delta_{33}}{\delta} y_0 - \frac{\delta_{03}}{\delta} y_3 = P_0 \sin \omega t + \mu \frac{\delta_{33} \delta_{01} - \delta_{03} \delta_{13}}{\delta} P_{z1} + \mu \frac{\delta_{33} \delta_{02} - \delta_{03} \delta_{23}}{\delta} P_{z2}; \\ m \ddot{y}_3 + \frac{\delta_{00}}{\delta} y_3 - \frac{\delta_{03}}{\delta} y_0 = \mu \cdot P_{z3} + \mu \cdot \frac{\delta_{00} \delta_{13} - \delta_{01} \delta_{03}}{\delta} P_{z1} + \frac{\delta_{00} \delta_{23} - \delta_{02} \delta_{03}}{\delta} P_{z2}; \\ T_p \dot{P}_{z1} + P_{z1} = -K_{P_1} y_3 \frac{\delta_{13}}{\delta_{33}}; \\ T_p \dot{P}_{z2} + P_{z2} = -K_{P_2} y_3 \frac{\delta_{23}}{\delta_{33}}; \\ T_p \dot{P}_{z3} + P_{z3} = -K_{P_3} y_3, \end{cases}$$

$$m = m_{np}^3 = 0,243 \left[m_1 \frac{l_1^3}{(l_1 + l_2 + l_3)^3} + m_2 \frac{l_2^3}{(l_2 + l_3)^3} + m_3 \right],$$

$$\delta = \delta_{00} \delta_{33} - \delta_{03}^2$$

де m_0 – інерційна характеристика шпинделя, що задається масою, наведеною до перетину фланця; P_{z1}, P_{z2} і P_{z3} – складові сили різання на різцях; m – приведена до 3-го різця маса борштанги; T_p – інерційна постійна стружкоутворення; K_{pn} – коефіцієнт різання, ($n=1, 2, 3$); δ_{ij} – коефіцієнти впливу, ($i = 0, 1, 2, 3$), ($j = 0, 1, 2, 3$).

Розраховуються амплітуди коливань на найбільш віддаленому від фланця різці (різець 3) при одночасній роботі всіх трьох різців, або при їх послідовній роботі при зміні довжин ступенів. В результаті рішення системи рівнянь визначаються також значення перших власних частот коливань, а також резонансні значення амплітуд вимушених коливань.

Слід також зазначити, що введення третього ступеня, а також збільшення кількості коефіцієнтів впливу призводять до більш складних динамічних взаємодій в технологічній системі. Так, наприклад, очікувані мінімальні значення амплітуд реалізуються не на більш жорсткій борштанзі, а на більш піддатливій. Збільшується вплив на амплітуду вимушених коливань параметрів проміжної ступені.

ЛІТЕРАТУРА

1 Боярский В.Г. Об особенностях растачивания отверстий большого диаметра многолезцовою головкой / В.Г. Боярский, М.Р. Сихимбаев, К.Т. Шеров, В.Ф. Макеевич // Международный журнал экспериментального образования. – Пенза. – 2012. №12-1. - С.33-35.

2 Бромберг Б.М., Дашевский Т.Б., Ламдон Э.А., Ломакин В.К. Алмазно-расточные станки. – М.: Машиностроение, 1965. – 244 с.

3 Оргиян А.А. Расчеты погрешностей тонкого растачивания гладких и ступенчатых отверстий / А.А. Оргиян, А.В. Баланюк, АименАлбакуш // Сучасні технології в машинобудуванні, зб. наук. праць. – Вип. 10 – Харків : НТУ «ХПІ», С. 235–248, 2015.

4 Оргиян А.А., Баланюк А.В., Ткаченко Б.О. Экспериментальные исследования колебаний и точности обработки при многолезцовом тонком растачивании. Сучасні технології в машинобудуванні, зб. наук. праць. – Вип. 13 – Харків: НТУ «ХПІ». С. 111–125, 2018.

Нежебовський В.В., Бережний Р.А.
Corum Svet Shakhtyora, Харків, Україна
Пермяков О.А., Клочко О.О., Старченко О.П.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна
Новіков Ф.В.
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Харків, Україна

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБРОБКИ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ З МОДИФІКОВАНИМ ПРОФІЛЕМ

Основним завданням імітаційного моделювання технологічних процесів механічної обробки шліцьових поверхонь є забезпечення отримання готового виробу в межах норм стандарту ГОСТ 6033-80 за призначеним ступенем точності виготовлення з мінімальною витратою матеріалу і праці, тобто мінімальними трудомісткістю і собівартістю. Розробка технології обробки залежить від конструкції шліцьового з'єднання, його зовнішньої форми, вихідного контуру та форми зубів шліцьових з'єднань, технічних умов на виготовлення програми випуску [1].

Загальна технологія обробки високоточних евольвентних шліцьових з'єднань (ЕШЗ) з модифікованим профілем практично не залежить від послідовності виконання технологічних операцій, але залежить від застосовуваного інструменту та способів контролю ЕШЗ залежно від виду центрування. Також допускається застосовувати поєднання профілів зубів вала і втулки з різною формою дна западини.

Найбільший вплив на структуру операцій в технологічному процесі мають рівень точності і шорсткість поверхні зубів, вид термічної обробки. Підвищена точність викликає додаткові фінішні операції по обробці базових поверхонь заготовки, профілів зубів, а також впливає на режим обробки, якість технологічного оснащення і ріжучого інструменту [1].

Застосування системи ЧПУ для управління зубофрезеруванням дозволяє будувати гнучкі виробничі модулі з автоматичним переналагодженням, що включає в себе зміну інструменту, оснастки, заготовки та перебудову всіх внутрішніх зв'язків за параметрами обробки. Шліцьові вали обробляють на верстатах з горизонтальним розташуванням осі заготовки, які оснащують люнетами, а також головками для кріплення пальцевих фрез.

Залежно від призначення і розмірів оброблюваної деталі застосовують черв'ячні фрези (ГОСТ 9324-80) наступних класів точності: АА, А, В і використовують для нарізування шліцьових поверхонь 6-9 ступенів точності.

У машинобудуванні твердосплавні черв'ячні фрези знаходять все більш широке застосування, головним чином для нарізування шліцьових валів твердістю близько НВ 300. Застосовують збірні фрези з ромбовидними різцями марки Т15К6.

У загальному випадку профільна модифікація зуба колеса створюється профілем рейки фрези, виконаним у вигляді двох прямолінійних ділянок, кожен з яких формує на зубі колеса відповідну евольвенту: основна ділянка рейки – евольвенту робочого профілю та ділянка протуберанця – евольвенту піднутріння (рис. 1).

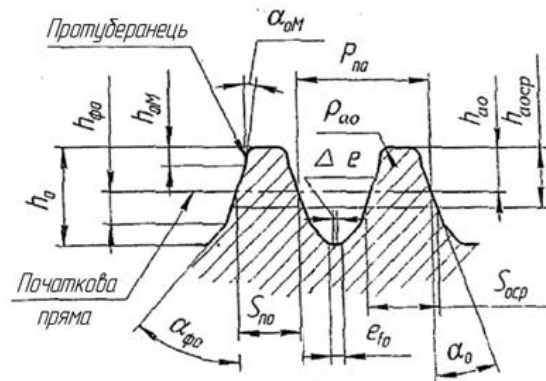


Рисунок 1 – Параметри модифікації профілю зубів черв'ячної фрези з протуберанцем

Для нарізання великогабаритних внутрішніх шліцьових поверхонь застосовуються дискові прямозубі довбачі з модифікованим профілем.

У загальному випадку, профільна модифікація зубів колеса при зубодовбанні створюється модифікованим зубом довбача (рис. 2), виконаним у вигляді двох евольвентних ділянок з різними профільними кутами вихідного контуру.

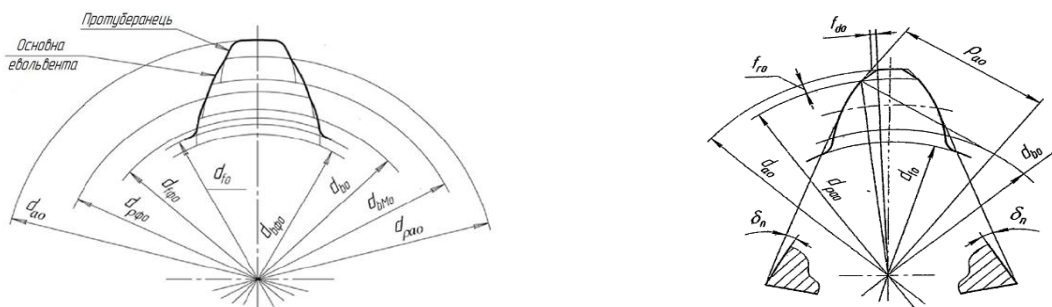


Рисунок 2 – Параметри модифікації профілю довбача

Для виконання розрахунку параметрів профільної модифікації довбачів профільні кути α_{sf} , α_M та інші параметри евольвенти піднутріння колеса визначають так само як і при розрахунку черв'ячних фрез. Такі довбачі мають найбільше застосування і менш дорогі порівняно з вартістю довбачів інших конструкцій. Критерієм придатності стандартного довбача для нарізування даного колеса є відсутність підрізання зубів, зрізання кромки біля головок зубів, інтерференції з перехідними поверхнями зуба і перевищення допустимого радіального зазору в передачі.

ЛІТЕРАТУРА

1 Підвищення точності, якості та продуктивності обробки шліцьових поверхонь / О.О. А. Клочко, О.П. Старченко // Труды 29 междунар. конф. «Новые технологии и в машиностроении» (2–8 сентября 2019 г., Коблево). – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2019. – С. 5.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРИВЧАСТОГО ШЛІФУВАННЯ

Загальновідомо, що застосування переривчастого шліфування дозволяє зменшити температуру різання та підвищити якість обробки деталей машин порівняно зі шліфуванням суцільними кругами. Однак, у відомих розрахунках температури різання не враховується збільшення фактичної глибини шліфування у зв'язку із тим, що частина оброблюваного матеріалу залишається невидаленою у момент проходження вирізу круга і його необхідно видалити під час наступного контакту робочого виступу круга із оброблюваною деталлю. Очевидно, це призводить до підвищення температури різання. Тому зменшення довжини робочого виступу переривчастого круга неоднозначно впливає на температуру різання. Із однієї сторони, зі зменшенням довжини робочого виступу круга зменшуються час його контакту із оброблюваною деталлю і температура різання. Із іншої сторони, збільшується фактична глибина шліфування, що приводить до підвищення температури різання. Отже, має існувати екстремум (мінімум) температури різання залежно від довжини робочого виступу переривчастого круга. Це принципово змінює наявні уявлення щодо закономірностей формування температури різання під час переривчастого шліфування. Тому у роботі теоретично обґрунтовано умови суттєвого зменшення температури різання θ під час переривчастого шліфування на основі отриманої залежності:

$$\theta = \frac{\sigma}{\lambda} \cdot V_{det} \cdot \left(\sqrt{l_{01}} + \frac{l_{02}}{\sqrt{l_{01}}} \right) \cdot \sqrt{\frac{a \cdot t}{R_{кр} \cdot V_{кр}}}, \quad (1)$$

де σ – умовне напруження різання (енергоємність обробки), Н/м²; V_{det} , $V_{кр}$ – швидкості деталі та круга, м/с; t – глибина шліфування, м; $R_{кр}$ – радіус круга, м; l_{01} , l_{02} – довжини робочого виступу та вирізу переривчастого круга, м; $a = \lambda / (c \cdot \rho)$ – коефіцієнт температуропровідності оброблюваного матеріалу, м²/с; λ – коефіцієнт теплопровідності оброблюваного матеріалу, Вт/(м·град); c – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·град); ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м³.

Як видно, параметр l_{01} неоднозначно впливає на θ . Підпорядковуючи залежність (1) необхідній умові екстремуму $\theta'_{l_{01}} = 0$, отримано екстремальне значення параметра $l_{01} = l_{02}$. Друга похідна $\theta''_{l_{01}}$ у точці екстремуму негативна, тому температура різання θ у точці екстремуму набуває мінімального значення:

$$\theta = \frac{2\sigma}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{a \cdot Q_{num} \cdot V_{det} \cdot l_{01}}{R_{кр} \cdot V_{кр}}} \quad (2)$$

де $Q_{num} = V_{dem} \cdot t$ – питома продуктивність обробки, м²/с.

Зменшити мінімальну температуру різання можна зменшенням параметрів σ , Q_{num} , V_{dem} , l_{01} і збільшенням параметрів $R_{кр}$ і $V_{кр}$, що досягається застосуванням переривчастого глибинного шліфування з відносно невеликою швидкістю деталі, оскільки $t = Q_{num}/V_{dem}$ збільшується за умови $Q_{num} = const$.

Отримане аналітичне рішення передбачає зменшення температури різання до початкового значення (що відповідає повному охолодженню деталі) у момент проходження вирізу переривчастого круга над зоною шліфування після кожного контакту робочого виступу із оброблюваним матеріалом. Для досягнення цієї умови необхідно у зону шліфування інтенсивно подавати охолоджувальну рідину. Це підтверджується експериментальними даними професора Якімова О. В., за якими після кожного контакту робочого виступу переривчастого круга із оброблюваним матеріалом температура різання може зменшуватися до початкового значення. У результаті максимальні (пікові) значення температури різання під час переривчастого шліфування менше температури різання, що встановилася під час шліфування суцільним кругом.

У роботі встановлено відношення температури різання під час шліфування переривчастим ($\theta_{перерив}$) і суцільним ($\theta_{суціль}$) кругами:

$$\frac{\theta_{перерив}}{\theta_{суціль}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{dem} \cdot l_{01}}{V_{кр} \cdot l}} = \sqrt{\frac{2}{n}} \quad (3)$$

Зменшити $\theta_{перерив}/\theta_{суціль}$ можна зменшенням V_{dem} , l_{01} і збільшенням довжини дуги контакту круга з оброблюваною деталлю $l = \sqrt{2t \cdot R_{кр}}$. У цьому випадку збільшується кількість контактів n робочих виступів переривчастого круга із фіксованою площиною поперечного перерізу деталі:

$$n = \frac{l}{(l_{01} + l_{02})} \cdot \frac{V_{кр}}{V_{dem}}, \quad (4)$$

що приводить до зменшення відношення $\theta_{перерив}/\theta_{суціль}$ (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахункові значення відношення $\theta_{перерив}/\theta_{суціль}$

n	2	4	6	8	10	20	40
$\theta_{перерив}/\theta_{суціль}$	1	0,7	0,58	0,5	0,447	0,316	0,22

У роботі [1] наведено експериментальні дані, за якими значення $\theta_{перерив}/\theta_{суціль} = 0,6$ досягається за умови $n = 5$ ($l_{01} = l_{02} = 25$ мм; $V_{dem} = 12$ м/хв). Це збігається із розрахунковим значенням $\theta_{перерив}/\theta_{суціль}$ (табл.1) та указує на достовірність отриманого теоретичного рішення і можливість його застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1 Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / В.А. Сипайлов. – М.: Машиностроение, 1978. – 166 с.

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ ТА ХІМІЧНИХ НЕБЕЗПЕК ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

Розвиток техніки та науково-технічний прогрес стали основними чинниками підвищення продуктивності праці, підвищення життєвого рівня людей та розвитку суспільства в цілому. Однак це привело до виникнення величезної кількості нових форм небезпек життєдіяльності людини – загальних та професійних захворювань, нещасних випадків у виробництві та в побутових умовах, що приводять до травм і навіть смертельних наслідків. Тому для забезпечення безпечної роботи людей у виробничих умовах необхідно, по-перше, суворо виконувати вимоги техніки безпеки, а, по-друге, використовувати засоби виробництва, що виключають виникнення у процесі роботи нещасних випадків. При цьому важливо виконувати вимоги ергономіки, забезпечуючи ефективне функціонування людини під час роботи з технікою та застосовуваними технологіями. Наприклад, робоча зона технологічного обладнання під час роботи повинна бути ізольована від робітника. Ефективними у цьому напрямі є сучасні металорізальні верстати із ЧПУ (із закритою зоною обробки). Процес обробки повністю автоматизований, оскільки верстат із ЧПУ працює за спеціально підготовленою управляючою програмою. При цьому робітнику не доводиться виконувати тяжкі фізичні роботи, які традиційні для роботи на звичайних металорізальних верстатах. У результаті він менше втомлюється в процесі роботи та більш якісно та впевнено працює на протязі всієї робочої зміни.

Раніше всі металорізальні верстати виготовляли з відкритою зоною обробки. Тому робітник міг випадково або від втоми рукою потрапити на заготовку, що рухається (обертається), що призводило до травми робітника. При цьому в процесі роботи бризки мастильно-охолоджуючої рідини (емульсії), яка подається в зону обробки, – гарячої та хімічно шкідливої речовини – потрапляли на робітника (на руки і обличчя) й могли викликати у нього з часом професійні захворювання. Застосування сучасних металорізальних верстатів із ЧПУ унеможлиблює виникнення цих небезпек.

Також важливо відійти від застосування у виробництві хімічних речовин, які шкідливі для здоров'я робітника. Це відноситься, наприклад, до застосування під час шліфування сильних електролітів, які забезпечують електрохімічне розчинення оброблюваного матеріалу та виправлення алмазного круга на металевій зв'язці для забезпечення його високої різальної здатності. Водночас при обробці на робочому місці утворюється туман із електроліту із шкідливими складовими для організму людини. Утворюючі пари у повітрі негативно діють на органи дихання робітника. Тому часто у робітників спостерігалася кровотеча з носу і вони

відмовлялися працювати в даних умовах, вимагали заборони застосування електролітів під час шліфування. Для зниження шкідливої дії на здоров'я робітника електролітів під час шліфування застосовують різні витяжні пристрої. Вони дозволяють певною мірою видаляти туман із електроліту, що утворюється на робочому місці, і поліпшити умови праці робітника. Проте повною мірою вирішити проблему безпеки праці робітника не вдалося.

Більш екологічно безпечнішим та чистим є метод алмазного електроерозійного шліфування, оскільки не вимагає застосування шкідливих електролітів. Він протікає з використанням звичайної технічної води (використовується технічна вода з антикорозійною добавкою, 1,5 – 3 % содовий розчин), яка не викликає негативної дії на робітника.

У ряді випадків на виробництві отримало застосування хімічне травлення (правлення) різальної поверхні алмазного круга на металевій зв'язці M2-01 з метою забезпечення його високої ріжучої здатності. Для цього алмазний круг поміщають у концентровану кислоту (42 % розчин азотної кислоти) і витримують певний час. Після обробки для захисту металевої зв'язки від корозії та нейтралізації процесу травлення алмазний круг промивають. Як показала практика, цей метод є досить ефективним, не вимагає складного обладнання та пристроїв, крім вентиляційних пристроїв. Разом з тим, він не є екологічно безпечним методом, тому що шкідливо впливає на здоров'я робітника через наявність у концентрованій кислоті екологічно шкідливих для здоров'я робочого речовин. Тому замість нього ефективно застосовувати більш безпечний у екологічному відношенні метод електроерозійного правлення алмазного круга на металевій зв'язці, який не вимагає його поміщення в ванночку і використання шкідливого електроліту. Прикладом його ефективного застосування є операції шліфування й огранювання природних алмазів в діаманти, на яких вдалося виключити шкідливу дію електроліту на здоров'я робітника-різьбяра і навколишнє середовище, а також підвищити продуктивність та якість обробки природних алмазів у діаманти.

Екологічно чисту технологію електроерозійного правлення також було ефективно використано для вирівнювання алмазовмісного шару великого збірного алмазного круга на металевій зв'язці (діаметром 500 мм). Ці алмазні круги застосовують для обробки виробів, виготовлених із важкооброблюваних матеріалів – керамік і феритів. Для вирівнювання алмазовмісного шару круга традиційно використовували абразивні круги розміром 900x90 мм, які не забезпечували високої різальної здатності алмазного круга.

Розроблену екологічно чисту технологію електроерозійного правлення алмазних кругів на металевій зв'язці також було ефективно використано для виготовлення деталей із кераміки на радіозаводі. Традиційно цю технологію здійснювали із застосуванням гасу, внаслідок чого біля верстату стояв туман із гасу і зовсім не було чим дихати на робочому місці. Тому, щоб уникнути правлення алмазних кругів у гасі та ліквідувати цей екологічно брудний етап технологічного процесу, було запропоновано електроерозійне правлення алмазних кругів

здійснювати із застосуванням більш екологічно чистого технологічного середовища – емульсії – безпосередньо на шліфувальному верстаті без зняття алмазного круга та подальшого його встановлення на шліфувальний верстат. Це дозволило, по-перше, покращити екологію обробки, по-друге, суттєво підвищити техніко-економічні показники обробки керамічних пластин.

Він здійснюється із використанням звичайної технічної води (із антикорозійною добавкою, 1,5 – 3 відсотковий содовий розчин), що не викликає негативного впливу на здоров'я робітника, як це має місце при хімічному травленні (правленні) різальної поверхні алмазного круга на металевій зв'язці M2-01.

Прикладом його ефективного застосування є операції шліфування й огранювання природних алмазів в діаманти. Так, на операції круглого зовнішнього шліфування традиційно використовували алмазний круг на металевій зв'язці форми 1A1 та діаметром 150 мм. Правлення цього алмазного круга здійснювали електрохімічним методом. Для цього алмазний круг, що обертається, в процесі шліфування поміщали в ванночку з електролітом і це дозволяло безперервно розчиняти поверхневий шар металевої зв'язки круга і видаляти верхній ряд затуплених алмазних зерен. Це забезпечувало високу різальну здатність алмазного круга та підвищення продуктивності та якості обробки цим кругом. Однак це вимагало й зниження швидкості обертання круга в результаті розбризкування електроліту і забруднення їм робочого місця робітника-різьбяра, що в цілому призводило до зниження продуктивності обробки.

Таким чином, не вдавалося максимально використовувати значні технологічні можливості, які були зосереджені в алмазних кругах на високоміцних металевих зв'язках, що працюють в умовах безперервного електрохімічного правлення.

Основним недоліком цього процесу обробки була небезпечна дія електроліту на робітника-різьбяра. Електроліт шкідливо впливав на його руки і органи дихання, тобто на здоров'я робітника. Оскільки ця робота виконувалася на багатьох робочих місцях цеху, то постійно дуже гостро поставали питання заміни цієї небезпечної для здоров'я робітників технології. Багато робітників відмовлялися працювати в цих небезпечних умовах. Тому необхідно було запровадити якісь більш небезпечні технології, які б не були шкідливими для здоров'я робітника.

Тому було запропоновано застосування методу електроерозійного правлення алмазного круга на металевій зв'язці, який не вимагав його поміщення в ванночку і використання шкідливого електроліту. Тому впровадження електроерозійного правлення дозволило суттєво поліпшити екологію технологічного процесу шліфування й огранювання природних алмазів в діаманти, виключити шкідливий вплив електроліту на здоров'я робітника-різьбяра і навколишнє середовище, а також підвищити продуктивність та якість обробки природних алмазів в діаманти.

На жаль, і зараз у виробництві використовують старі верстати із відкритою зоною обробки. Тому необхідно посилено контролювати відповідним службам

підприємств виконання робітниками техніки безпеки при роботі на цих верста-тах. Необхідно різними захисними пристроями на верстаті унеможливити попа-дання рук робітника в зону обробки під час роботи. Необхідно також застосову-вати різні захисні щитки, щоб захистити робітника від бризок емульсії, що по-дається в зону обробки. Обов'язково робітник повинен працювати у спеціальних окулярах, оскільки, крім бризок емульсії, із зони обробки вилітають уламки стру-жок, які можуть потрапити в обличчя робітника та пошкодити органи зору.

Аналізуючи цю ситуацію, слід зазначити, що вона відбулася також із-за невиконання ергономічних умов організації праці на пресі. Необхідно було пе-редбачити безпечне виконання операції з усунення стопоріння робочого органу преса, наприклад, забезпечивши здійснення зворотного ходу преса автоматично за допомогою електродвигуна. Це не потребувало б робітникові виконувати цю дуже небезпечну для його життя операцію – вручну повертати великі колеса кли-нопасової передачі, в яких зосереджена величезна енергія інерції, що миттєво привела до нещасного випадку – перелому пальців руки робітника.

Слід зазначити, що досить часто у цехах виробничих підприємств відбу-ваються розриви шліфувальних кругів у процесі обробки. Оскільки зона обробки шліфувального верстата є відкритою, то уламки від круга, що розірвався, розлі-таються по всьому цеху з великою швидкістю (30 – 40 м/с) і часто травмують робітників. Мали також місце на виробництві випадки попадання довгого волосся жінок-робітниць у відкриту робочу зону обробки на верстаті, що приз-водило до смертельних наслідків. Все це, очевидно, пов'язане із порушенням пра-вил техніки безпеки на робочому місці. Однак ці випадки можна було б запобігти, реалізуючи ергономічні вимоги, які пов'язані, насамперед, із закриттям зони обробки верстата різними пристроями. Для виключення розриву шліфу-вального круга у процесі роботи необхідно контролювати його правильну уста-новку на верстаті (точність установки, допустиму величину дисбалансу, ступінь затуплення круга тощо). Усі ці параметри має безперервно контролювати служба з охорони праці на підприємстві.

Важливою небезпекою сучасного виробництва є те, що працююча молодь дуже захоплена слуханням музики у навушниках на робочому місці. Через це не чути, що робиться поруч, особливо якщо в цеху працює кран-балка, що рухається та переміщує по цеху різні вантажі. Робітник у навушниках не почує сигналів безпеки, які подають йому інші працівники. Це може призвести до нещасних випадків. Навіть на території підприємства працівник у навушниках, переходячи дорогу, не почує сигнал, що подається машиною або іншим засобом, що ру-хається. Це також створює небезпеку виникнення нещасного випадку. Тому не-обхідно частіше нагадувати працівникам правила техніки безпеки та поведінки на території підприємства, зокрема, заборонити працювати та переміщуватися на території підприємства у навушниках. Навушниками можна користуватися в обідню перерву у спеціально відведених для відпочинку місцях.

При роботі в дуже галасливих умовах допускається робота в навушниках, щоб убезпечити слуховий апарат від шкідливого впливу шуму. Ці види шкідли-вих шумів робіт обумовлені правилами техніки безпеки.

ОХОЛОДЖЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОКІЛІВ МЕТОДОМ УПОРСКУВАННЯ РІДИНИ

Процес охолодження елементів конструкції за допомогою потоків повітря, або періодичного упорскування рідини розробляються багатьма дослідниками [1].

При відливанні деталей за допомогою кокілів виникає проблема їхнього охолодження з метою прискорення продуктивності лиття. Завдання може бути вирішено за допомогою пристрою, що дозволяє оперативне охолодити кокіля для виливки циліндричних деталей за рахунок подачі рідини, що охолоджує, під тиском в порожнину кокіля.

Пристрій включає (рис. 1) гідравлічну систему, що складається з насоса 9, бака 12 з охолоджувальною рідиною, напірних золотників 3, 11, крана 10, трубопроводів 6, 17 і сільфона 5. Гідросистема пов'язана з важелем, що підводить охолоджувальну рідину до отвору кокіля за допомогою сільфона 5, що розтискається від тиску рідини в системі.

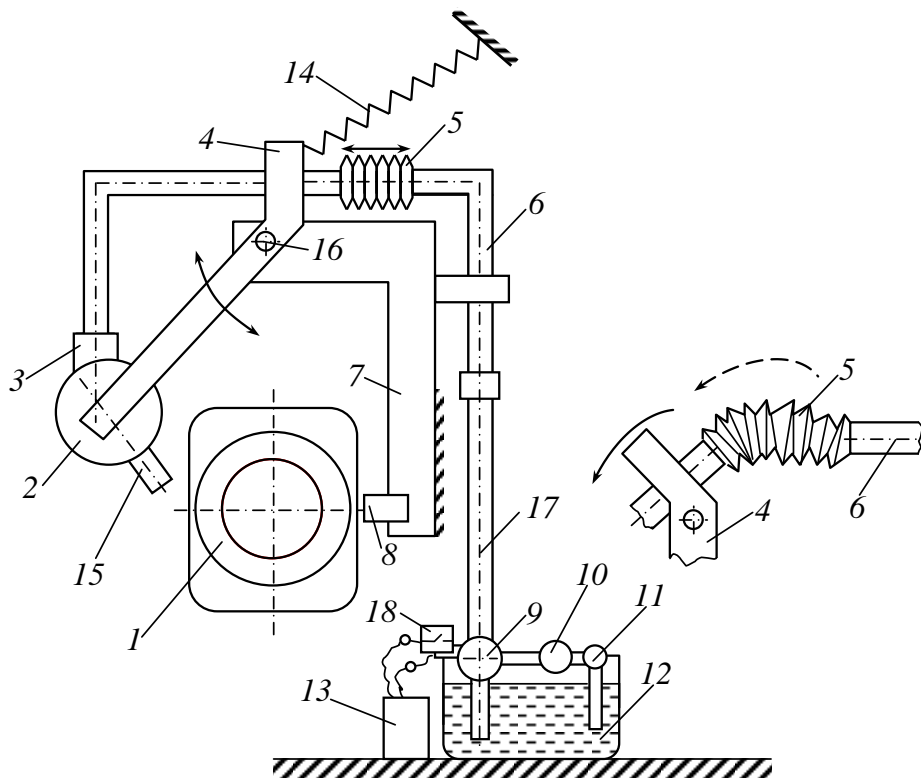


Рисунок 1 – Пристрій для охолодження кокіля (1 – кокіль; 2 – душ;
3, 11 – напірний золотник; 4 – важіль; 5 – сільфон; 6 – трубопровід;
7 – корпус; 8 – клиновий упор; 9 – нагнітач з електродвигуном;
10 – кран з соленоїдом; 12 – бак; 13 – акумулятор; 14 – пружина;
15 – клин; 16 – вісь; 17 – шланг; 18 – реле часу)

Пристрій працює наступним чином. При розкритті кокіля 1 електродвигун насоса 9 та електрокран 10 включаються натисканням кнопки кришкою кокіля 1 при переміщенні її в крайнє положення. Електрокран 10 закриває доступ до напірного золотника 11 та насос 9 створює тиск у системі, тому що напірний золотник 3, який знаходиться перед елементом упорскування 2, пропускає рідину тільки при досягненні певного робочого тиску. При цьому, сільфон 5 від тиску розтискається і повертає важіль 4 до упору клинового 8, притискає елемент упорскування 2 до отвору кокіля 1. Тиск рідини продовжує зростати і спрацьовує напірний золотник 3, пропускаючи рідину, що охолоджує, в кокіль під заданим тиском. Після впорскування встановленого об'єму охолоджуючої рідини, реле часу 18 відключає електродвигун насоса 9 і відкриває електрокран 10, а напірний золотник 11, налаштований на невеликий тиск, випускає частину рідини з системи під дією пружини 14, яка стискає сільфон 5 і повертає у початкове положення важіль 4.

Об'єм упорскування залежить від тиску, на який налаштований золотник 3, і часу упорскування, встановленого в реле часу, вбудованого в систему живлення насоса та електрокрана. У охолоджувальну рідину можна додавати присадки, наприклад графіт, з метою зменшення тертя між деталлю, що виготовляється, і кокілем для зменшення його зносу. Результати охолодження можна зафіксувати зондом для вимірювання температури поверхні тіл [2].

ЛІТЕРАТУРА

1 United States Patent, N 6.178.769 B1, Jan. 30, 2001.

2 Оборський Г.О., Моргун Б.О., Моргун Ю.Б., Прокопович І.В. Зонд для вимірювання температури поверхонь тіл. Патент України на корисну модель №104319, 25.01.2016, бюл. №2.

Олефір А.О., Канашиевич Г.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СВЕРДЛІННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сучасне авіаційне, суднобудівне і автомобільне виробництво використовує широку номенклатуру композиційних матеріалів (КМ), серед яких матеріали з матрицями вугле- і склотканин. Структурна неоднорідність забезпечує КМ покращені експлуатаційні властивості, з іншої сторони виникають технологічні проблеми при обробці матеріалів такого типу [1].

Ріжуча кромка твердосплавного ріжучого інструменту при обробці КМ дуже швидко затуплюється. Саме це обумовлює широке застосування ріжучих інструментів з алмазним напиленням, але процес різання при застосуванні такого

інструменту принципово відрізняється від процесів різання традиційним ріжучим інструментом на основі твердих сплавів [2].

Оптимальним інструментом для свердління елементів композитних конструкцій при їх складанні є низькооборотні електричні чи пневматичні інструменти зі свердлами, виготовленими із спеціальних ріжучих сталей. Свердла на основі твердих сплавів з різним кутом заточки, або різним покриттям ріжучої кромки мають різний ресурс та потребують оперативного технологічного контролю.

Суттєво збільшити кількість отворів, зроблених твердосплавним свердлом в композитному матеріалі за визначений час, можливо при оперативному контролі стану ріжучої кромки свердла у процесі свердління з наданням оператору інформації про стан інструменту і необхідності його заміни «за станом». Пропонується метод оперативного акустичного контролю свердління композитного матеріалу, який у порівнянні з відомими являється більш оперативним і технологічним, та дає можливість створення систем об'єктивного контролю органічно об'єднаного з самим процесом свердлення під час самого технологічного процесу.

Розроблено і виготовлено концепт експериментального зразка інструменту з вбудованим контрольно-вимірювальним обладнанням акустичного типу, що являє собою ручний свердлильний інструмент з електричним приводом, особливістю якого є розташування в районі безпосереднього контакту свердла з оброблюваною деталлю підпружиненого оригінального датчика акустичних коливань, з'єднаного через екранований кабель з підсилювачем-нормалізатором електричного сигналу з аналого-цифровим перетворювачем з подальшою передачею інформації в спеціалізований обчислювальний центр і видачі рекомендацій працівникові. Структурна схема розробленого пристрою та зовнішній вигляд механічної частини представлені на рисунку 1.

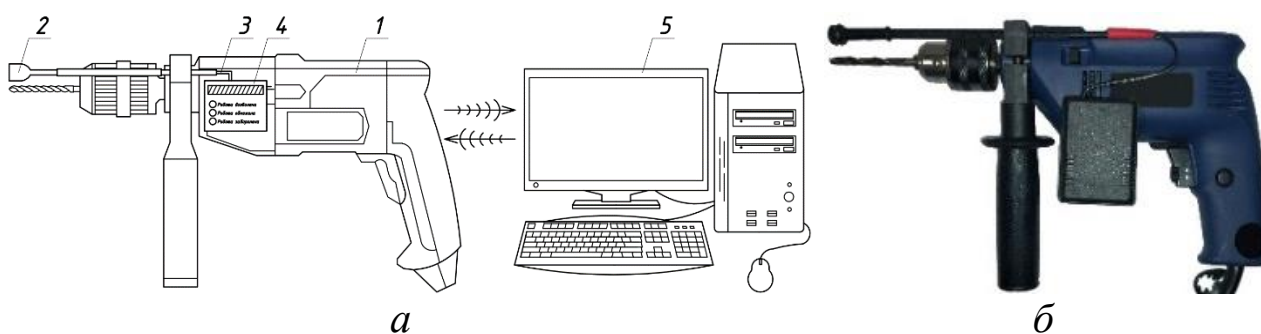


Рисунок 1 – Структурна схема розробленого пристрою (а) та зовнішній вигляд механічної частини (б): 1 – ручний свердлильний інструмент, 2 – підпружинений датчик акустичних коливань, 3 – екранований кабель, 4 – підсилювач-нормалізатор електричного сигналу з аналогоцифровим перетворювачем, 5 – комп'ютеризований комплекс аналізу акустичної інформації

Експериментальні вимірювання проводились в діапазоні від 100 до 2800 обертів на хвилину. Для дослідження був обраний матеріал твінтекс виробництва Німеччини, який являє собою скловугільний композит з поліпропіленовим зв'язувачем. Свердло виконане з матеріалу Р9, заточка інструменту заводська.

Затупленість ріжучої кромки свердла проводилась технологічним свердлінням отворів у тому ж самому матеріалі товщиною 8 мм у кількості 300 отворів з кроком 50 отворів.

Акустичний сигнал записувався на мобільний записуючий пристрій і передавався по безпроводному каналу на спеціалізований комп'ютерний комплекс з розробленим оригінальним програмним забезпеченням, де створювалася база даних акустичних сигналів при свердлінні різноманітних матеріалів при широких технологічних відмінностях процесів свердління. Отримана база акустичних сигналів аналізувалася оригінальними комп'ютерними програмами по спеціально розробленим оригінальним алгоритмам обробки і аналізу звукових сигналів. Особливістю алгоритмів аналізу акустичних сигналів, крім традиційних частотного та вейвлет-аналізів, було те, що частотний діапазон досліджуваних сигналів був розбитий більш ніж на 20 октав і третин октав, в кожному з інтервалів в яких аналізувався приведений енергетичний спектр, особливості піків акустичних сигналів в кожному з діапазонів і розташування цих піків в середині кожного діапазону.

Проведені дослідження довели суттєву відмінність спектру акустичного випромінювання при свердлінні новим і затупленим свердлом та зміні енергетичних показників випромінювання у 5-ій і 6-тій октаві з лавиноподібною зміною акустичного випромінювання при збільшенні ступеню затупленості. Це дає змогу прогнозувати аналогічні тенденції зміни акустичного випромінювання в інших композитних матеріалах і, відповідно, розширює кордони застосування запропонованого метода акустичного контролю процесів свердління. Контроль якості свердління, а саме якість кромки та шорсткості стінок отвору, в проведених дослідженнях не проводився, бо ставилася задача оцінки можливості контролю ріжучого інструменту акустичним методом, що і було здійснено.

Проведений експеримент та отримані результати вказують на перспективність запропонованого способу і дозволяють розробити концепцію оперативного інтелектуального інструмента, який відрізняється від експериментального зразка тим, що акустичний сигнал під час роботи з інструментом передаються через безпроводні мережі в цеховий обчислювальний центр, який після обробки даних передає в зворотному напрямку інформацію про стан інструменту у вигляді трикольорової світлової індикації і звукового мовленнєвого попередження про необхідність заміни ріжучого інструменту і блокування його подальшої роботи для запобігання браку.

ЛІТЕРАТУРА

1 Hintze W. CFK-Bearbeitung Trenntechnologien für Faserverbundkunststoffe und den hybriden Leichtbau / Wolfgang Hintze. – Berlin: Springer Vieweg Berlin, Heidelberg, 2021. – 412 с.

2 Глоба О.В. Дослідження процесу свердління авіаційних матеріалів триперими свердлами з метою удосконалення геометрії різальної частини / О.В. Глоба, Є.В. Олійник, К.А. Сенкевич // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. – 2009. – №7. – С. 48–54.

ТОРЦЕВА ФРЕЗА З ПІДВИЩЕНОЮ НАДІЙНІСТЮ КРІПЛЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ РІЗАЛЬНИХ ВСТАВОК

Торцеві фрези з ножами у вигляді циліндричних різальних вставок широко застосовують для механічної обробки плоских поверхонь. Різальні вставки у корпусі фрези встановлюють у відповідні отвори з мінімальним зазором. Закріплюють циліндричні різальні вставки торцями гвинтів по спеціальним лискам.

Недоліком такого механізму кріплення є можливість саморозкручування різальних вставок під час фрезерування внаслідок вібрацій або ударних навантажень. Оскільки посадка циліндричної різальної вставки не перешкоджає переміщенню вставки уздовж отвору у корпусі фрези, то це може призводити до випадіння вставки під дією відцентрових сил. Саме тому підвищення надійності кріплення циліндричних різальних вставок є актуальним завданням при розробці нових конструкцій торцевих фрез.

Щоб запобігти переміщенню вставки в корпусу фрези, використовують різні конструкторські рішення. Наприклад, на плоских лисках різальних вставок можна зробити занижені ділянки-пази, при цьому їх кількість повинна відповідати кількості кріпильних гвинтів (як правило – 1 або 2). Довжина кожної з цих ділянок, що вимірюють уздовж осі різальної вставки, має бути не меншою, ніж діаметр кріпильних гвинтів. Тому, при ослабленні величини сили закріплення різальної вставки гвинтами, різальна вставка не зможе рухатися уздовж циліндричного отвору в корпусі фрези, оскільки кріпильні гвинти своєю зовнішньою різьовою частиною спроможні протидіяти такому руху.

Також знизити вірогідність саморозгвинчування кріпильних гвинтів можна шляхом додавання до кожного кріпильного гвинта додаткового стопорного гвинта. Запропоновано для встановлення додаткового стопорного гвинта використовувати той же самий різьовий отвір, що і для кріпильного гвинта. Як результат це не призводитиме до зростання собівартості виготовлення торцевої фрези та ускладнення конструкції інструмента. А контактування стопорного гвинта з кріпильним гвинтом дозволить здійснити стопоріння кріпильного гвинта від його потенційно можливого саморозкручування під час роботи інструмента.

Таким чином, в результаті аналізу надійності механізмів кріплення циліндричних різальних вставок в торцевих фрезах було запропоновано конструкцію фрези підвищеної надійності з додатковими стопорними гвинтами. Наявність стопорних гвинтів значно знижує ймовірність саморозгвинчування кріпильних гвинтів та, відповідно, підвищує надійність закріплення різальної вставки в отворі корпусу торцевої фрези.

РОЗРОБКА ПРОЦЕСНОГО ЛАНДШАФТУ ОКРЕМОГО ВІДДІЛУ ПІДПРИЄМСТВА

Підприємства, які заявляють про відповідність своєї системи менеджменту якості вимогам стандарту ДСТУ ISO 9001 повинні визначити послідовність своїх процесів їх входи та очікувані виходи. Зазвичай процеси на підприємствах описують як стандартні операційні процедури які можуть мати довільну назву наприклад «стандарт підприємства», «процедура», «методика» тощо. В стандарті ДСТУ ISO 9001 версії 2015 року задля узгодженості з іншими стандартами на системи менеджменту прийнято узагальнений термін «задокументована інформація» який поєднує в собі всі види документів зокрема «методики», «настанова з якості», «процедури» тощо [1]. Таким чином, формально стандарт не вимагає наявності на підприємстві таких документів як наприклад «настанова з якості» чи «стандартні операційні процедури» [1]. З точки зору окремих аудиторів це є підставою стверджувати, що наявність таких документів не є обов'язковою. Однак виходячи з основних принципів, які були закладені в підґрунтя ДСТУ ISO 9001 підприємствам слід задокументувати свою діяльність з метою забезпечення стабільності та прогнозованості виробництва [1]. Стандартні операційні процедури слід розглядати як засіб підтримки досягнутого рівня якості [1]. Додержання стандартних операційних процедур забезпечує підтримку досягнутого рівня досконалості виробництва. Кожне досягнення нового рівня повинно бути закріплене у відповідній стандартній операційній процедурі.

Найбільш поширеною формою викладання стандартних операційних процедур є текстова. Також поширеним є викладення в текстовій формі взаємозв'язків стандартних операційних процедур для поєднання їх в систему. Останнім часом все більш популярним стає викладення стандартних операційних процедур у вигляді блок-схем, що відображають послідовність виконання процесів, а взаємозв'язок процесів викладають у вигляді процесного ландшафту [1]. Здебільш процесні ландшафти складають для процесів верхнього рівня підприємств при цьому за зразок беруть рисунок з ДСТУ ISO 9001 видання 2009 року.

В графічній формі наводять або взаємодію процесів, або послідовність їх виконання. Тобто графічно відображають *взаємодію* або *дію* процесів, а текстом описують *стан* об'єктів, для яких надається опис відповідної *дії*. Таке поєднання графічного відображення процесу та текстового опису об'єктів процесу є найбільш поширеним на сьогодні.

Графічне представлення дій за процесами та взаємодій процесів краще сприймається користувачами документації. Однак у разі перенасичення графічного матеріалу він може стати складним для розуміння. Якщо уважно придивитись до структури складного процесу майже завжди можливо об'єднати деякі ді-

лянки цього процесу в підпроцеси. Тобто процес, якщо його представити у вигляді декількох простих підпроцесів, стане більш зрозумілим. Тому при складанні графічного опису процесів слід дотримуватись виваженості та раціоналізму в розділенні процесів за рівнями.

В більшості випадків процесні ландшафти складають підприємства для процесів верхнього рівня, при цьому за основу беруть з ДСТУ ISO 9001:2009 рисунок моделі системи управління якістю, в основу якої покладені процеси. Цей процесний ландшафт може мати досить велику кількість рівнів – від підприємства в цілому до конкретних процесів на нижніх рівнях, і не завжди є очевидним на якому рівні слід припиняти включати дії за процесами в цей процесний ландшафт.

Одним з варіантів поділу процесів на підпроцеси є розподіл цих процесів за відповідними підрозділами підприємства. З точки зору процесного підходу, що покладений в підгрунтя системи менеджменту якості, підрозділ підприємства може сприйматись як суб'єкт який виконує відповідні процеси і в цьому сенсі такий підрозділ нічим не відрізняється від зовнішніх постачальників продукції або послуг [1]. Чому б тоді для опису взаємозв'язку процесів підрозділу не використовувати процесний ландшафт? Такий процесний ландшафт підрозділу має таке ж право на існування як і ландшафт процесів вищого рівня підприємства в цілому.

Процесний ландшафт, у поєднанні з посадовими інструкціями співробітників підрозділу, може бути заміною блок-схем, які наразі використовують для опису процесів нижніх рівнів. Опис процесів у вигляді блок-схем передбачає наявність входу і виходу цього процесу, тобто початку і кінця. Однак діяльність підрозділів підприємства більш схожа на постійний цикл, що направлений на перетворення «входів» у «виходи». Зважаючи на наведене, виглядає доцільним рекомендувати підрозділам підприємств, особливо великим, приділяти більше уваги побудові процесних ландшафтів, які показують взаємозв'язок дій окремих виконавців, а не блок-схем які відображають послідовність виконання процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1 ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT)

2 Novikov, V.; Nykytyuk, O. Analysis of the requirements of the new version of the standard DSTU ISO/IEC 17025: 2017. Metrology and instruments, 2018, 5: 36-39.

2 Новіков В. Аналіз основних положень ISO 9004: 2009. Стандартизація. Сертифікація. Якість, 2010, 6: 41-45.

3 Савуляк В.В. Управління якістю продукції: навчальний посібник / В. В. Савуляк – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 91 с.

4 Дідух В.В. Ландшафт як інструмент аналізу управління бізнес-процесами машинобудівного підприємства. Економічний вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут, 2015, 12: 265-272.

5 Шарко В.В., Нікітішин А.О. Управління бізнес-процесами підприємства: процесний підхід. Вісник Хмельницького національного університету: Економічні науки, 2020, 4: 268-273.

УТВОРЕННЯ ПРОФІЛЮ СПРАЛЬНОЇ КАНАВКИ НА ЗОВНІШНІЙ ПОВЕРХНІ БУРИЛЬНОЇ ТРУБИ

Бурильні та ведучі труби, що відповідають стандарту Американського нафтового інституту (API) та ТУ 26-12-775-90 ВАТ «Сумське НВО» на зовнішній поверхні мають гвинтові канавки, профіль яких плавний, без виступів і западин (рис. 1).

Його можна створити 2-х кутовою фрезою, оснащеною стандартною непереточуваною пластиною ром-бічної форми. Двокутова фреза обмежена вихідною інструментальною поверхнею, яка складається із двох конусів. Якщо встановити інструмент таким чином, що між вектором руху подачі і площиною, в якій знаходиться лінія перетину конусів вихідної інструментальної поверхні, утворюється деякий кут β , то тоді формування профілю деталі відбувається лінією перетину конічних поверхонь.

За відомими радіусом кола R та кутом повороту β можна розрахувати профіль деталі. Нехай коло знаходиться в одній із координатних площин, наприклад x_0y_0 , системи $x_0y_0z_0$ і його центр збігається з початком координат. Це можна записати як

$$\begin{cases} x_0^2 + y_0^2 = R, \\ z_0 = 0. \end{cases}$$

У такому положенні, при поступальному русі кола уздовж осі x_0 чи y_0 , утворюється площина шириною $2R$. Рух уздовж осі z_0 створить поверхню з радіусом кривизни R .

Повернемо коло навколо осі x_0 на кут β . Координати точок кола після такого повороту зміняться і при поступальній ході його уздовж осей y_0 та z_0 утворюються поверхні, окреслені еліпсами. Координати точок цих еліпсів можна визначити таким чином.

Обертання у площині y_0z_0 описується рівнянням

$$\begin{cases} z = z_0 \cos \beta + y_0 \sin \beta, \\ y = y_0 \cos \beta - z_0 \sin \beta. \end{cases} \quad (1)$$

Координати точок кола, при такому обертанні, на осі x_0 не змінюються. Визначимо їх через коефіцієнт k_i , як частки від радіуса

$$x_0 = k_i \cdot R.$$

Наприклад, для десяти точок:

$$\begin{cases} x_1 = 0,1R, x_2 = 0,2R, x_3 = 0,3R, x_4 = 0,4R, x_5 = 0,5R, \\ x_6 = 0,6R, x_7 = 0,7R, x_8 = 0,8R, x_9 = 0,9R, x_{10} = 1,0R. \end{cases}$$

Якщо відомі координати точок кола на осі x_0 , то до обертання на кут β їх координати на осі y_0 були

$$y_0 = \pm\sqrt{R^2 - x_0^2} = \pm R\sqrt{1 - k_i^2}. \quad (2)$$

Координати після обертання визначаємо за виразами (1) та (2), при $z_0=0$,

$$z = \pm R\sqrt{1 - k_i^2} \sin \beta; y = \pm R\sqrt{1 - k_i^2} \cos \beta.$$

При цьому $x = x_0$. Отже, якщо 2-х кутову фрезу, оснащену ромбічною БНП, спрямувати навколо труби по гвинтовій траєкторії, то утвориться гвинтова канавка з відповідним профілем. Для аналітичного визначення профілю деталі у середовищі «Mathcad» виконують розрахунки і будують графік залежності $y = f(x)$, яка окреслює профіль деталі (рис. 2).

Дослідження виконано в рамках НДР «Інтенсифікація виробничих процесів та розробка інтелектуальних систем контролю якості продукції в інтелектуальному виробництві» (ДР № 0122U200875, Міністерство освіти і науки України).

Полянський В.І.

ТОВ «Імперія металів», Харків, Україна

Новіков Ф.В.

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,

Харків, Україна

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ ТА ОБГРУНТУВАННЯ УМОВ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ

Застосування сучасних збірних ріжучих лезових твердосплавних і керамічних інструментів зі зносостійкими покриттями закордонного виробництва відкрило широкі перспективи підвищення продуктивності та якості обробки деталей. Тому для їх ефективного використання необхідно знати нові підходи до визначення оптимальних режимів різання, що дозволяють знизити теплову й силову напруженості процесу різання, а, особливо, температуру різання, яка визначає стійкість лезового інструменту, продуктивність і якість обробки. Для цього запропоновано дві розрахункові схеми для визначення температури різання при механічній обробці. Перша розрахункова схема заснована на урахуванні безперервного рівномірного в часі зняття оброблюваного матеріалу, що досягається в умовах шліфування, коли зв'язка шліфувального круга безупинного контакту з оброблюваним матеріалом. У цьому випадку переміщення джерела тепла вздовж адіабатичного стержня зі швидкістю V_{piz} відбувається безперервно (рис. 1, а).

Друга розрахункова схема заснована на тому, що процес стружкоутворення при різанні (в умовах лезової обробки) здійснюється шляхом періодичних

зсувів елементарних об'ємів матеріалу вздовж умовної площини зсуву, яка розташована під умовним кутом β зсуву оброблюваного матеріалу. Тому переміщення джерела тепла вздовж адіабатичного стержня відбувається не безперервно, а періодично з певним кроком $\Delta a = a_{зріз} / n$, де n – кількість елементарних об'ємів матеріалу, що утворюються за час переміщення оброблюваної деталі в межах зони різання (рис. 1,б). Іншими словами, n – це кількість перерізів адіабатичного стержня.

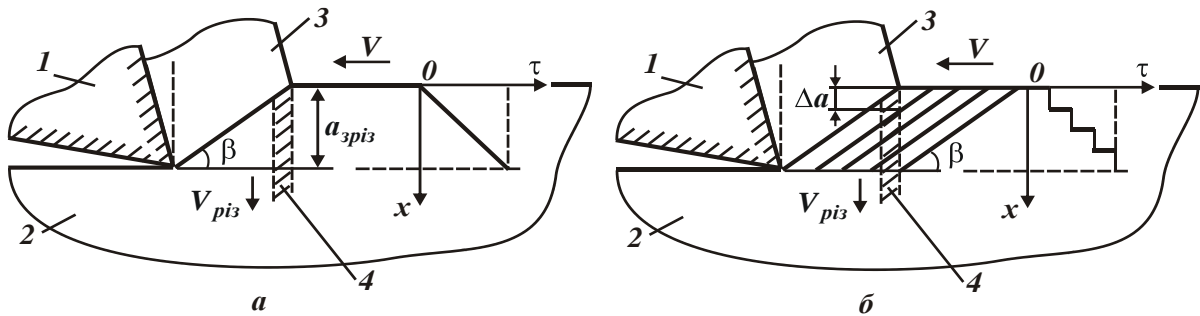


Рисунок 1 – Розрахункові схеми температури різання при лезовій обробці з урахуванням рівномірного (а) та періодичного (б) переміщення в часі теплового джерела вздовж адіабатичного стержня:

1 – різець; 2 – оброблювальний матеріал; 3 – стружка;
4 – адіабатичний стержень

Температуру різання θ при точінні визначено на основі залежностей:

$$\frac{\theta}{\theta_{max}} = \frac{c \cdot \rho}{\lambda} \cdot V_{пiз} \cdot l_2 ; \quad l_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot \tau_n} ,$$

де $\theta_{max} = \sigma / (c \cdot \rho)$ – максимальна температура різання, град (рис. 2); 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; l_2 – глибина проникнення тепла в адіабатичний стержень, м; τ_n, τ_{n-1} – час нагрівання адіабатичного стержня при його перерізанні на величини $n \cdot V_{пiз} \cdot d\tau$ та $(n-1) \cdot V_{пiз} \cdot d\tau$, с; $d\tau = \tau / n$; $\tau = a_{зріз} / V_{пiз}$ – час обробки, с; $V_{пiз} = V \cdot \text{tg} \beta$; $a_{зріз} = S \cdot \sin \varphi$ – товщина зрізу, м; S – подача, мм/об.; φ – головний кут різця в плані.

Час нагрівання адіабатичного стержня під час його перерізанні τ_n визна-

чається залежністю $\frac{\tau_n}{d\tau} = \left(\sqrt{1 + \frac{\tau_{n-1}}{d\tau}} - \alpha \right)^2$, де $\alpha = \frac{V_{пiз} \cdot d\tau}{l_{20}} < 1$ – безрозмірна вели-

чина; $l_{20} = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot d\tau}$ – глибина проникнення тепла в адіабатичний стержень за час $d\tau$, м.

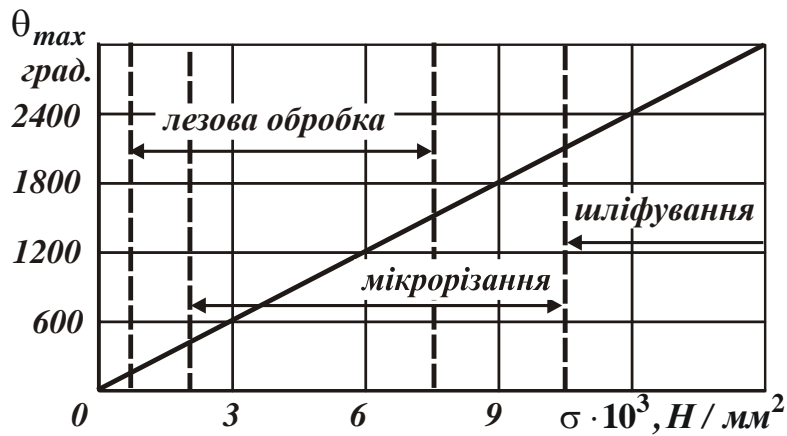


Рисунок 2 – Залежність θ_{max} від σ для сталі 45 –
 $c \cdot \rho = 5 \cdot 10^6$ Дж/(м³·град.)

Для вихідних даних: точіння сталі 45 різцем із гексаніту-Р з $\varphi = 45^\circ$; $V = 100$ м/хв.; $S = 0,07$ мм/об.; $t = 0,2$ мм; $a = 8 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\beta \approx 20^\circ$ (за даними професора Коломійця В. В.), розрахунками встановлено: $\tau = 0,824 \cdot 10^{-4}$ с; $V_{різ} = 0,607$ м/с; $a_{зріз} = 0,05$ мм (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахункові значення параметрів теплового процесу при точінні

n	$d\tau \cdot 10^{-4}$, с	α	$\tau_n \cdot 10^{-4}$, с	l_2 , мкм	θ / θ_{max}
1	0,824	1,377	–	–	–
2	0,412	0,9737	0,000285	0,675	0,1
3	0,275	0,795	0,0145	4,817	0,3658
4	0,206	0,6885	0,02961	6,883	0,522
5	0,165	0,6158	0,041	8,1	0,6158
6	0,137	0,562	0,05	8,944	0,6729
7	0,118	0,52	0,0562	9,483	0,7191
8	0,103	0,487	0,06206	9,965	0,7558
9	0,0916	0,459	0,06648	10,313	0,7823
10	0,0824	0,435	0,07027	10,6	0,8042
11	0,075	0,415	0,073	10,81	0,8205

Виходячи із табл. 1 та рис. 3, встановлено, що зі зменшенням кількості перерізів n адіабатичного стержня температура різання θ зменшується. При $n \rightarrow \infty$ приходимо до розрахункової схеми температури різання із рівномірним переміщенням в часі теплового джерела вздовж адіабатичного стержня (рис.1,а), що має місце при шліфуванні. Однак це призводить до підвищених значень температури різання θ при точінні. Тому розрахунок температури різання при точінні необхідно виконувати за схемою обробки із періодичним переміщенням в часі теплового джерела вздовж адіабатичного стержня (рис.1,б). Це відповідає експериментальним даним. При обробці сталі 45 встановлено, що $\sigma = 7 \cdot 10^3$ Н/мм²;

$n=4$; $\theta_{max}=1400$ °С. Тоді $\theta/\theta_{max}=0,522$ і $\theta=730,8$ °С. При $V=100$ м/хв експериментальне значення температури різання $\theta=700$ °С (за даними професора Коломійця В. В.), тобто досягається висока збіжність розрахункових та експериментальних значень температури різання.

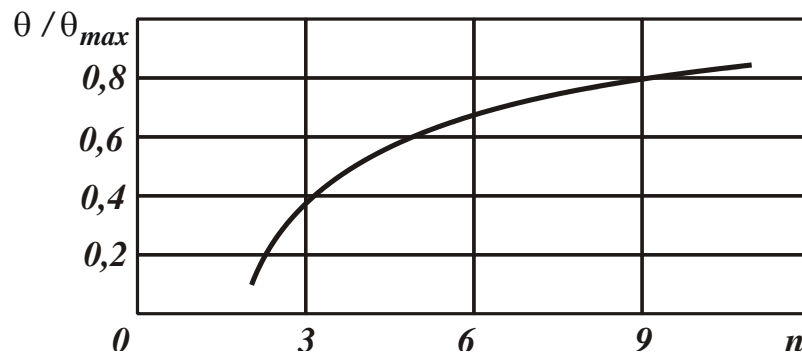


Рисунок 3 – Залежність θ/θ_{max} від n

Розрахунками встановлено, що під час точіння з мінімально можливою кількістю елементарних об'ємів оброблюваного матеріалу, що утворюються за час проходження різцем зони різання, рівною 2, температура різання може бути зменшена до 10 разів щодо максимальної температури різання при шліфуванні. Це указує на те, що на фінішних операціях ефективно використовувати сучасні технології лезової обробки замість технологій шліфування із метою зниження температури різання та забезпечення високих показників якості й продуктивності обробки.

Полянський В.І.
ТОВ «Імперія металів»,
Харків, Україна
Новіков Ф.В.

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна

УМОВИ ЗНИЖЕННЯ СИЛОВОЇ НАПРУЖЕНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Для забезпечення більш високих показників якості, точності та продуктивності механічної обробки важливо досягти зниження її силової напруженості шляхом зменшення енергоємності обробки або умовного напруження різання, що визначається залежністю: $\sigma = \sigma_{cm} / \text{tg}\beta$, де σ_{cm} – межа міцності на стиск оброблюваного матеріалу, Н/м²; β – умовний кут зсуву оброблюваного матеріалу. Для цього у роботі отримано уточнену залежність для визначення кута β , ос-

скільки відома формула професора Зворикіна К. О.: $\beta = 45^0 + (\gamma - \psi)/2$ приводить до завищених значень кута β , де ψ – умовний кут тертя стружки із передньою поверхнею різця ($tg \psi = f$ – коефіцієнт тертя); γ – позитивний передній кут різця. Роботу різання $P_z \cdot \Delta z$ представлено сумою робіт $P \cdot \Delta l$ і $P_y \cdot \Delta y$:

$$P_z \cdot \Delta z = P_y \cdot \Delta y + P \cdot \Delta l \quad \text{або} \quad P_z \cdot \cos \beta = P_y \cdot \sin \beta + P, \quad (1)$$

де P_z , P_y – тангенціальна та радіальна складові сили різання, Н; $P = \tau \cdot \epsilon \cdot l$, τ – сила та дотичне напруження, що виникають в умовній площині зсуву оброблюваного матеріалу, Н та Н/м²; ϵ – ширина зрізу, м; $l = a_{зріз} / \sin \beta$ – довжина умовної площини зсуву оброблюваного матеріалу, м; $a_{зріз}$ – товщина зрізу, м; Δz , Δy , Δl – переміщення в напрямі осей Δz , Δy і лінії Δl ; $\cos \beta = \Delta z / \Delta l$; $\sin \beta = \Delta y / \Delta l$.

Тангенціальну складову сили різання P_z представлено сумою складових сил P_{z1} і P_{z2} , що забезпечують відокремлення елементарних об'ємів оброблюваного матеріалу від основного матеріалу та їх пружно-пластичне переміщення вздовж умовної площини зсуву оброблюваного матеріалу. При визначенні кута β необхідно враховувати першу складову сили різання P_{z1} , приймаючи її в першому наближенні рівною половині P_z . Тоді із залежності (1) отримано:

$$\tau = \frac{1}{a \cdot \epsilon} \cdot (0,5 \cdot P_z \cdot \sin 2\beta - 2 \cdot P_y \cdot \sin^2 \beta). \quad (2)$$

Як видно, умовний кут зсуву оброблюваного матеріалу β для заданих значень P_z і P_y неоднозначно впливає на дотичне напруження τ , тобто має місце екстремум (мінімум) функції τ від кута β . Підкоряючи функцію τ необхідній умові екстремуму: $\tau'_{\beta} = 0$, із урахуванням відомого відношення $P_z / P_y = ctg(\psi - \gamma)$ отримано залежність для визначення кута β :

$$tg 2\beta = 0,5 \cdot ctg(\psi - \gamma). \quad (3)$$

Якщо при визначенні кута β враховувати дві складові сили різання $P_z = P_{z1} + P_{z2}$, то отримано залежність

$$tg 2\beta = ctg(\psi - \gamma), \quad (4)$$

яка після перетворень приймає вигляд формули професора Зворикіна К. О., тобто $\beta = 45^0 + (\gamma - \psi)/2$.

Розрахунками за залежністю (3) встановлено, що для умов точіння сталі 45 різцем із гексаніту-Р ($\beta = 20^0$; $\gamma = -11^0$), маємо: $\psi = 20^0$; $f = tg \psi = 0,364$. Це відповідає експериментальним даним. Розрахунками за залежністю (4) за цих умов встановлено: $\psi = 61^0$; $f = tg \psi = 1,8$, що не відповідає дійсності, оскільки $f > 1$, а кут $\psi > 45^0$. Це пов'язано із тим, що кут β в даному випадку повинен приймати значення, більші 20^0 . Так, для вихідних даних: $\gamma = -11^0$; $\psi = 20^0$ розрахункове значення кута $\beta = 29,5^0$, що значно перевищує експериментально встановлене значення $\beta = 20^0$. Отже залежність (3) дозволяє уточнити залежність (4),

яка визначає формулу професора Зворикіна К. О. Якщо при визначенні кута β враховувати лише першу складову сили різання P_{z1} , пов'язану із відокремленням елементарних об'ємів оброблюваного матеріалу від основного матеріалу та рівною P_z/z , то залежність (3) прийме узагальнений вигляд

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{1}{z} \cdot \operatorname{ctg}(\psi - \gamma), \quad (5)$$

де z – безрозмірна величина ($z > 1$).

Випадок $z=1$ відповідає формулі професора Зворикіна К. О. Із залежності (5) випливає, що чим більше z , тим менше кут β (рис. 1, а) і більше енергоємність $\sigma = \sigma_{cm} / \operatorname{tg}\beta$ порівняно із експериментальними значеннями (рис. 1, б).

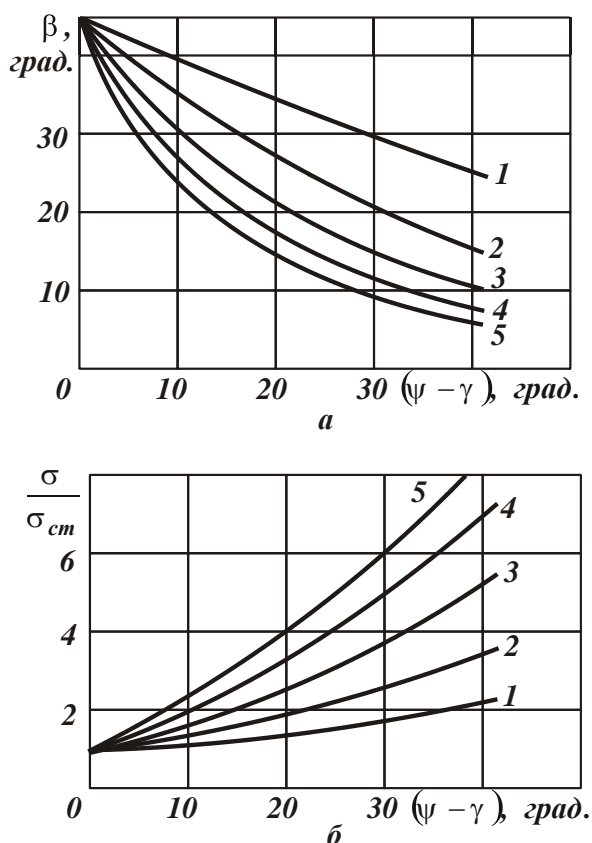


Рисунок 1 – Залежності кута β (а) і σ/σ_{cm} (б) від кута $(\psi - \gamma)$:
1, ..., 5 – $z = 1, \dots, 5$

Цим показано, що у формуванні кута β переважає радіальна складова сили різання, що й приводить до його значного зменшення (у 1,5 разів) відносно розрахункових значень, отриманих за формулою професора Зворикіна К.О. На цій основі обґрунтовано умови зменшення енергоємності обробки та сили різання, які пов'язані, головним чином, зі зниженням інтенсивності тертя у зоні різання. На цій основі обґрунтовано умови зменшення енергоємності обробки та сили різання, які пов'язані, головним чином, зі зниженням інтенсивності тертя у зоні різання.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЗНИЖЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНОЇ ФОРМУЮЧОЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Значним досвідом розроблення прогресивних технологічних процесів механічної обробки із застосуванням сучасних високоточних металообробних центрів та верстатів із ЧПУ володіє ТОВ «Імперія металів» (м. Харків) – основний виробник в Україні складнопрофільної формуючої оснастки для харчової промисловості. У даний час виробництво ТОВ «Імперія металів» оснащено сучасними високоточними металообробними центрами та верстатами із ЧПУ. Це дозволяє забезпечити високі показники точності й повторюваності форм складнопрофільної формуючої оснастки, особливо, під час виробництва печива.

Значне місце у виготовленні складнопрофільної формуючої оснастки займає механічна обробка високоточних отворів. Так, традиційно обробка 8 отворів діаметром 25 мм у технологічному багатомісному пристосуванні для кривошипно-шатунного механізму кондитерської машини (деталі типу шатун) здійснювали в такій послідовності. Спочатку виконували свердління та розфрезерування твердосплавною суцільнометалевою фрезою, а потім – остаточну обробку – розточування. Основним недоліком цієї технології була низька якість оброблюваної поверхні, оскільки на ній утворювалися «рвані поверхні» із-за появи адгезійних явищ у зоні різання. Для підвищення якості обробки застосували технологію координатного внутрішнього шліфування. Однак і ця технологія виявилася малопродуктивною та трудомісткою. У подальшому замість неї застосували традиційну технологію розточування отворів. Виявилось, що за умови досягнення частоти обертання шпинделя 350 об./хв у технологічній системі виникали вібрації. Це приводило до нециліндричності обробленого отвору. Досягали лише 7 квалітету точності обробки та параметру шорсткості поверхні $R_a = 0,8$ мкм. Це не відповідало технічним вимогам, які пред'являли до якості обробки отвору.

Тому для здійснення високоточної обробки отвору застосували вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПУ FANUC (моделі MV204P), виробництва компанії QUASER (Тайвань). Швидкість обертання шпинделя – 12000 об./хв. Потужність двигуна шпинделя 46,5 кВт. Для цього попередньо проведено балансування розточувальної системи серії TRM виробництва компанії D'ANDREA (Італія). Дисбаланс оцінювали за допомогою балансувального обладнання TOOL DYNAMIC 2009 виробництва компанії HAIMER (Німеччина). При цьому отримав застосування металорізальний інструмент зі змінною багато-гранною пластиною TPGX090202L DC100T (кермет із покриттям TiN), виробник D'ANDREA (Італія).

У результаті процес високоточного високошвидкісного розточування отвору став стійким, у технологічній системі зникли вібрації, а на оброблюваній поверхні зникли рвані місця. Це забезпечило формування високоякісного і високоточного отвору (рис. 1).

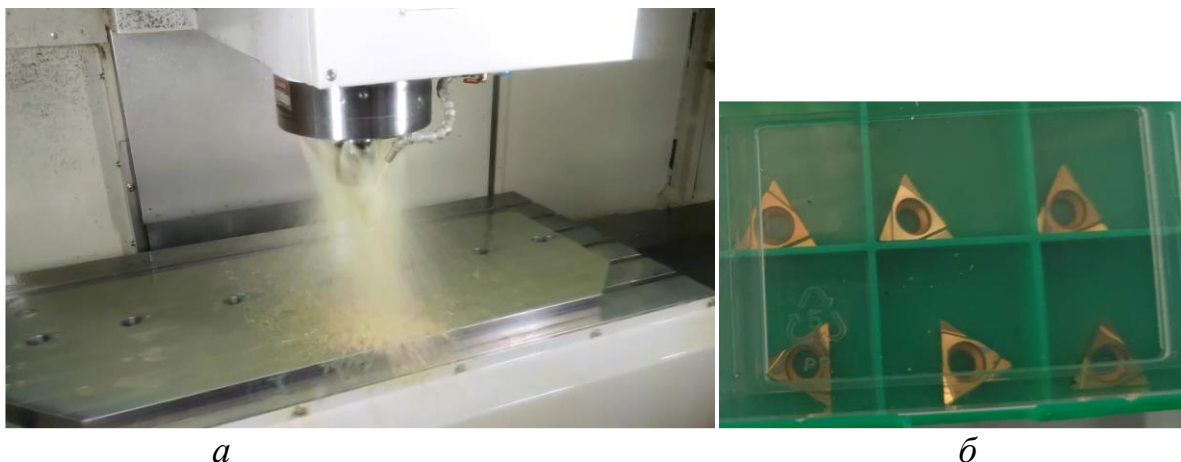


Рисунок 1 – Процес високоточного високошвидкісного розточування отвору (а) і змінні багатогранні пластини TPGX090202L DC100T (б)

Слід зазначити, що застосування на операції розточування такого самого твердосплавного інструменту, але без покриття, не забезпечило високоякісної та високоточної обробки. На оброблюваній поверхні утворювалися рвані місця, а в технологічній системі виникали вібрації із-за виникнення адгезійних явищ у зоні різання (внаслідок підвищення температури різання у результаті інтенсивного тертя різального інструмента із оброблюваним матеріалом).

Заслуговує особливої уваги сучасна технологія розфрезерування отвору твердосплавними кінцевими фрезами зі зносостійкими покриттями закордонного виробництва на металорізальних верстатах із ЧПУ типу "обробний центр". Сутність цієї технології полягає у тому, що фреза здійснює обертальний рух та рух вздовж оброблюваного отвору. У результаті досягається підвищення точності та продуктивності обробки. При цьому діаметр фрези повинен бути менше діаметру оброблюваного отвору. За цією технологією можна здійснювати високоточну обробку отворів у деталях, виготовлених із матеріалів із підвищеними фізико-механічними властивостями, наприклад, із високоміцних сталей та сплавів, кольорових металів та ін. Продуктивність обробки збільшується в декілька разів щодо традиційних методів обробки отворів.

Ефективність застосування технології розфрезерування отвору значно зростає зі збільшенням швидкості обертання фрези. Тому перехід у діапазон високошвидкісного розфрезерування отвору дозволяє кардинально вирішити проблему підвищення точності, якості та продуктивності обробки. За цією технологією можна виготовляти наскрізні й глухі отвори різної геометричної форми (круглі, квадратні, трикутні та ін.). Наприклад, під час виготовлення отворів у деталях із сталей і латуні можна забезпечити точність обробки у межах декількох мікрон і багаторазово збільшити продуктивність обробки. Це дозволяє різко скоротити трудомісткість виготовлення формуючої оснастки для макаронної та кон-

дитерської галузей харчової промисловості. При цьому з'явилася можливість високоточного виготовлення фрезуванням різних пазів і «кишень» на плоских і циліндричних деталях та ін. (рис. 2).



*Рисунок 2 – Деталь – кільце вирубне (матеріал – латунь ЛС59).
Режим різання: $n = 11\ 000$ об./хв., $S = 600$ мм/хв. Інструмент – фреза
твердосплавна DHF ВТВ0404. Застосовуване обладнання –
FINETECH SMW1670 (Тайвань)*

Застосування нових технологій обробки лезовими інструментами дозволило до 10 разів підвищити продуктивність і приблизно у стільки ж разів зменшити трудомісткість обробки із одночасним підвищенням якості та точності оброблюваних поверхонь. Завдяки застосуванню спеціально розроблених сучасних різальних твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями, вдалося скоротити на 90 % персонал слюсарів-складальників, фахівців із ручного доведення поверхонь деталей, які виконували традиційні технології механічної обробки. У результаті було вирішено важливе завдання – зниження вартості виробів до рівня цін ринку. Якість виробів підвищили до світового рівня, при цьому асортимент виробів збільшився до 10 разів.

Випуск виробленої продукції шляхом застосування нових технологій механічної обробки на верстатах із ЧПУ типу «обробний центр» закордонного виробництва зростає щорічно приблизно на 20 %. Це дозволило ТОВ «Імперія металів» забезпечити виробництво у достатній кількості для підприємств харчової промисловості роторів для печива, обсадних філь'єр, штампів для виробництва цукерок, філь'єр для виробництва нуги та пастили, валків для виробництва пельменів, різних запасних частин для кондитерських і макаронних машин та для інших харчових агрегатів. Разом із тим, верстати із ЧПУ типу «обробний центр» закордонного виробництва дуже коштовні. Тому питання їх придбання виробничим підприємством вимагають ретельного економічного аналізу і, перш за все, з точки зору зниження собівартості на операціях механічної обробки. Це пов'язано з тим, що зниження собівартості – найважливіший шлях до збільшення прибутку і рентабельності товарної продукції, підвищення ефективності промислового виробництва.

Протасенко О.Ф.
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна
Мигаль Г.В.

Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна

РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ ПРАЦІВНИКА У СТВОРЕННІ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ

На сьогодні розвиток будь-якого виробництва – це комплексний процес економічних і соціально-екологічних рішень, які відображають здатність системи стабільно забезпечувати економічне зростання з обов'язковим збереженням соціальної і екологічної рівноваги. Таким чином, правильне розв'язання проблем управління виробничо-економічними системами ґрунтується на сучасному соціально-екологічному підході, який включає не просто заходи соціального характеру і дії, спрямовані на збереження навколишнього середовища, а створює умови екологічної безпеки працівника на робочому місці, що є відображенням його сьогоdnішніх індивідуальних потреб. У минулому ті часи, коли потреби працівника визначали в основному зарплатня і соціальне забезпечення. На сьогодні у нього є певні запити щодо екологічності робочого середовища, що проявляються у бажанні мати повну інформацію відносно екологічної якості обладнання і матеріалів, з якими він працює, прагненні допомагати своєю повсякденною діяльністю берегти навколишнє середовище тощо. Таким чином, критерій екологічності робочого середовища необхідно вводити у систему оцінювання безпеки виробництва з метою підвищення безпеки як безпосередньо виробництва, так і працівника. Отже, актуальним є аналіз і дослідження показників екологічності робочого середовища.

Дослідження й аналіз наявних визначень критерію екологічності робочого середовища показали, що на сьогодні його основні показники це:

- 1) екологічність матеріалів, з яких виготовлені елементи робочого місця;
- 2) способи створення і підтримки умов праці у приміщенні;
- 3) інтер'єр робочого приміщення;
- 4) особливості екстер'єру підприємства (наявність паркувальних зон і їх розташування та ін.)

Кожний з наведених показників відіграє суттєву роль у визначенні екологічності робочого середовища, а їхнє сукупне застосування дозволяє зробити його комплексне оцінювання. Проте у цьому переліку не вистачає такого показника, як екологічні потреби (або екологічні запити) працівника. Необхідність його введення у систему оцінювання екологічності обумовлена переходом виробництва на новий рівень функціонування, що передбачає застосування інноваційних стратегій розвитку, необхідними складовими яких є такі компоненти:

1) розвиток нових галузей економіки і технічне оновлення наявних підприємств, що пов'язано не лише із заміною старого обладнання сучасним, але й введенням таких критеріїв оцінювання безпеки його функціонування, як екологічність робочого середовища, що зараз є важливою умовою зниження негативного впливу на навколишнє середовище і людину;

2) пошук підходів до більш ефективного використання людського ресурсу, що передбачає, перш за все, перегляд суті питання індивідуальні потреби працівника, оскільки на сьогодні вони включають не лише соціальні і психологічні аспекти, а і його екологічні запити.

Треба зазначити, що у межах сучасних моделей сталого розвитку виробництва індивідуальні потреби працівників, перш за все, пов'язують з їхніми вимогами до збереження власного здоров'я, що має своє вираження у вигляді грошових витрат з боку підприємства на придбання засобів індивідуальної і колективної безпеки, оплату лікарняних листів, виплату компенсацій через травмування на виробництві тощо. На другому плані знаходяться витрати на створення і впровадження соціальних програм кар'єрного росту робітників, їх залучення до суспільного життя, реалізацію психологічних потреб у самореалізації та ін. А ось на екологічні потреби (запити) сучасного працівника майже не звертають уваги, хоча саме їх реалізація може зробити вагомий внесок у підвищення рівня безпеки виробництва, що обумовлено застосуванням екологічно чистих матеріалів для забезпечення робочого процесу, а це, у свою чергу, підвищить психологічний комфорт працівників через відчуття максимальної безпеки і знизить захворюваність завдяки мінімальному застосуванню матеріалів, які можуть справляти негативний вплив на стан їхнього здоров'я

Таким чином, перелік показників екологічності робочого середовища має включати такі показники:

- 1) екологічність матеріалів, з яких виготовлені елементи робочого місця;
- 2) способи створення і підтримки умов праці у приміщенні;
- 3) інтер'єр робочого приміщення;
- 4) особливості екстер'єру підприємства;
- 5) екологічні потреби (запити) працівника

Загалом оцінювання безпеки робочого середовища за показниками екологічності дозволить:

1) в екологічній сфері: максимально скоротити негативний вплив на здоров'я працівників екологічно несприятливих чинників робочого середовища шляхом застосування максимально безпечних матеріалів і, можливо, часткового перепланування організації діяльності підприємства;

2) у соціальній сфері: підвищити рівень психологічного комфорту працівників через реалізацію їхніх потреб і створення відчуття максимальної безпеки на робочому місці;

3) в економічній сфері: поліпшити фінансово-економічні показники діяльності підприємства завдяки зростанню продуктивності праці і мотивації працівників.

*Пуховський Є.С., Фролов В.К., Приходько В.П.,
Бецко Ю.М.*

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

ТЕХНОЛОГІЧНА ДИНАМІКА ПРОЦЕСУ БАГАТОЛЕЗОВОГО РІЗАННЯ

Динаміка процесу різання найбільш детально досліджена при однолезовому точінні на токарних верстатах. Результати досліджень вібрацій при обробленні деталей багатолезовими інструментами не систематизовані, в них недостатньо уваги приділено впливу вібрацій на продуктивність механічного оброблення, стійкість різального інструмента та на показники якості деталей – точність, шорсткість і якість поверхневого шару деталі [1, 3, 6].

Багатолезове точіння дуже широко використовується при обробленні на токарних верстатах та верстатах-автоматах. При цьому загальна вібростійкість металорізальних верстатів підвищується при збільшенні числа різальних кромки, що беруть участь у різанні. При такій схемі оброблення різці розташовуються двома способами: в площині, що перпендикулярна до осі центрів верстата, та в площині, яка паралельна до цієї осі. Підвищення вібростійкості при багатолезовому точінні пояснюється збільшенням числа допоміжних поверхонь і відповідним збільшенням постійної часу заднього кута, який є демпфуючою складовою динамічної характеристики різання [1]. Тобто, коли з'являються додаткові різальні кромки, то збільшується робота тертя інструмента по задній поверхні, що дає можливість підвищити динамічну стійкість системи верстата.

При розточуванні багатолезовими борштангами різці розташовуються по принципу поділу глибини різання або подачі. Установка різців по принципу поділу подачі виконується для суміщення напівчистового та чистового розточування, при цьому напівчистовий різець випереджає чистовий на 1-2 мм вздовж осі борштанги. Динамічні властивості розточувальних верстатів визначаються показниками шпindelного вузла, який може бути представлений у вигляді двомасової пружної системи, де маса борштанги приведена до різця, а маса шпінделя – до стику шпінделя з борштангою. При розточуванні борштангами з двома різцями, крім підвищення продуктивності та динамічної стійкості, спостерігається також збільшення точності та якості поверхні деталей [3, 6].

Фрезерування визначається присутністю вимушених коливань та автоколивань, які обумовлені випадковими поштовхами при врізанні фрези, зривом наросту, зрізанням нерівномірного припуску, що виводить з рівноваги динамічну систему і призводить до змін товщини зрізаного шару. Внаслідок цього власні затухаючі коливання стають автоколиваннями, які важко погасити. Енергія, яка підтримує їх, створюється за рахунок зрушеною по фазі сили різання [2, 4].

Усуненню вібрацій при фрезеруванні в значній мірі сприяє раціональний вибір режимів різання, геометричних параметрів інструмента та інших технологічних факторів. Це можна пояснити тим, що зі збільшенням глибини різання довжина зрізаного шару при прийнятих умовах фрезерування збільшується в 2,5 рази, тоді як зі збільшенням ширини фрезерування вона збільшується лише в 1,2 рази.

Аналогічний характер закономірностей зміни інтенсивності вібрацій від ширини фрезерування спостерігається для дискових і прорізних фрез [6, 7].

Процеси свердління, зенкерування і розвертання характеризуються замкнутою системою діючих сил, складними умовами транспортування стружки, протіканням процесу різання в обмежених умовах, малою крутильною жорсткістю інструмента.

При глибокому свердлінні процес стає більш складним за рахунок втрати стійкості стебла інструмента. Характер коливальних процесів, що відбуваються при обробленні кінцевим мірним інструментом, залежить від його форми, числа і розташування різальних кромки, довжини інструмента і форми поперечного перерізу, що визначає його крутильну і поперечну жорсткість, режимів різання, оброблюваного матеріалу, виду змащувальної рідини і цілого ряду інших факторів [1, 3, 6].

Таким чином, позбавитись динамічних коливань при обробленні багатолезовим інструментом можна шляхом правильного вибору режимів різання, тобто знаходження областей режимів, що забезпечують його стабільну роботу, а також зміною конструкції інструмента, направленої на підвищення його жорсткості.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Kudinov V.A. *Dinamika stankov*. [Machine tool dynamics], М.: Mashinostroenie, 1967, 359 s. [in Russian].
- 2 Pashinin A.V., Tchernishev E.A. *Analiz pritchin pojavleniya vibratsiy pri frezerovanii flantzov korpusov*. [Analysis of the causes of vibration when milling the flanges of the hulls.], *Nauchny vestnik DGMA*, 2012, vip.2. [in Russian].
- 3 Tchernishev, E.A. *Razvitie predstavleniy o vibratsiyakh pri rezanii*. [Development of ideas about vibrations during cutting.], *Nauchny vestnik DGMA*, 2010, vip.1. [in Russian].
- 4 How to reduce vibration in milling. Sandvik Coromant, 2018. <https://www.sandvikcoromant.com>
- 5 Li, K.S. Analysis on affecting factors of vibration in milling. *J. Liaoning Tech. Univ.*, 2011, 30: 884-887.
- 6 Peterson Linus. *Vibration in Metal Cutting*. Ronneby, Sweden. 2002, 101 p.
- 7 Zhu, H.B. Influencing factors of milling vibration based on cutting parameters and tool wear. *Mech. Res. Appl.*, 2015, 28: 57-59.

*Пуховський Є.С., Фролов В.К., Приходько В.П.,
Бецко Ю.М.*

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

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ГНУЧКОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Комплексна автоматизація багатомономенклатурного виробництва на основі використання гнучких виробничих систем (ГВС) визначається специфічною проблематикою, пов'язаною з гнучкою технологією. Найважливіші проблеми технології ГВС:

організація виробничого процесу на принципах групової технології, забезпечення «безлюдної», малоопераційної, переналагоджувальної технології з використанням засобів активного контролю та комп'ютерної техніки, ситуативне проектування технології в залежності від зміни параметрів виробничого процесу,

інтеграція систем технологічної підготовки виробництва та управління технологічним процесом при експлуатації ГВС,

реалізацію комплектної технології, коли в одній ГВС виготовляється комплект деталей однієї машини,

виготовлення виробів в гнучкому циклі при використанні принципово нових технологічних процесів,

будування технології на модульному принципі,

використання принципів оптимальності та завершеності,

вирішення питань технологічного проектування ГВС,

створення системи автоматизованого проектування ГВС (САПР ГВС),

забезпечення допоміжних технологічних систем [1, 2].

Проблеми групової технології повинні відображати специфічні характеристики оброблюваних деталей, таких як матеріал заготовки, точність та шорсткість оброблення, технічні вимоги до виробів. Реалізація цих характеристик проходить через набори елементарних переходів, які є матеріалом для побудови групових та індивідуальних технологічних процесів.

Головним аспектом «безлюдної» технології є проблема надійності обладнання, інструмента та оснастки. Для створення так званих «справжніх» ГВС, працюючих в «безлюдному» режимі, необхідно вирішити проблеми адаптивного управління технологічними процесами з використанням початкової та накопиченої в процесі роботи інформації, автоматизації операцій переналагодження допоміжного обладнання, створення засобів вхідного контролю параметрів заготовок, а також інструмента та технологічних середовищ, забезпечення діагностики технологічного обладнання [3, 4, 5, 6].

Проблема малоопераційної технології особливо актуальна при використанні принципу концентрації операцій на верстатах типу «оброблювальний центр». Структура ГВС є оптимальною, коли включає в себе мінімальне число одиниць обладнання та забезпечує раціональну концентрацію операцій на кожній позиції оброблення.

Реалізація принципів переналагоджувальної технології пов'язана з обґрунтуванням багатоваріантних технологічних рішень, створенням адаптивно керованих процесів оброблення, розробленням засобів оснастки, що переналагоджується автоматично.

Реалізація принципів ситуативного проектування технології є можливою при створенні автоматизованої системи, спроможної видавати рішення як на етапі проектування, так і на етапі експлуатації ГВС.

Комплектна технологія ГВС вирішує проблеми зменшення обсягів незавершеного виробництва, організації ритмічної роботи складальних конвеєрів, окремих підрозділів та підприємств в цілому.

Модульна технологія основана на тому, що будь-яку деталь можна представити як сукупність модулів поверхонь, які мають кілька типових технологічних процесів оброблення.

Поєднання модульної та групової технології дає можливість розробляти ГВС на основі агрегування вузлів технологічного обладнання, що сприяє створенню типових ГВС в усіх галузях машинобудівного виробництва.

Принцип завершеності відображає вимогу виконання всіх операцій в межах однієї ГВС без передачі напівфабрикатів в інші підрозділи або допоміжні відділення.

Створення «справжніх» ГВС неможливо без дотримання принципу завершеності.

Автоматизоване проектування ГВС в межах САПР ГВС передбачає вирішення основних проблем гнучкого автоматизованого виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1 Базров Б.М. Совершенствование машиностроительного производства на основе модульной технологии. М., Станки и инструмент.- 1985, №10, с.22-24.

2 Горнев В.Ф. Проблемные вопросы технологии ГПС. М., Станки и инструмент. №11, 1986, с.13-16.

3 Пуховский Е.С. Проблемы группирования деталей при создании ГПС. Вісник НТУУ (КПІ), Машиностроение, вып.57, 2009, с.14-20.

4 Пуховський Є.С. Проектування технологічних процесів в умовах гнучкого автоматизованого виробництва. Вісник НТУУ (КПІ), Машинобудування, вип.59, 2010, с.267-271.

5 Codd E.F. A relational model of data for large shared banks. ACM, 1970, №6, p.377-387.

6 Welch A., Emang J.T. Group technology, The Heart of Flexible Manufacturing System. Brighton/ U.K., 1982-окт., p. 121-130.

*Равська Н.С., Корбут Є.В. Парненко В.С.
НТУ України «КПІ ім. І. Сікорського», Київ, Україна
Заковоротний О.Ю, Клочко О.О., Камчатна-Степанова К.В.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна
Сапон С.П.*

Національний університет «Чернігівська політехніка», Чернігів, Україна

АЛГОРИТМ МЕТОДУ ГРУПОВОГО ВРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ В ІМІТАЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСАМИ ШВИДКІСНОГО ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ

Процеси швидкісного зубофрезерування залежать від управління групового врахування аргументів в імітаційному моделюванні. Імітаційне моделювання відкриває широкі можливості оптимального управління ними і забезпечує побудову моделей, описуючих діючий процес. Серед видів імітаційного моделювання систем і методів заслуговують методи, засновані на теорії евристичної самоорганізації. Теорія самоорганізації базується на принципах самоорганізації і масової селекції [1] та реалізується в алгоритмах методу групового врахування аргументів (МГВА). Існує ряд видів алгоритмів МГВА, проте всі вони характеризуються структурною спільністю на принципі самоорганізації, який в алгоритмах МГВА реалізується наступними основними положеннями: принцип зовнішнього доповнення; Геделєвський підхід при самоорганізації моделей; зовнішні критерії селекції; розподіл таблиці експериментальних даних на дві частини; гіпотеза селекції; принцип збереження свободи вибору; застосування евристичних методів; одночасне моделювання на рівній спільності мови математичного моделювання. Самоорганізація потребує незначних вимог до апріорної інформації, щоб здійснити перебір безкінечно великої кількості варіантів швидкісного зубофрезерування лезовим збірним інструментом. Для цього достатньо невеликого числа експериментів і формулювання цілей досліджень.

Перевагою алгоритму в порівнянні з іншими алгоритмами цього класу є: наявність можливостей розширення вектора вихідних даних, що приводить до спрощення розрахунків та одержання більш точного математичного опису. Крім того, ця особливість дозволяє більш повно враховувати накопичений досвід, заздалегідь задаючи найбільш вірогідний масштабний простір, в якому здійснюють пошук математичної моделі; наявність апарату для усунення колінеарності – прийому ортогоналізації. Даний прийом спрощує вид опису, зводить рішення системи рівнянь Гауса (для визначення коефіцієнтів) до розрахунку оцінки одного коефіцієнта, дозволяє використовувати неоптимальні статистичні плани і дані пасивного експерименту. Слід зазначити, що побудова моделей ШНМ базується на теорії евристичної самоорганізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Равська Н.С. Нейронні мережі, що враховують фізичні явища, що супроводжують процес різання / Н.С. Равська, О.О. Клочко, О.Ю. Заковоротний, Є.В. Корбут, Р.П. Родін // *Mechanics and Advanced Technologies*. – № 2 (89), 2020. – С. 155-162.

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ ЧАВУННИХ ВАЛКІВ МЕТОДОМ САМОПОШИРЮВАНОГО ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗУ

Відпрацьовано технологію відновлення та зміцнення чавунних валків [1] методом самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВС). Метод СВС характеризується сильною екзотермічністю процесу, пов'язаною з великою теплою утворення продуктів горіння та високими значеннями енергії активації.

Дослідження проведені на валковому хромонікелевому чавуні з перліто-цементитною структурою (рис. 1). Після обробки глибина відновленого шару становила щонайменше 8 мм. Тріщин у відновленому шарі та в основному металі не спостерігали. У структурі відновленого шару є близько 50% карбідів і мартенсит (рис. 2). Така структура характеризується підвищеною зносостійкістю (твердість 52 HRC_E). При цьому твердість карбідів досягає H_{00,49}=1800...2100, а мартенситу H_{00,49}=524...569. У стандартних чавунах мікротвердість цементиту і перліту у вихідному металі відповідно дорівнює H_{00,49}=1176...1267 і H_{00,49}=300...360 (загальний рівень 48 HRC_E).



*Рисунок 1 –
Основний метал*

*Рисунок 2 –
Відновлений шар*

*Рисунок 3 –
Перехідна зона*

Перехідна зона (рис. 3) між відновленим шаром та основним металом складається з карбідів (до 30%) та мартенситу. Ширина цієї зони становить близько 1,5 мм.

ЛІТЕРАТУРА

1 Производство и применение прокатных валков. Довідник. / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, Н.М. Александрова, Е.Л. Белкин, В.М. Власовець, О.Ю. Клочко, О.Д. Мартиненко, Под ред. проф. Скобло Т.С. – Х.: ЦД № 1, 2013. – 572 с.

ОРГАНІЗАЦІЯ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДІЯЛЬНОСТІ МАЛОГО БІЗНЕСУ

Сучасні умови воєнного стану, коли промисловість України зазнала і зазнає потужні удари, малий та середній бізнес спроможні не лише оперативно створювати нові робочі місця та покращити економіку країни, але й створювати нові напрями, нові сфери розвитку промисловості України, нові товари та послуги. Це обумовлює необхідність прогнозування та використання досвіду експертів з оцінки можливих ризиків діяльності та їх зведення до мінімуму та усунення.

На підставі аналізу умов діяльності малих підприємств (МП) основними загрозами (причинами) за даними робіт [1 – 3] можуть бути:

- малий досвід у нових сферах діяльності та зниження компетентності та відповідальності працівників, що працюють на підприємствах в умовах плінності кадрів;
- прорахунки в технічній політиці, проектуванні, будівництві та модернізації малих та середніх виробництв;
- неприпустимий знос виробничого обладнання, що триває;
- різке зниження рівня техніки безпеки, якості сировини і якості продукції, що виготовляється, особливо на перших етапах переходу на нову продукцію чи послугу.

Для оцінки ризиків в організації діяльності підприємств доцільно розглядати їх з позицій системного підходу, коли кожне підприємство розглядається як макросистема, елементи якої - це персонал, спроможний створювати нові товари та послуги, а також зовнішнє середовище, що визначає можливості створення продукції та її реалізації.

При експертизі прагнуть до того, щоб інформація про елементи макросистеми була відома в повному або допустимому обсязі, наприклад, інформація про стан всіх елементів макросистеми: вихідні дані про всі особливості отримання продукції (сировина і умови поставки, технології, особливості продукції, що виробляється) і можливі варіанти загроз.

Важливо при експертизі визначити всі можливі підходи до оцінки ризиків виникнення небезпечних ситуацій на етапах діяльності підприємств аж до банкрутств.

Для визначення ризиків запропоновано використання евристичного конструювання критичних умов функціонування МП:

- 1) визначення стану МП та можливі відхилення параметрів технологічного процесу або процесів, наявності належного їх контролю;
- 2) побудова імітаційних моделей можливих аварійних ситуацій системи «МП-зовнішнє середовище»;

3) розрахунок можливих ризиків виникнення критичних ситуацій у штучностворених моделях небезпечних ситуацій;

4) відпрацювання варіантів зменшення ризиків виникнення аварійних ситуацій;

5) оцінка економічної ефективності сценаріїв зменшення ризиків.

Таким чином, створюючи банк сценаріїв можливих ризиків, можливо покращити умови діяльності малих та середніх підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1 Варналій З.С. Мале підприємництво: основи теорії і практики / З.С. Варналій. – К.: Т-во «Знання», 2001. – 245 с.

2 Шумпетер Й. Теория экономического развития (Исследования предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) / Шумпетер Й.; [пер. с нем.; общ. ред. А. Г. Милитковского]. – М.: Прогресс, 1982. – 412 с.

3 Прогресивні технології механічної обробки: монографія / Ф.В. Новіков, А.Г. Крюк, В.Г. Шкурупій, М.Ф. Савченко, С.О. Дитиненко; за заг. ред. докт. техн. наук, професора Новікова Ф.В. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2012. – 372 с.

Савченко М.Ф., Мягков В.Ю., Дитиненко С.О.
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНИХ СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ ІМПУЛЬСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Показано, що для відновлення великогабаритних споруд типу резервуарів та інших ємностей використання імпульсних безпресових методів штампування [1 – 3] надає за термінами та вартістю суттєві переваги порівняно з традиційними технологіями. Відпадає необхідність доставки великогабаритних деталей до місця монтажу, в разі зменшуються обсяги та складність зварювальних та підготовчих робіт, збільшується суттєво точність виробів.

Сферичні, циліндричні, еліпсоїдальні та інші форми оболонок можуть бути виготовлені безпосередньо в зоні їх розміщення та використані в харчовій промисловості для зберігання вина, спирту, томатної пасти, а також для зберігання бензину, аміачної води та інших легко випарних рідин.

Розроблені алгоритми створення імітаційних 3D-моделей прогресивних заготовок з урахуванням як конструктивних особливостей виробів та співвідношення характерних розмірів їх елементів (сторін, товщини, глибини), форми в

плані, а також механічних параметрів заготовки з використанням силових технологічних елементів (рис. 1).

Для виготовлення або проведення ремонтних робіт з використанням енергії вибуху складних виробів, такого типу як резервуари, імітаційне моделювання дозволяє дослідити можливості і переваги різних технологій. Так можна пришвидшити виготовлення тонкостінної оболонки складної просторової форми її послідовною формозміною як спеціальної форми напівфабрикату, розташованого в збірно-розбірному оснащенні типу стапеля.

Відпрацьована методика створення імітаційних моделей процесів та обладнання та проведені експериментальні дослідження особливостей штампування конструктивно складних виробів в умовах максимальної імітації процесів деформування як з плоскої заготовки, так і з напівфабрикатів.

Визначені доцільності застосування як оригінальних конструкцій оснащення (наприклад, матричних кілець спеціальної форми), так і стандартних елементів для регулювання процесу гофроутворення на поверхні виробів.

Прогресивні заготовки дозволяють в подальшому після імітаційного моделювання виготовляти такі вироби на монтажних майданчиках, використовуючи нескладні по конструкції підйомні та такелажні механізми та спеціальні силові пристрої для регулювання параметрами зовнішніх навантажень.

Як силові пристрої розроблені імітаційні моделі конструкцій спеціальних контейнерів і камер з імпульсними енергоносіями, підвищеної безпеки. Як приклад одного з перспективних енергосилових пристроїв, пропонується розроблений газодетонаційний пристрій універсального призначення.

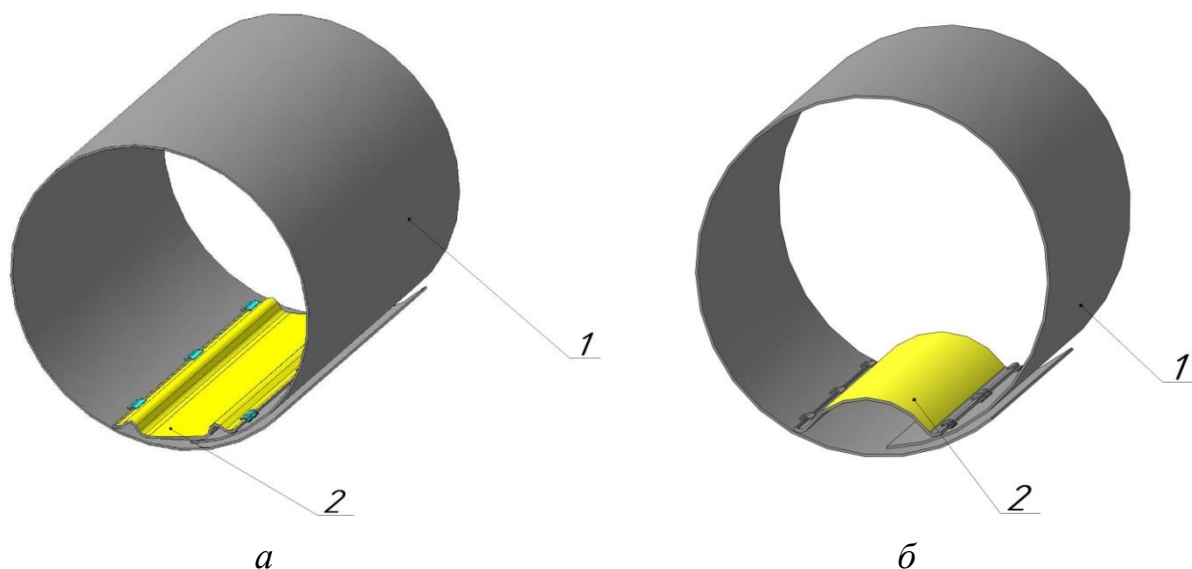


Рисунок 1 – Приклад заготовки 1 для відновлення резервуару з використанням технологічних елементів 2 для деформування заготовки після її розміщення в резервуарі

Це виключає трудомісткі витрати праці та зменшує час на виготовлення і транспортування до місця монтажу громіздких напівфабрикатів з одно- або багатопарових заготовок, спрощує можливість їх виготовлення безпосередньо у зоні проведення ремонтних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1 Пихтовников Р.В. Штамповка листового металла взрывом / Р.В. Пихтовников, В.И. Завьялова. – М.: Машиностроение, 1964. – 175 с.

2 Кононенко В.Г. Оборудование и технология импульсной обработки материалов / В.Г. Кононенко. – Л.: ЛДНТП, 1968. – 50 с.

3 Технологии производства: проблемы и решения: монография / Ф.В. Новиков, В.А. Жовтобрюх, С.А. Дитиненко, А.Г. Крюк, Н.Ф. Савченко, В.Г. Шкурупий, В.И. Полянский, И.А. Рябенков, Д.Ф. Новиков. – Днепр: ЛИРА, 2018. – 536 с.

Стрельчук Р.М.

Національний Технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ШЛІФУВАННЯ ЗІ ЗМІННОЮ ПОЛЯРНІСТЮ ЕЛЕКТРОДІВ

Характер взаємодії робочої поверхні круга з матеріалом в умовах електроерозійного алмазного шліфування з змінною полярністю електродів при обробці різних важкооброблюваних матеріалів не вивчений [1]. У зв'язку з цим цікаво провести аналіз такого показника процесу, як енергоємність шліфування, що є енергетичною характеристикою процесу. Питома енергоємність шліфування оцінює енергію, що витрачається на зняття обсягу сошліфованого матеріалу:

$$B = \frac{9,81 \cdot 60 \cdot P_z V}{Q_m}, \quad (1)$$

де P_z – тангенціальна сила різання, Н; V – швидкість круга, м/с; Q_m – обсяг сошліфованого матеріалу за одиницю часу, мм³/хв.

Застосовувалася торцева схема шліфування, яка здійснювалася чашковими кругами конічної форми 12A2-45° 150×10×3×32 на зв'язці М1-01 з алмазними зернами АС6, зернистістю 100/80 і концентрацією – 4. Перед проведенням експериментів алмазні круги попередньо правилися і припрацьовувалися протягом 4-6 хвилин.

В якості оброблюваного матеріалу використовувалися твердосплавні пластини ВК6 і швидкорізальні пластини Р6М5, що мали геометричну фігуру типу диска діаметром 20 мм і товщиною 5 мм. Для проведення експериментальних досліджень пластинам надавалась форма квадрата розміром 14×14 мм.

На підставі якісного аналізу було встановлено, що найбільший вплив на енергоємність процесу надають електричні та механічні режими обробки. В якості факторів при проведенні експериментів були обрані: амплітуда імпульсу розрядного струму I , А; частота імпульсів f , КГц; швидкість круга V , м/с, нормальний тиск P_y , МПа.

Підвищення амплітуди імпульсу розрядного струму I , А призводить до зниження енергоємності процесу B (рис. 1). Збільшення амплітуди імпульсу розрядного струму викликає деяке зростання сили різання, але також значно зростає обсяг зішліфованого матеріалу в одиниця часу, тому це призводить до зниження енергомісткості процесу. У разі алмазно-іскрового шліфування сталі Р6М5 збільшення амплітуди імпульсу розрядного струму призводить до зниження висоти виступання зерен над зв'язкою. Це призводить до зменшення обсягу зішліфованого матеріалу в одиницю часу, а отже, до підвищення енергоємності процесу.

У всьому діапазоні дослідження зміна частоти імпульсів практично не впливає на енергоємність процесу B , що пов'язано з сталістю сил різання, зумовлених, мабуть, сталістю коефіцієнтів тертя алмазу в зоні різання. Відомо, що при точінні матеріалів, що не вступають у взаємодію з алмазом, сили різання зі зміною частоти імпульсів також не змінюються [2].

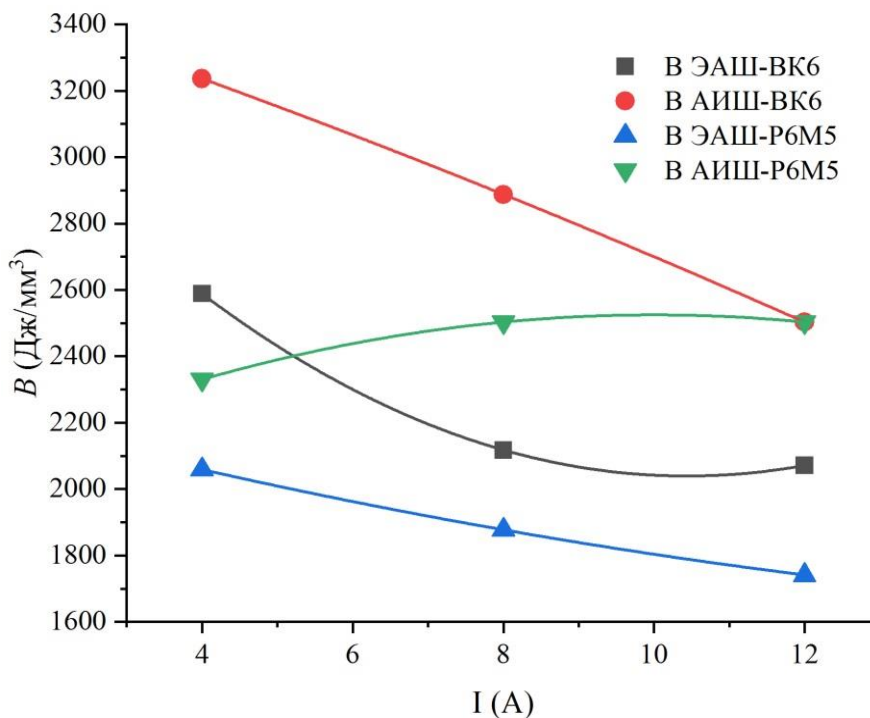


Рисунок 1 – Вплив амплітуди імпульсу розрядного струму на енергоємність процесу

Збільшення нормального тиску в процесі алмазно-іскрового шліфування призводить до перевищення межі міцності сталі Р6М5, сприяючи руйнуванню матеріалу, що обробляється, викликаючи падіння енергоємності процесу. В умо-

вах електроерозійного шліфування підвищення нормального тиску викликає зростання сили різання за рахунок зміни локальних тисків на матеріал, що обробляється. Це призводить до підвищення енергоємності процесу.

Зіставлення значень енергоємності процесу показує, що, наприклад, при електроерозійному алмазному шліфуванні сплаву ВК6 вона приблизно на 35 % нижче, а сталі Р6М5 – на 33 % нижче, що підтверджує високу ефективність процесу. Зміна полярності електродів у зоні різання призводить до зростання виступання зерен над рівнем зв'язки, що забезпечує розвиненість їхнього суб-мікрорельєфу, завдяки чому можна знизити енергоємність процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1 Патент України на корисну модель №131894, МПК (2018.01) В24В 1/00. Спосіб електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів / Стрельчук Р.М., Узунян М.Д. – № u 201806851; заявл. 18.06.2018; опубл. 11.02.2019. – Бюл. № 3/2019.

2 Зубарь В.П., Крюков В.К., Алмосов В.В. Исследование особенностей трения синтетических поликристаллических алмазов с конструкционными материалами // Резание и инструмент. – 1975. – Вып. 13. – С. 54–58.

Тіхенко В.М., Ольман Д.Д.

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ХВОСТОВИКІВ ТУРБІННИХ ЛОПАТОК

В умовах енергодефіциту в нашій країні гостро стоїть питання про нормальне і довговічне функціонуванні турбінних агрегатів теплових та атомних електростанцій. Найважливішим з умов надійної і довговічної роботи турбін є можливість виробництва і своєчасного постачання необхідних комплектуючих для проведення ремонтів та обслуговування. Багато проблем пов'язані з робочими лопатками турбін.

Турбінна лопатка – це одна з найбільш складних і відповідальних деталей ротора турбіни, що працює під колосальними навантаженнями, тому до неї пред'являються особливі жорсткі вимоги за такими показниками, як міцність, надійність, зносостійкість, та довговічності. Для виготовлення лопаток застосовуються такі види заготовок: смугова сталь, листовая сталь, поковки, штампування, гарячекатані профільні смуги (так званий світлокатаний профіль) і точне лиття за виплавленими моделями. Найбільш поширеними заготовками для лопаток є світлокатаний профіль і штампування. Лопатки виготовляють із сплавів на титановій або нікелевій основі, вони мають відносно велику твердість при ви-

сокій в'язкості, але такий матеріал дуже важко або неможливо обробляти традиційними методами. Точна механічна обробка необхідна для того, щоб отримати необхідні форми та розміри профільної частини лопатки та її хвостової частини. Профільна частина лопатки виконується закрученою, змінного поперечного перерізу, який зазвичай плавно утоняється від кореня до периферії.

Вибір типу хвостовика (рис. 1) визначається навантаженнями, що діють на лопатку, які сприймаються хвостовиком і передаються їм на диск ротора.

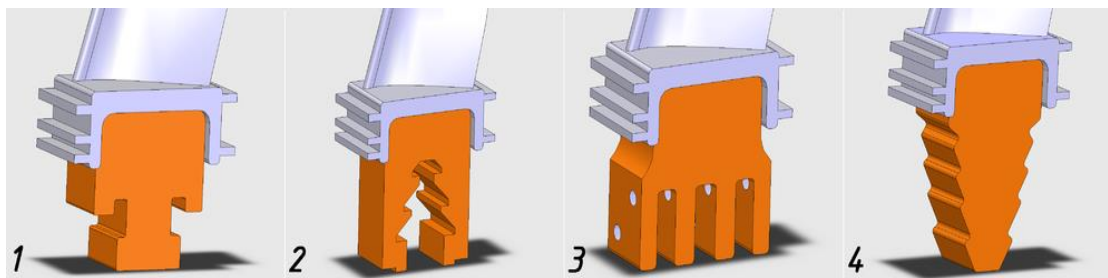


Рисунок 1 – Основні типи хвостовиків лопаток: 1 – Т-образний; 2 – грибочатий; 3 – вилокподібний; 4 – ялинковий.

Конструктивні форми хвостовиків залежать також від використовуваної технології виготовлення. Найбільшу несучу здатність мають хвостовики ялинкового типу з торцевим заведенням, що застосовуються для найдовших і більш навантажених лопаток останніх ступенів.

Фінішне формоутворення складнопрофільних поверхонь лопаток здійснюється електрохімічною обробкою, наприклад, на плоскошліфувальному верстаті з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем [1]. Шліфування відбувається спеціальним токопровідним абразивним кругом із застосуванням відповідної робочої рідини (електроліту) та підключенням технологічного струму одним полюсом (негативним) до шліфувального круга, а іншим (позитивним) до лопатки. Задній кінець шпинделя верстата має кільцевий токопровід для подання технологічного струму на токопровідний абразивний круг. Для запобігання витоків технологічного струму від шпинделя через підшипники на масу, що приведе до виходу з ладу підшипників, останні монтуються в гільзі, яка токоізолювана від корпусу шліфувальної бабки.

Турбінні лопатки відрізняються складною формою що не дозволяє використовувати універсальні пристосування для шліфувальних операцій (в тому числі електромагнітні плити). До точності формоутворення поверхонь лопаток висуваються дуже високі вимоги. Крім того, для підвищення продуктивності бажано обробляти не одну, а кілька деталей. У зв'язку з цим для базування та закріплення оброблюваних лопаток розробляють спеціальні пристосування (з метою максимального використання корисної площі столу пристосування доцільно робити двомісним). У пристосуванні для обробки ялинкового замку робочої лопатки останні встановлюються таким чином, що на одній лопатці замок обробляється з боку корита пера, а на другій з боку спинки. У цьому пристосуванні лопатки встановлені упоперек ходу столу під кутом до горизонталі, що складає

приблизно половину кута нахилу між правою і лівою стороною профілю замку. Таке розташування лопатки виключає застосування конусного профільного круга і забезпечує незначну різницю в окружних швидкостях шліфувального круга на ширині ялинкового профілю. Напрямні лопатки встановлюються своїми осями уздовж ходу столу.

Одно з пристосувань для встановлення напрямних лопаток призначено для обробки площин з боку спинки пера з базуванням за профілем корита, друге призначене для обробки площин з боку корита з базуванням на площину, оброблену в попередньому пристосуванні.

Абразивні круги для електрохімічного шліфування, що є електродами-інструментами, складаються із зерен абразивного матеріалу і струмопровідної зв'язки. Зв'язка сполучає в єдине цілі абразивні зерна. В якості абразивного матеріалу для такого круга застосовують електрокорунди різних видів [1]. Профілізація активної частини круга для електрохімічного шліфування відрізняється від правки круга тим, що в останньому випадку відновлюють геометрію профілю активної частини. Правка характеризується незначним зніманням матеріалу круга, а профілізація – набагато більшим, таким, що доходить нерідко до 15-20 мм.

Для правки шліфувального круга алмазними роликками в верстаті є механізм правки, який встановлюється на столі. Подача круга на алмазний ролик відбувається періодичними імпульсами. Після правки шліфувальний круг має невисокі ріжучі властивості тому, що його абразивні зерна залишаються втопленими в одному рівні з металевою зв'язкою. Для додання кругу ріжучих властивостей необхідно зменшити рівень зв'язки. Оскільки абразивні зерна є діелектриками, а зв'язка проводить електричний струм, можна використовувати ефект електрохімічного травлення. З цією метою проводиться «шліфування» металевої пластини з використанням електроліту та підключення до круга позитивного полюса джерела технологічного струму, а до пластини – негативного полюса. При цьому зв'язка круга розм'якшується та розчиняється в електроліті, абразивні зерна оголюються і круг набуває необхідні ріжучі властивості. Для виконання цієї операції на верстаті необхідно мати пристрій для закріплення пластин.

Під час виконання електроерозійної обробки міжелектродний проміжок має бути заповнений робочою рідиною. Основні вимоги, що пред'являються до робочих рідин: термічна стабільність під впливом фізико-хімічних властивостей при дії електричних розрядів; низька корозійна активність до матеріалів електрода-інструмента і оброблюваної лопатки; висока температура спалаху і низька випаровуваність; добра фільтрованість; відсутність запаху і низька токсичність; забезпечення високих технологічних показників електроерозійної обробки.

Для електроерозійної обробки турбінних лопаток отримали застосування низькомолекулярні вуглеводневі рідини різної в'язкості, вода і в незначній мірі кремнійорганічні рідини, а також водні розчини двоатомних спиртів. Ефективність електроерозійного шліфування абразивним кругом, як і алмазними, залежить від площі контакту активної частини круга з поверхнею оброблюваної заготовки. Збільшення цієї площі при електроерозійного шліфуванні абразивними

кругами досягається за рахунок, наприклад, підвищення глибини врізання круга в заготовку.

Контроль основних фізико-хімічних характеристик електроліту (щільність рідини та рН) слід проводити як відразу після приготування електроліту, так і на протязі експлуатації. При необхідності слід проводити коригування розчину до вказаних вище значень шляхом додавання свіжого розчину або повної його заміни. Для цього верстат слід комплектувати приладами для визначення фізико-хімічних характеристик електроліту (денсиметром та рН-метром). Комплекс змащувально-оходжуючої рідини складається з двох окремих резервуарів один з яких призначений для електроліту, другий для гарячої води, необхідної для промивання верстата у кінці зміни або перед зупинкою його на тривалий час.

ЛІТЕРАТУРА

1 Тіхенко В.М. Реалізація електроерозійного шліфування для обробки деталей штампів на плоскошліфувальному верстаті / В.М. Тіхенко // Резание и инструменты в технологических системах. Междунар. научн.-техн. сборник. Вып. 88. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – С. 212-215.

2 Іщенко Г.І. Технологічне забезпечення якості виготовлення складнопрофільних поверхонь турбінних лопаток з титанових сплавів: дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.08; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2021. – 184 с.

Третяк В.В., Нижник С.М., Худяков С.В.

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського,
Харків, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ШТАМПОВАНОЇ ПОКОВКИ

Для розробки технологічних процесів в навчальному процесі студенти використовують нові САПР системи, які пропонують вирішувати різноманітні задачі в прямій та зворотній схемах проектування. Однак за допомогою таких програм можна розробляти технологічні процеси і технологічну документацію лише за алгоритмами, які надавались розробниками САПР систем і користувачі не мають можливості змінювати форми і алгоритми програм. В такій постановці задачі студенти виявляються лише користувачами програми і не мають можливості використовувати свої алгоритми для проектування того чи іншого технологічного процесу.

Крім того, в таких системах використовуються діючі в теперішній час і старі стандарти. До того ж в таких САПР системах не використовується українська мова. Однією з важливих задач при проектуванні технологічного процесу є

задача виконання розрахунків параметрів штампованої заготовки, а потім і її креслення.

На кафедрі технологій виробництва авіаційних двигунів в ХАІ в рамках дисципліни САПР ТП розроблено програмний комплекс для виконання таких розрахунків, а потім і виконання креслення поковки з використанням елементів управління.

Для розробки програми студентам надано приклади використання компонентів в об'єктно-орієнтованому середовищі.

На рис. 1 представлено одну з екранних форм програми для розрахунків початкового індексу. У розрахунковому модулі використовують стандартні компоненти середовища, а також представлено і графічну інтерпретацію розрахунків.

Розрахунок початкового індекса

Графічне відображення ?

Маса поковки ?

Група сталі ?

Ступінь складності ?

Клас точності ?

Початковий індекс

Маса поковки, кг	Група сталі			Ступінь складності поковки				Клас точності поковки					Початковий індекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0.5 вкл.														1
3 0.5 до 1 "														2
" 1 " 1.8 "														3
" 1.8 " 3.2 "														4
" 3.2 " 5.6 "														5
" 5.6 " 10 "														6
" 10 " 20 "														7
" 20 " 50 "														8
" 50 " 125 "														9
" 125 " 250 "														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Рисунок 1 – Екранна форма для виконання розрахунків початкового індекса

Програмний комплекс може бути використаний як в курсовому так і в дипломному проектуванні.

ВПЛИВ УМОВ ПОДАВАННЯ ПОЛОСИ У ВАЛКИ НА ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ ФОРМУВАННЯ ТА КРИВИЗНУ ПОВЗДОВЖНІХ ПЕРІОДИЧНИХ ГОФРІВ

Питання впливу різних технологічних параметрів на якісні характеристики профілів з повздовжніми гофрами та їхнього урахування під час проектування нових технологій у науково-технічній літературі практично не розглядаються. Як показує практика, одним із основних параметрів, що впливають на умови формоутворення, енергосилові параметри і якість готових профілів є напружено-деформований стан металу як в осередку формоутворення гофрів, так і на прилеглих до нього плоских ділянках профілів, у тому числі і при зміні умов задачі листової заготовки в кліть, що формує гофри. Ця зміна досягається за рахунок підняття чи опускання заготовки за допомогою спеціальної проводкової арматури на певну відстань від площини профілювання. Досліджень подібного прийому при формуванні та його впливу на енергосилові параметри процесу та повздовжню кривизну профілів, що формуються в опублікованій науково-технічній літературі не виявлено.

Дослідження проводили на двох станах – 550 та 1-4x50-300 після чого зіставляли отримані результати. Для кожного стану були виготовлені два комплекти валків, які забезпечували отримання профілів кришок люків напіввагонів та хребтових балок мостових кранів з гофрами найбільш поширеної в сортаменті конфігурації – напівкруглої та типових розмірів. Розміри експериментальних калібрувань для даних досліджень наведено у табл. 1 де прийняті наступні позначення: D – основний діаметр валків; L – довжина гофрів; R – радіус у вершини гофрів; B – ширина гофрів; H – висота гофрів. Ширина профілів всіх калібрувань прийнята однаковою і становила 400 мм.

Таблиця 1 – Розміри калібрувань, що використовувалися при проведенні експериментальних досліджень

Стан 550						Стан 1-4x50-300					
№ ка-ки	D , мм	L , мм	R , мм	B , мм	H , мм	№ ка-ки	D , мм	L , мм	R , мм	B , мм	H , мм
1	545	1160	50	118	30	3	340	542	66	140	30
2	500	1180	25	95	30	4	340	530	25	95	30

Завдання полос товщиною 2-5 мм, шириною 400 мм і довжиною 1800-2000 мм на різних рівнях забезпечувалося підйомом та опусканням увідних провідок на 20 та 40 мм від нульового рівня. Відстань від провідок до осьової площини валків на обох станах – 300 мм було обрано для зручності закріплення датчиків на плоских бічних ділянках полос перед формуванням.

Аналіз результатів експериментальних досліджень енергосилових параметрів процесу формування профілів з періодичними гофрами показав, що мінімальні значення зусиль деформування і моментів, що крутять, спостерігаються при нульовому рівні задачі металу у валки. Зміна рівня задачі призводить до незначного (5 – 10%) їхнього підвищення. Отримані при валковому формуванні профілів експериментальні дані наведені на рис.1 та рис. 2.

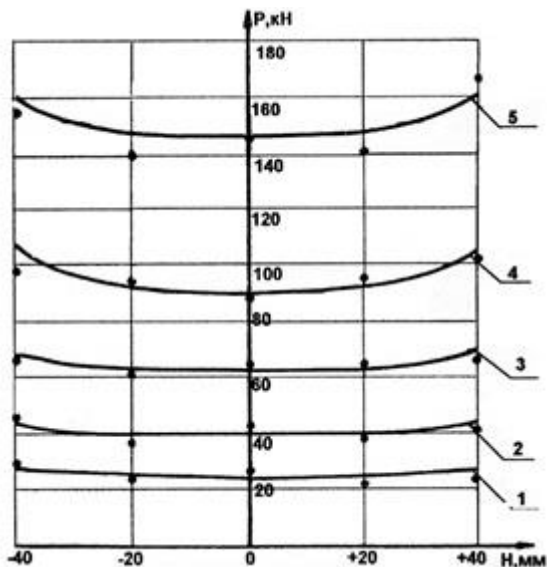


Рисунок 1 – Зміна зусилля деформування (P) залежно від рівня завдання металу у валки (калібрування №2): 1-5 товщина заготовок, мм

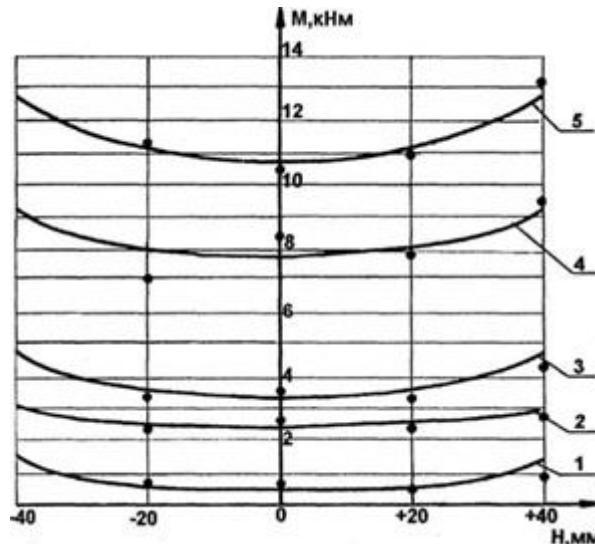


Рисунок 2 – Зміна крутних моментів (M) залежно від рівня завдання металу у валки (калібрування №3): 1-5 товщина заготовок, мм

Характер кривих, отриманих при використанні інших калібрувань аналогічний наведеному. Це можна пояснити появою (при зміні рівнів задачі заготовки) додаткового зусилля поздовжнього вигину полоси між проводкою та валками

$$P = \frac{|H| BES^3}{4L^3}, \quad (1)$$

де $|H|$ – рівень задачі металу у валки; B – ширина заготовки; L – відстань між проводковою арматурою та осью площинною валків.

Дослідження показали, що рівень завдання заготовки у валки суттєво впливає на таку важливу експлуатаційну характеристику продукції, як поздовжня кривизна гофрів. З рис. 3 і рис. 4 видно, що варіюючи рівень завдання, можна регулювати кривизну гофрів, а за певних умов навіть змінюючи її знак. Дослідження проведені на стані 550 з вивідною проводкою та на стані 1-4x50-300 – без неї. Проте, характерні показники зміни кривизни - прямолінійність графіків при формуванні як широких, і вузьких гофрів, і навіть кут нахилу прямих, що характеризують зміну стріли прогину гофрів, для усіх досліджених випадків ідентичні.

Встановлення закономірності послідовного збільшення кривизни гофрів із зміною рівня задачі від – 40 мм дозволяє цілеспрямовано вибирати рівень задачі заготовки H_i відповідно до емпіричної залежності

$$H_i = K(f_i - f_0),$$

де f_i – необхідна стріла прогину гофрів; f_0 – стріла прогину при нульовому рівні задачі заготовки; K – емпіричний коефіцієнт.

У випадках, що розглядаються, він дорівнює 3,845, що дозволяє отримувати профілі високої жорсткості з періодичними гофрами необхідної кривизни – f_i .

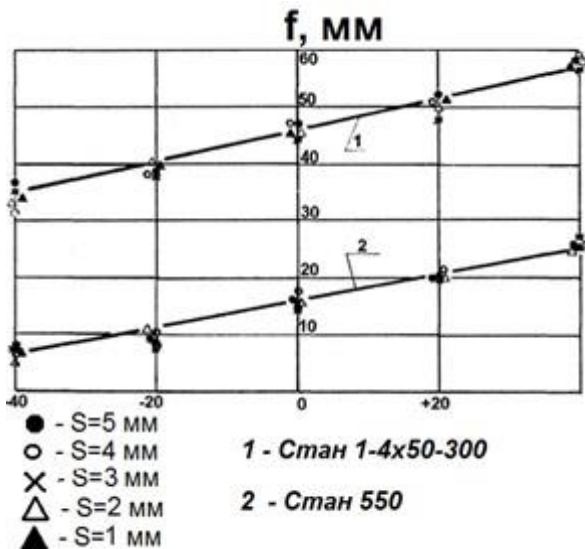


Рисунок 3 – Стріла кривизни гофрів (f) шириною 140 мм (1) та 118 мм (2) за різних умов завдання металу у валки

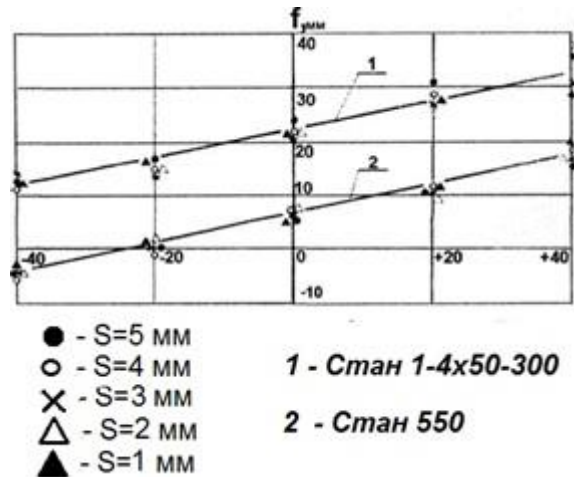


Рисунок 4 – Стріла кривизни (f) гофрів шириною 95 мм при різних рівнях завдання металу у валки без вивідної провідки (1) та за наявності вивідної провідки (2)

Таким чином експериментальними дослідженнями встановлений вплив рівня завдання листового металу на енергосилові параметри та кривизну поздовжніх періодичних гофрів, що формуються. Зміна рівня завдання металу у валки від -40 мм до $+40$ мм призводить до збільшення кривизни періодичних гофрів за лінійною залежністю. Облік цієї залежності при розробці технології дозволяє цілеспрямовано вибирати необхідний рівень завдання полоси при налаштуванні стану і, відповідно, отримувати продукцію з кривизною, яка відповідає вимогам замовників.

Вплив зміни рівня завдання металу на зусилля деформування та крутні моменти – незначний.

Відхилення енергосилових параметрів при задачі металу на крайніх рівнях ± 40 мм від отриманих на нульовому не перевищують 5 - 10 % і пояснюються впливом поздовжнього вигину листового металу на ділянці від увідної провідки до осьової площини валків.

ФРЕЗЕРУВАННЯ ГУМОВИХ ПОКРИШОК ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ

Найважливішим напрямом у зниженні забруднення довкілля є утилізація та повторне використання різних відходів. Зношені автомобільні шини належать до категорії складних видів відходів промислового виробництва [1]. У той же час вони є цінною вторинною сировиною, тому шини доцільно переробляти в гумову крихту і використовувати отриманий продукт у різних виробках.

Одним із способів отримання гумової крихти є механічна переробка зношених покришок різними способами. Лінії з виробництва гумової крихти з покришок мають різні схеми роботи та компонування, що включають обладнання для поділу на окремі фрагменти, подрібнення, відділення домішок, поділ фракцій.

Для переробки шин у гранули гуми використовують фрезерування на спеціальних верстатах. В цьому випадку один верстат може замінити ділянку по обробці та подрібненню шин. Однак, через відсутність достовірних даних щодо розрахунку параметрів фрези та режимів різання така технологія поки не набула поширення [2, 3].

Відомо, що в процесі обробки гума піддається різноманітним статичним та динамічним багатофакторним деформаціям розтягування, стискування, вигину тощо. З публікацій, присвячених цьому питанню, не можна зробити однозначного висновку про процеси, що відбуваються в зоні різання.

Можна припустити [4], що в момент врізання різального інструменту в поверхню гуми відбувається стиснення матеріалу і збільшення площі взаємного контакту. З подальшим збільшенням навантаження при досягненні критичної величини відбувається розрив зв'язків у матеріалі та відділення частини гуми.

Пропонується виконувати обробку поверхні шини фрезою зі вставними зубами. При цьому використовуються стандартні твердосплавні вставки у вигляді трикутників з вершиною, спрямованою до шини (рис. 1, а). У поєднанні з великими оборотами фрези це дозволяє значно збільшити імпульс силового впливу, особливо при розриві дроту корду. При розрізанні протектора бічні грані зуба фрези, зрізуючи гуму, забезпечать відсутність контакту шини з диском фрези, що дозволяє значно зменшити тепловиділення. Для обробки всієї поверхні покришки з метою одержання гумової крихти використовується фреза з набором дискових фрез зі зміщенням по гвинтовій лінії (рис. 1, в).

Спроектовано спеціальну установку з механізмом затиску покришки та приводом обертання від окремого електродвигуна, що забезпечує кругову подачу. Фреза встановлюється в шпинделі на поворотній каретці і отримує обертання від електродвигуна з частотним перетворювачем, що дозволяє безступінчасто змінювати швидкість різання. Радіальна подача здійснюється за допомогою гідроциліндра під час повороту каретки.

Для рівномірного знімання припуску використовується спеціальний обмежувач. Граничне положення поворотної каретки обмежені упорами.

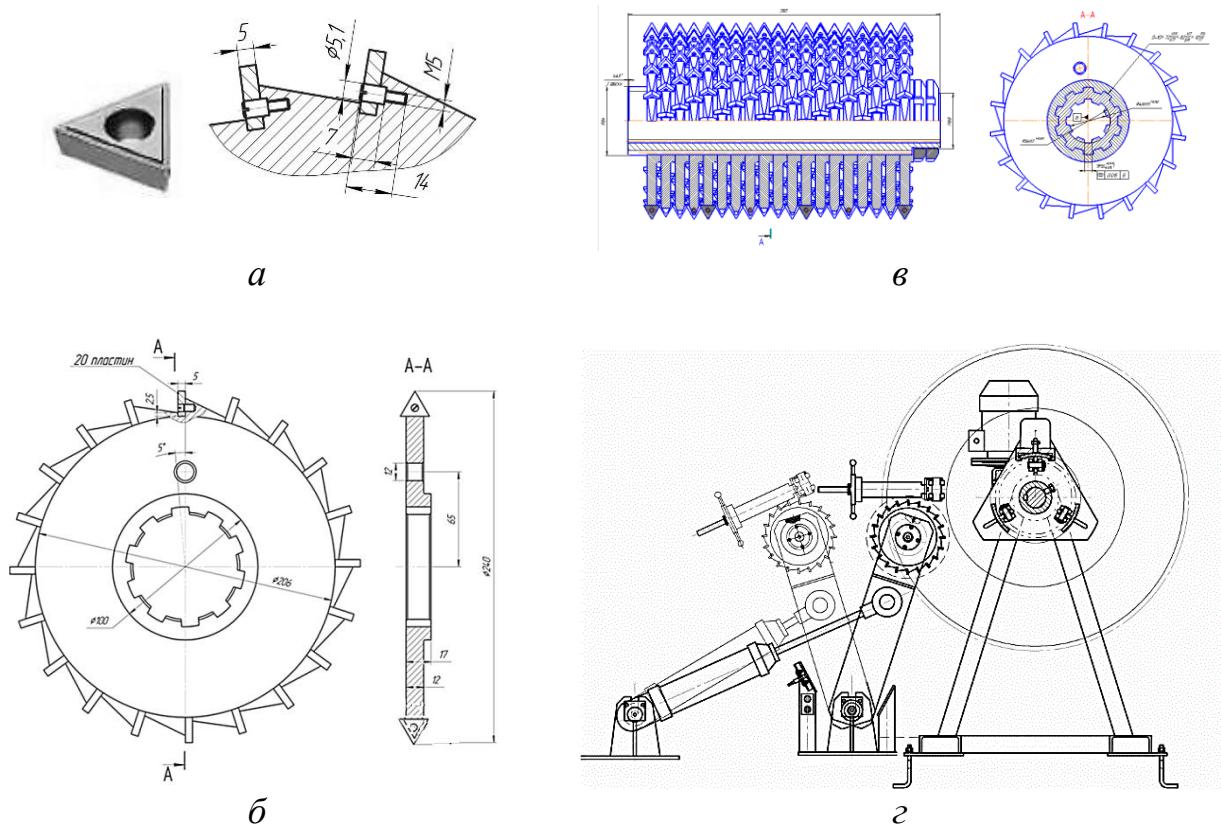


Рисунок 1 – Установка для фрезерування покришок

На підставі проведених досліджень було розроблено установку для фрезерування покришок. Залежно від компоновання така конструкція може використовуватися як для розрізання покришки дисковою фрезою, так і при фрезеруванні по всій ширині з метою отримання гумової крихти.

ЛІТЕРАТУРА

1 Тарасова Т.Ф. Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин / Т.Ф. Тарасова, Д.И. Чапалда // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – Т. 2. – № 2. – С. 130–135.

2 Клищенко В.П. Механическое разрушение поверхности резин резцом / В.П. Клищенко, А.Д. Проскурин // Научная жизнь. – 2010. – №1. – С. 20–28.

3 Абдрахимов Ю.Р. Разрушение резин при различных способах механического воздействия / В.П. Клищенко, Ю.Р. Абдрахимов, Н.В. Вадулина // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2013. – № 2. – С. 419–429.

4 Постников В.В. Процессы на контактных поверхностях, износ режущего инструмента, свойства обработанной поверхности / В.В. Постников, Б.У. Шарипов, Л.Ш. Шустер. – Свердловск: Изд-во Уральского университета, 1988. – 224 с.

ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗОР ПРИ ШЛІФУВАННІ

В даний час для підвищення ефективності механічної обробки та технологічного обладнання використовуються методи, що базуються на енергетичних впливах із застосуванням різних фізико-хімічних ефектів, зокрема, що використовують ефект кавітації в рідинних середовищах [1].

Кавітація в ЗОР є засіб локальної концентрації енергії низької щільності у високу щільність енергії, пов'язану з пульсаціями і захоплення кавітаційних бульбашок. Енергія, що виділяється в процесі схлопування каверни, є джерелом збудження, іонізації та дисоціації молекул води, газів і речовин з високою пружністю пара всередині кавітаційної каверни. Ерозія твердого тіла (руйнування поверхні), очищення поверхонь, диспергування твердих частинок, розчинення, екстрагування, емульгування, гомогенізація здійснюються, в основному, за рахунок двох характерних проявів кавітації: ударних хвиль і кумулятивних струмків, що утворюються при кавітаційних схлопуваннях.

При механічній обробці за рахунок кавітації знижується тертя у зоні різання. Зменшення тертя призводить до зниження сили різання та температури, що у свою чергу зменшує пружні відтискання заготовки, ступінь ущільнення стружки, збільшує щільність та розміри мережі капілярів. При мікробухах парогазових каверн, інтенсифікації випаровування та конденсації, збільшення кількості та розмірів капіляр у заготовки покращуються умови потрапляння ЗОР у мікро капіляри. Збільшення площі контакту призводить до підвищення змочувальної здатності, яка сприяє підвищенню всіх функціональних дій ЗОР.

Кавітаційна обробка ЗОР застосовується при приготуванні та відновленні емульсій [2, 3], при впливі на процеси різання, виправлення та очищення шліфувальних кругів.

Було розглянуто можливість використання кавітації у системі ЗОР круглошліфувального верстата (рис. 1). Вихідними параметрами є конструктивні особливості пристроїв і фізико-хімічний стан обраної ЗОР.

Індивідуальна система підготовки ЗОР включає елементи очищення, охолодження та пристрої, що забезпечують подачу емульсії в зону різання, правки та очищення шліфувального круга.

З метою забезпечення підготовки дрібнодисперсної та гомогенної ЗОР у блоці підготовки встановлено елементи кавітаційної обробки. подача до зони різання виконується через насадки, що створюють ефект кавітації.

Аналогічні пристрої використовуються при правці та очищенні шліфувального круга.

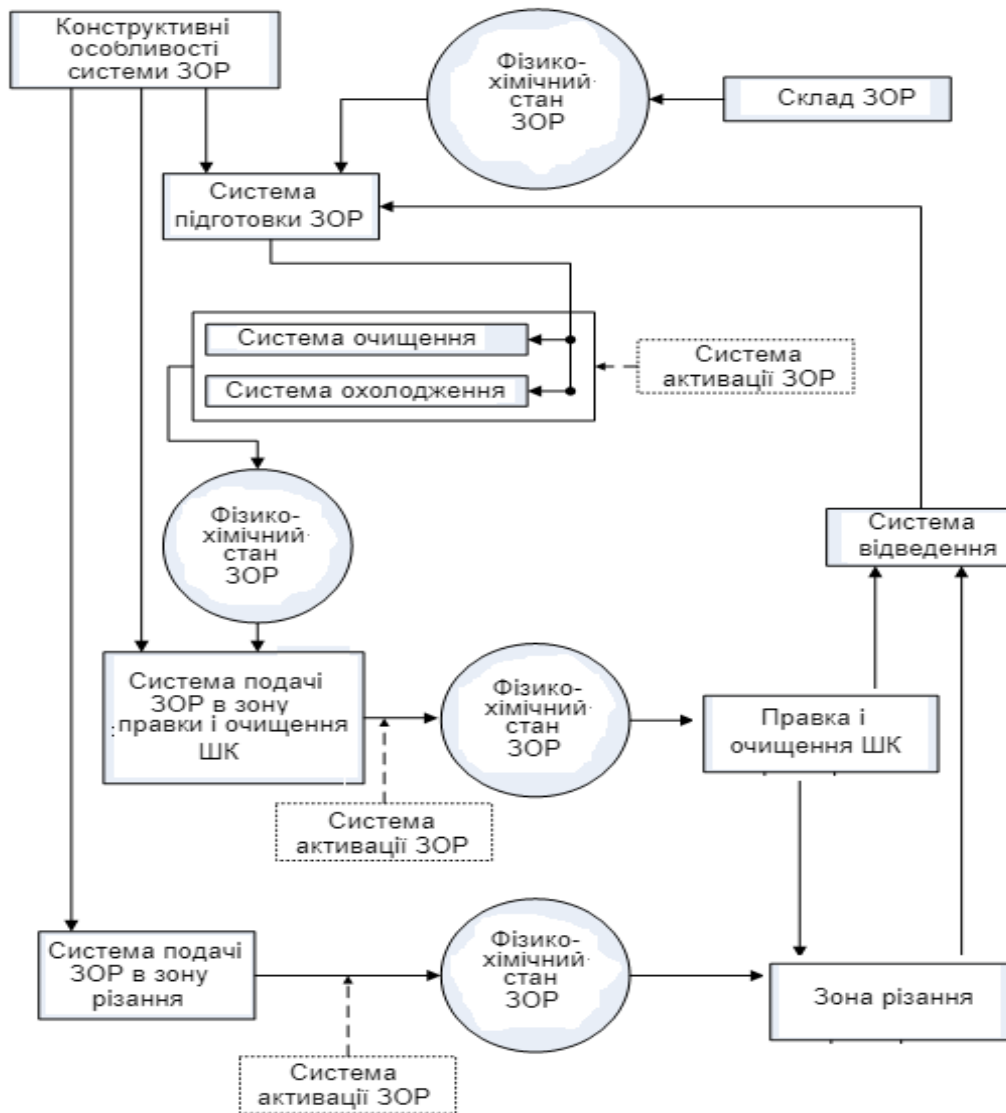


Рисунок 1 – Структура технологічної системи використання ЗОР при шліфуванні

Виконано аналіз елементів системи з метою забезпечення раціональної побудови та ефективного впливу на процеси різання, правки та очищення шліфувального круга.

ЛІТЕРАТУРА

1 Федоткин И.М. Использование кавитации в технологических процессах / И.М. Федоткин, А.Ф. Немчин. – Киев: Вища школа, 1984. – 68 с.

2 Фесенко А.В. Методика оценки параметров кавитационной обработки СОЖ / А.В. Фесенко // Вестник национального технического университета «ХПИ». Сборник научных работ. Тематический выпуск: Технологии в машиностроении. – Харьков: изд. НТУ «ХПИ», – 2008. – Вып. № 1. – С. 14–18.

3 Фесенко А.В. Сравнительный анализ гидродинамических установок для диспергирования, гомогенизации и нагрева жидкости / А.В. Фесенко, Ю.Н. Любимый // Вісник Сумського державного університету. Серія: Технічні науки. – Суми: СДУ. – 2009. – № 4. – С. 103–109.

ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ЗМІНИ ФОРМИ ВЕРШИНИ ІНСТРУМЕНТУ ПРИ РІЗАННІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Механічна обробка полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), незважаючи на слабкі міцності характеристики останніх в порівнянні з матеріалом інструменту, супроводжується високою інтенсивністю зношування ріжучої крайки. Спостереження показали, що фізичний характер зношування відрізняється від зношування інструменту при обробці металів. Це є наслідком високих абразивних властивостей матеріалу наповнювача та неоднорідністю структури ПКМ. Опису процесу зношування присвячені численні експериментальні дослідження, які дозволили сформулювати базові положення і принципи, що описують процес зношування інструменту: домінуючим у більшості випадків є абразивне зношування; для зміни геометрії ріжучої кромки характерне незначне зношування по передній поверхні інструменту, у той час як по задній поверхні відбувається основне кількісне зношування, яке є наслідком контактної взаємодії оброблюваного матеріалу та задньої поверхні інструменту; видалення матеріалу ріжучої кромки відбувається за фактичною площею контактної взаємодії по задній поверхні, і лише частково за рахунок округлення ріжучої кромки.

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.

Базуючись на експериментальних дослідженнях було підтверджено, що зношування ріжучої кромки (заокруглення) носить асиметричний характер, величина й інтенсивність якого є, в першу чергу, функцією вихідної геометрії інструменту (початкового заточення) та орієнтації армування. У якості робочої гіпотези було зроблено припущення, що у процесі зношування вершина спочатку заточеного інструменту зміщується уздовж його передньої поверхні, тобто відбувається постійне зміщення початкової вершини заточеного інструменту

уздовж передньої поверхні. Вважається, що зміни величини переднього кута немає. У представленому формулюванні існує і зворотне завдання, коли за наявним значенням зношування по задній поверхні інструменту необхідно визначити загальну зміну геометрії інструменту і втрату ваги. Крім того, можна розрахувати величину зношування по задній поверхні та визначити стійкість інструменту за заданих умов обробки, тобто для матеріалу із заданою орієнтацією волокон зміцнення та технологічних параметрів різання.

Фактично, зі сформульованої постановки проблеми впливають дві практичні постановки задачі – за заданою втратою ваги інструменту розрахувати зміну його форми і, перш за все, зношування по задній поверхні. Друге завдання полягає у визначенні передбачуваної втрати ваги для заданого значення зношування по задній поверхні, а значить і терміну служби інструменту.

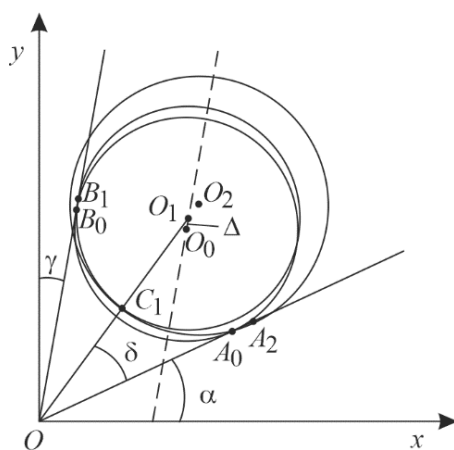


Рисунок 1 – Геометрична модель зношеного профілю

Розглянемо знос наконечника інструменту протягом деякого часу його роботи, починаючи з його гострого стану та деякого зношення. Будемо вважати, що початкові геометричні параметри ріжучої частини вістря інструмента відомі, а саме (рис. 1): боковий кут α , передній кут γ та радіус заокруглення різальної кромки ρ .

Пряма лінія $OC_1 = \left[(C_{1x})^2 + (C_{1y})^2 \right]^{1/2}$, де кут δ між OC_1 і умовною прямою, що проходить через точки O і A під кутом α (задня поверхня) дорівнює $\delta = \arctg(O_{1y}/O_{1x}) - \alpha$. Величина радіусу ρ_2 вписаного кола, утвореного внаслідок зносу $\rho_2 = OC_1 \cdot \sin \delta / (1 - \sin \delta)$, і центр цього кола має координати

$$O_2((OC_1 + \rho_2) \cdot \cos(\alpha + \delta), (OC_1 + \rho_2) \cdot \sin(\alpha + \delta)) = O_2(O_{2x}, O_{2y}).$$

Точку контакту кола з початковою лінією нахилу бокової поверхні (під кутом α), що відповідає новому положенню після зносу, можна визначити як $A_2((OC_1 + \rho_2) \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha, (OC_1 + \rho_2) \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha) = A_2(A_{2x}, A_{2y})$.

Тоді площа поверхні зносу вістря різця може бути визначена як різниця між площею початкового заокруглення вістря різця і площею перетину круглих ділянок з центрами O_0 і O_2 . У цьому випадку контрольовану величину зносу по боковій поверхні h_z можна розрахувати як проекцію точок контакту кіл на вісь x , що описують форму вістря різця, на умовну пряму бокову поверхню, що проходить під кутом α .

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ СПЛАВУ ВТ8

Титан та його сплави є важкооброблюваними матеріалами, які використовуються в багатьох областях, таких як: аерокосмічна промисловість, автомобілебудування, виробництво турбін, медицина. Сучасні вимоги суспільства змушують компанії впроваджувати нові мікродеталі та нові виробничі процеси. Таким чином відкриваються нові галузі виробничого застосування, які стають дедалі цікавішими для дослідників [1].

Титан та його сплави мають високу питому міцність, корозійну стійкість, біосумісність, гарні механічні властивості, а також він легкий [2]. Вищезазначені переваги роблять цей матеріал придатним для виготовлення деталей та пристроїв у біомедичних галузях, таких як системи доставки ліків, що імплантуються, та виготовлення інструментів для мікрохірургії [3]. Найкращим прикладом є біомедичні імплантати. І тут біологічні характеристики титанових імплантатів сильно залежить від топографії поверхні колінних суглобів [4]. Він також вже давно використовується для макромасштабних біомедичних пристроїв, таких як ортопедичні прилади та мікроголки [5].

Оскільки зростає попит на ці мікродеталі, дедалі більше компаній та дослідницьких груп займаються мікрообробкою даного матеріалу. Однак більшість підприємств стикаються з низкою проблем. Наприклад, високий знос інструменту, пов'язаний з реакційною здатністю титану по відношенню до матеріалу інструменту та його низькою теплопровідністю, яка впливає на якість поверхні [7]. Шліфування забезпечує конкурентну перевагу при виготовленні як дрібних деталей, так і крупних деталей з якісною поверхнею в порівнянні з іншими процесами механічної обробки.

На якість поверхні що оброблюється при шліфуванні, впливають різні фактори, пов'язані з механічними навантаженнями, термічним впливом на фазово-структурні перетворення, які виникають в процесі обробки. Тому режими шліфування титанових сплавів повинні бути аналітично розраховані, експериментально підтверджені, та постійно контролювані.

В роботі проводилось дослідження одиничних сил різання P_y та P_z (рис. 1.), зміни величин потужності різання Q (рис. 2.), величин мікротемператури T_z (рис. 3.) від глибини шліфування титанового сплаву ВТ8. Режими: $V_{кр} = 35$ м/с; $V_d = 0,16$ м/с; $S = 4$ мм/хід. Круги КНБ: ЛВК 30, ЛВК 40, ЛВК 50.

Вибір правильного процесу мікрообробки титану та його сплавів є важливим питанням, що впливає на якість деталі. Серед процесів мікромеханічної обробки велика увага приділяється шліфуванню як остаточному процесу обробки.

Мікрошліфування – ефективний процес для отримання деталей з високою точністю розмірів з покращеною обробленою поверхнею та заданими властивостями.

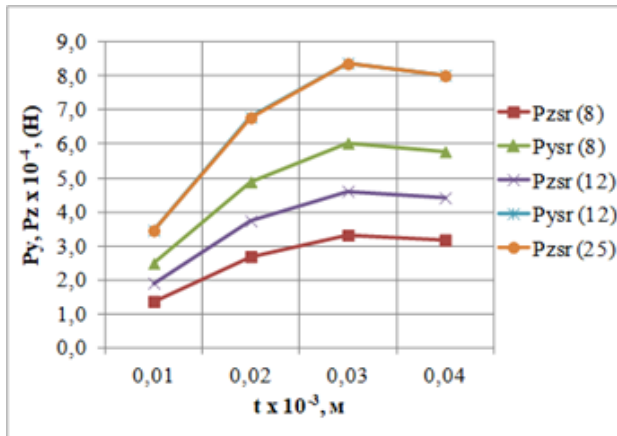


Рисунок 1 – Зміна величин одиничних сил P_y та P_z від глибини шліфування

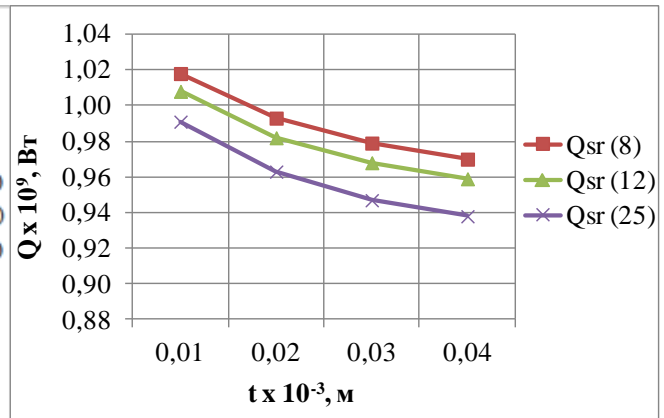


Рисунок 2 – Зміни величин потужності різання Q від глибини шліфування

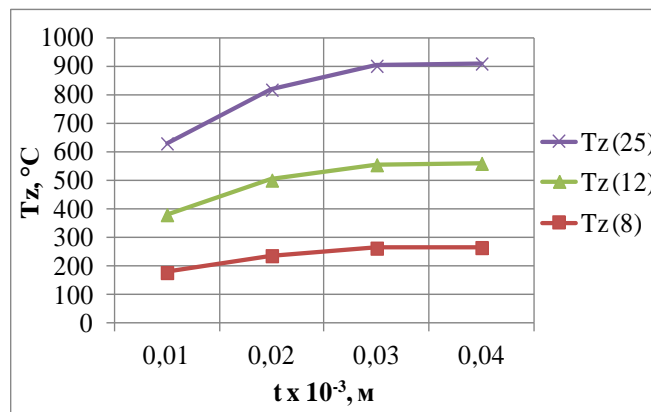


Рисунок 3 – Залежність зміни величин мікротемператури T_z від глибини шліфування

Аналіз одиничних сил різання під час обробки титанових сплавів дозволяє призначати раціональні режими при шліфуванні колами з КНБ різної зернистості.

Результати дослідження дають змогу прогнозувати працездатність шліфувального круга, знижуючи енергоємність виробництва, а також коригувати режим обробки деталі для отримання необхідних показників якості поверхні при використанні шліфувальних кругів з кубічного нітриду бора різної зернистості.

ЛІТЕРАТУРА

1 Cheng K, Huo D. Micro-cutting: Fundamentals and applications / editors: Kai Cheng, Brunel University, UK, Dehong Huo, Newcastle University, UK.

2 Park JB, Lakes RS. Biomaterials: An introduction / Joon Park, R.S. Lakes. 3rd ed. New York, N.Y.: Springer; 2007.

3 Ferri Y, Piotrowski O, Chauvy P, Madore C, Landolt D. Two-level electrochemical micromachining of titanium for device fabrication. J. Micromech. Microeng. 2001;11(5):522–7.

4 C. Madore, D. Landolt. Electrochemical micromachining of controlled topographies on titanium for biological applications. Journal of Micromechanics and Microengineering 1997;7(4):270.

5 Parker ER, Rao MP, Turner KL, MacDonald NC. Bulk Titanium Microneedles with Embedded Microfluidic Networks for Transdermal Drug Delivery. In: 19th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, p. 498–501.

6 Elias CN, Lima JHC, Valiev R, Meyers MA. Biomedical applications of titanium and its alloys. JOM 2008;60(3):46–9.

7 Thepsonthi T, Özel T. Experimental and finite element simulation based investigations on micro-milling Ti-6Al-4V titanium alloy: Effects of cBN coating on tool wear. Journal of Materials Processing Technology 2013;213(4):532–42.

*Шелковий О.М, Клочко О.О., Пермяков Є.О.,
Федоренко В.С.*

Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Охріменко О.А., Шуплецов Д.К.

НТУУ «КПІ» ім. І. Сикорського, Київ, Україна

Хорошайло В.В., Іванченко В.В.

Донбаська державна машинобудівна академія,
Краматорськ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЦИЛІНДРИЧНИХ І КОНІЧНИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ

Недоліком існуючих циліндричних і конічних зубчастих передач є відсутність повного взаємного контактування всіх зубів один з одним. У процесі виробітку та експлуатації всі похибки, відхилення зуба шестірні виявлятимуться при контактуванні з похибками та відхиленнями зі сполучним зубом колеса. Виникає циклічна складова динамічного навантаження як наслідок: підвищений шум, вібрації. З метою зниження негативних факторів необхідно підвищувати ступінь точності циліндричних зубчастих передач, що значно збільшує витрати на їх виготовлення і не знімає повністю питання зниження шуму, вібрацій, плавності зачеплення. В результаті дослідження експлуатаційних характеристик зубчастих зачеплень запропоновано методику розрахунку підвищення зносостійкості, довговічності та підвищення плавності роботи за рахунок створення та прогнозування певних передавальних чисел, які визначають некратність зачеплення і забезпечують роботу зубців ведучого зубчастого колеса з усіма зубами. Для зменшення утворення мікро-піттингу необхідно використовувати зубчасті пари

з некрatним передатним відношенням, що забезпечуватиме участь всіх зубів у роботі і, як наслідок, рівномірне зношування, а також вибрати мастильний матеріал, призначений для запобігання мікро-піттингу. Некратність зубчастого зачеплення характеризується контактуванням кожного зуба шестерні з кожним зубом зачеплюваного зубчастого колеса в певній послідовності і забезпечує прискорену рівномірну прироблюваність зубчастих коліс, що сполучаються, виправлення дефектів при виготовленні і збірці зубчастих передач, зменшення вібрацій, шуму, підвищення довговічності. Недоліком існуючого зубчастого зачеплення є те, що кожен зуб шестерні входить в контакт або контактує тільки з одним і тим самим зубом колеса або з групою одних і тих же зубів зубчастого колеса, що зачепляються в певній послідовності. Наприклад: зубчаста передача з $i=1.0$, число зубів $z_{1,2}=20/20$, кожен зуб шестерні контактуватиме тільки з одним зубом колеса.

У процесі приробітку та експлуатації всі похибки, відхилення зуба шестерні будуть проявлятися при контактуванні з похибками і відхиленнями зі сполучним зубом колеса [2]. Виникає циклічна складова динамічного навантаження і як наслідок: підвищений шум, вібрації.

З метою зниження негативних факторів необхідно підвищувати ступінь точності циліндричних зубчастих передач, що значно збільшує витрати на їх виготовлення і не знімає повністю питання зниження шуму, вібрацій, плавності зачеплення.

За допомогою вивчення основних геометричних і кінематичних параметрів швидкісних і високоточних зубчастих передач встановлено, що зубчасті колеса піддаються нерівномірному зношуванню (рис. 1), внаслідок чого мають низьку плавність та довговічність.

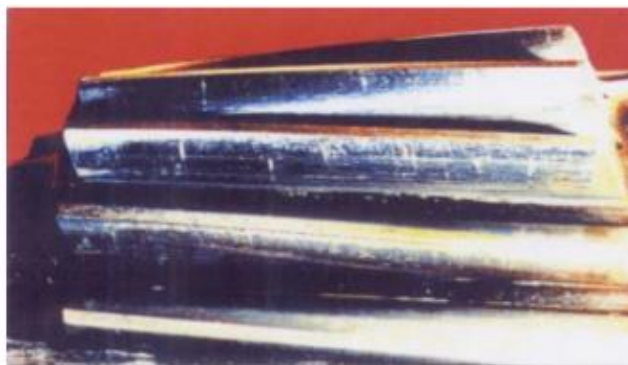


Рисунок 1 – Прогресування нерівномірності зношування зуба шестерні внаслідок мікро-піттингу через збільшену вібрацію та шум

При великих швидкостях ковзання можливість заїдання визначається співвідношенням часу, необхідного для взаємодії мастильного середовища з мікроділянками чистого металу, і середнього часу проходження мікроділянок, одночасно оголюваних на поверхні тертя, між послідовними актами їх контактування

з мікроділянками сполученої поверхні [1]. Тому перевищення критичних для конкретного випадку важконавантаженого контакту значень навантаження, швидкості або температури завжди викликає неприпустимо інтенсивне зношування і заїдання через відсутність рівномірного зношування. Руйнування зубчастих коліс найчастіше відбуваються у зв'язку з нерівномірним зношуванням зубів внаслідок застосування стандартних передавальних відношень. Для забезпечення довговічності, підвищення зносостійкості та підвищення плавності роботи зубчастих коліс необхідно створити такі умови їх контактування, при яких кожен зуб ведучого колеса в процесі роботи входив би в зачеплення з кожним зубом веденого колеса у певній послідовності.

ЛІТЕРАТУРА

1 Наукові основи підвищення ефективності виробництва крупногабаритних редукторів / В.Д. Ковальов, Я.В. Васильченко, В.С. Антонюк, О.І. Волошин, О.О. Клочко, С.В. Рябченко // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: Материалы международной научно-практической конференции. 20–22 сентября 2017. – Одесса: ОНПУ, 2017. – С. 59–61.

2 Охріменко О.А., Клочко О.А., Шуплецов Д.К., Скрипник Т.М. Застосування EDM технологій при виробництві зуборізних довбачів // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022): матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – Т. 1. – С 35 – 36.

Yarova I., Manicheva N., Rogovik Yu., Tonin V.
Odesa Polytechnic National University,
Odesa, Ukraine

OCCUPATIONAL SAFETY FOR ULTRASONIC CLEANING OF PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR MEDICAL EQUIPMENT

Modern medical equipment is mostly radio-electronic devices for medical purposes, and printed circuit boards (PCB) are always included in their designs. Cleaning the surface from the remains of solder paste and other contaminants is a necessary operation in the process of PCB manufacturing. The cleaning method is determined by the type of flux in the solder paste. Depending on the method of flux residues removing, fluxes are divided into three categories, namely:

– rosin fluxes produced on the basis of purified natural pine resin. Any rosin flux contains in its composition 55 – 65 % of rosin, a solvent and an activator. Cleaning of

PCB, depending on the aggressiveness of the activator, is performed with aqueous soap solution or with alcohol-based organic solvents;

- water-soluble fluxes produced on the basis of organic acids. Any water-soluble flux contains in its composition organic acids (salicylic, stearic and others), gelling additives and solvents. Such fluxes require mandatory cleaning with hot deionized water at a temperature of 55 – 65 °C;

- undelible fluxes produced on the basis of natural and synthetic resins. They are not active, the percentage of solid residues after soldering is less than 2%, so such fluxes do not require mandatory cleaning.

Ultrasonic cleaning is an effective method of removing flux residues and other impurities from the smallest pores and recesses of the surface of PCB. Ultrasonic cleaning is based on the principle of ultrasonic cavitation. This process is performed in ultrasonic cleaning systems that can be fully automated or require operator control. Similar systems can be used for any type of production: serial, small-scale or single one under laboratory conditions.

The process operation of PCB ultrasonic cleaning consists of three transitions: washing, rinsing, drying.

The first transition is ultrasonic washing itself. It is done by immersing in the solvent the baskets loaded with PCB. The operating temperature of the solvent is 80 – 90 °C. Alkaline, mild acid-forming, neutral and caustic solvents are used for washing. More often it is isopropyl alcohol (isopropanol), a universal alcohol-gasoline mixture in the proportion of 50% alcohol and 50% gasoline, low-foam alkaline based on water.

Depending on the type of washing liquid, rinsing may be carried out using different media such as water or alcohol. It should be considered that processes using alcohol require fire- and explosion-proof process equipment.

Drying of printed circuit boards after rinsing is done in a hot air jet.

The following dangerous and harmful factors are characteristic of PCB ultrasonic cleaning:

- high levels of ultrasound;
- high relative humidity of the air;
- high temperature of the washing fluid;
- high air temperature in the drying phase;
- high level of noise;
- high voltage in the electrical circuit with the risk of closing through the body of the worker;
- high concentration of the toxic fumes of solvents in the air.

High level of ultrasound generated by cleaning plant can also affect the operator. Ultrasound frequencies in the 25 – 45 kHz range are optimal for the washing process, they provide the most rapid and effective dissolution of contaminants, especially under the casings of components. For fine and soft cleaning PCB are treated with ultrasound in the 35 – 130 kHz range, this range is used for particularly important CEA. The washing time varies from 3 to 15 minutes depending on the type and capacity of the equipment, the degree of polymerization of the flux residues and the type of washing liquid.

The acceptable sound pressure level for ultrasound of 20 kHz frequency and above is 110 dB.

The main engineering measures include the reduction of the ultrasonic power directly in its source, protection by distance, automation and remote control, the localization of the cleaning plant.

The adverse impact of airborne ultrasound on the operator can be reduced by using of ultrasonic generators with operating frequencies of at least 22 kHz.

To localize ultrasound, it is mandatory to use sound-proof shrouds, half-casings and plexiglas screens, all with an internal sound-absorbing coating. If the above measures do not give a positive effect, the ultrasonic plant should be placed in separate room or cabin lined with sound-absorbing materials.

Protection against contact ultrasound is the complete exclusion of operator's direct contact with the instrument, liquids and articles. Operator is prohibited from the direct contact with the working surfaces of cleaning plant and the contact medium during the excitation of ultrasound. Loading and unloading of PCBs is carried out when the ultrasound plant is turned off or using the tongs with elongated and vibrating insulated handles. It is recommended to use remote control and locks ensuring automatic shutdown.

To protect hands from the adverse impact of contact ultrasound in solid and liquid media, as well as to protect them from the contact lubricants it is necessary to use armbands, gauntlets or gloves (outer rubber and inner cotton ones). Special holders, manipulators for remote control should also be used. The following antiphones are used as a personal protection equipment: headphones, earplugs or other hearing protection devices.

All the cleaning plants shall be equipped with conveyor lifting devices to mechanize all operations of the production process. Loading and unloading of parts on conveyor lifting device have to be done outside the premise where the cleaning plant is located. For automated ultrasonic cleaning plant and equipment, in which loading and unloading devices and washing tubs are made as a single technological complex, loading, unloading and washing are allowed to be carried out in the same location.

In order to protect the operator of the ultrasonic cleaning plant from electromagnetic fields it is necessary to screen feeder lines.

The operational space with ultrasonic cleaning plant should be equipped with general exchange ventilation. Baths for PCB ultrasonic cleaning should be equipped with local exchange ventilation.

In systematic work with sources of contact ultrasound over 50 % of working time there should be two regular breaks: 10-minutes break 1 – 1,5 hours before lunch break and 15-minutes break 1,5 – 2 hours after lunch break. It is necessary to use these breaks for physiotherapy procedures (thermal hydrotherapy, massage, ultraviolet radiation), as well as therapeutic gymnastics and vitaminization.

Complying with occupational health and safety regulations contributes to increase labour productivity and to protect employees' health.

ВПЛИВ INDUSTRY 4.0 НА ФОРМУВАННЯ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ ГАЛУЗІ ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

Інновації впливають не тільки на виробничу сферу та побут людини, але також впливають на освітні програми у навчальних закладах. Поєднання технологічний інновацій при проектуванні, виробництві, автоматизації, а також вдосконалення виробничих процесів в Industry 4.0 призводить до розбіжностей між вимогами виробництва та програмами підготовки фахівців у закладах освіти.

На машинобудівних виробництвах широко застосовуються наступні технології Industry 4.0:

- промисловий дизайн (Design for Manufacturing);
- технології на основі штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (AM);
- системи управління виробничими процесами (MES);
- бізнес аналітичні (BI) системи; операційні технології (OT);
- хмарні програмні платформи;
- технології керування життєвим циклом виробу (PLM);
- централізоване керування даними виробничих систем.

Підготовка інженера-конструктора (механіка), інженера-технолога та інженера-технолога CNC верстатів повинна відповідати вимогам Industry 4.0 та мати відповідні навички. Навички поділяються на професійні, міждисциплінарні та надпрофесійні комунікаційні.

Для усіх інженерів машинобудівників виділимо наступні надпрофесійні комунікаційні навички: рішення проблем; комунікація.

Міждисциплінарні та професійні навички: знання електрики та розробки програмного забезпечення; промисловий дизайн; 3D моделювання та дизайн; інтеграція CAD/CAM систем; аналіз та візуалізація даних; прототипування; адаптивне та гібридне виробництво; основи штучного інтелекту та машинного навчання; робототехніка та коботика; CNC-обробка; забезпечення якості виробів; верстати та прилади; машинобудівне виробництво; технології виготовлення;

В залежності від напрямку підготовки інженера запропонований перелік може змінюватися, а також навички можуть мігрувати між вказаними групами.

Перехід на впровадження в навчальних процес сучасних вимог виробництва призводить не тільки до впровадження нових навчальних дисциплін, але також до розвитку навичок професорсько-викладацького складу.

Впровадження вимог Industry 4.0 в навчальний процес дає потужний імпульс розвитку машинобудівним спеціальностям та підвищую до конкурентоспроможність молодих фахівців на ринку праці.

ЗМІСТ

<i>Галина ІЛЬНИЦЬКА, Валерій ЛАВРІНЕНКО, Володимир СМОКВИНА</i> МОНОГРАФІЯ: «АЛМАЗИ ДЛЯ ШЛІФУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ, ОТРИМАНІ В РІЗНИХ СИСТЕМАХ» – СУЧАСНИЙ НАУКОВИЙ ПОСІБНИК ДЛЯ ФАХІВЦІВ У АЛМАЗНО-АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ	3
<i>Жовтобрюх В.О.</i> ESPRIT ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	5
<i>Новіков Г.В.</i> НОВІ НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА	7
<i>Авраменко А.М., Оргіян О.А., Баланюк Г.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ	9
<i>Автухов А.К., Роменський М.А.</i> ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ВОДОКІЛЬЦЕВИХ ВАКУУМНИХ УСТАНОВОК НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ	11
<i>Автухов А. К., Обозний С. О.</i> ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МУФТ ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	13
<i>Автухов А.К., Кузько О.В., Пушкарь Б.П.</i> УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВХІДНОГО КОНТРОЛЮ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА У ДИЛЕРІВ ЗАВОДІВ-ВИГОТОВЛЮВАЧІВ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ СЕРВІСНИХ ЦЕНТРАХ	15
<i>Анісімов В.В., Анісімов В.М.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ МАТЕРІАЛІВ	17
<i>Бабак Т.Г., Демірський О.В., Хавін Г.Л.</i> ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПОСЛІДОВНО ВСТАНОВЛЕНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ	19
<i>Бадовський О.Б., Оргіян О.А.</i> РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ З ПЕРЕРИВЧАСТОЮ ПОВЕРХНЕЮ	20
<i>Басов Б.С., Кушніров П.В., Бойко Д.О.</i> ДОПОМІЖНА ОПОРА ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ЗІ СФЕРИЧНОЮ ОСНОВОЮ	21

<i>Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю.</i> ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ	22
<i>Буц Ю.В., Крайнюк О.В., Барбашин В.В.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ФОСФОГІПСУ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	24
<i>Vasyl Vasylykiv, Larysa Danylchenko, Dmytro Radyk, Vladyslav Paraschuk, Mykhailo Vasylyk, Andriy Hrytsyna</i> ACCURACY OF SCREW FLIGHTS	26
<i>Волошкіна І.В., Піжов І.М., Федорович В.О.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЮ ЛІНІЙНОГО ЗНІМАННЯ ДЕТАЛІ	28
<i>Воронов О.С.</i> ЗАСТОСУВАННЯ УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ З ВИСОКОХРОМИСТИХ ЧАВУНІВ	31
<i>Gokov A.M.</i> APPLICATION OF INTELLIGENT SYSTEMS BASED ON FUZZY LOGIC IN THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL SITUATIONS IN GEOINFORMATION SYSTEMS	33
<i>Гоков О.М.</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СТІНКИ СУШИЛЬНОГО ЦИЛІНДРА МАШИН ІЗ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ	35
<i>Гришкевич О.Д., Гринюк С.І., Гришин В.С., Анісімов В.М.</i> ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ІОННО-ПЛАЗМОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ В ПРАКТИЦІ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	37
<i>Гузенко В.С., Мироненко Є.В., Охріменко О.А., Скрипник Т.М., Пермяков О.А., Камчатна-Степанова К.В., Горбулик В.І.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗУБЧАТИХ КОЛІС З ДОПОМОГОЮ WAVLET-АНАЛІЗУ	39
<i>Дерев'янченко О.Г., Чумаченко Т.В., Бельков Е.</i> ПИТАННЯ СТВОРЕННЯПРОСТОРІВ КЛАСІВ ФОРМ КОНТУРІВ КОМПОНЕНТІВ СТРУКТУР МАТЕРІАЛІВ	41
<i>Дерябкіна Є.С., Потапенко С.І., Іванілов Є.К.</i> МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВІДНОВНОГО ПОКРИТТЯ	43
<i>Дитиненко С.О.</i> ОБГРУНТУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АЛМАЗНО-ІСКРОВОГО ШЛІФУВАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ПІДВИЩЕНОЇ ТВЕРДОСТІ	45

<i>Жовтобрюх В.О.</i> INDUSTRY 4.0: РОЗУМНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ РОЗУМНОГО ВИРОБНИЦТВА	47
<i>Жовтобрюх В.О., Литовченко І.В., Новіков Ф.В.</i> РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РІЗАННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ ЗА КРИТЕРІЄМ НАЙМЕНШОЇ СОБІВАРТОСТІ ОБРОБКИ	50
<i>Жовтобрюх В.О., Новіков Д.Ф.</i> ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ МАТЕРІАЛІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	52
<i>Івашура А.А.</i> ВКЛАД МІСЦЕВИХ І РЕГІОНАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ В СТАЛІЙ РОЗВИТОК	54
<i>Калюжний О.Б., Платков В.Я.</i> ЗБІЛЬШЕННЯ МІЦНОСТІ МЕЖ ПОРОВИХ ПЕРЕГОРОДОК ПОРИСТОГО ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНУ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	57
<i>Камчатна-Степанова К.В., Набока О.В., Скидан Н.П., Новіков Ф.В., Півень Л.В.</i> АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ ШЕВРОННИХ ЗУБЧАТИХ КОЛІС	59
<i>Клименко С.Ан., Клименко С.А., Чумак А.А., Копеїкіна М.Ю., Рижов Ю.Е., Бурлаков В.І.</i> ВІБРО-МАГНІТНО-АБРАЗИВНА ОБРОБКА РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН ІЗ КОМПЗИТУ НА ОСНОВІ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ ГРУПИ VI	61
<i>Клочко О.О., Заковоротний О.Ю., Новіков Ф. В., Юрчишин О.Я., Семінська Н.В</i> СУЧАСНІ МЕТОДИ ЧИСТОВОЇ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТИХ РЕЙОК ПІДВИЩЕНОЇ ДОВЖИНИ	63
<i>Клочко О.Ю., Галкін М.Г., Рубець Є.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГОВАНИХ БІЛИХ ЧАВУНІВ ВІД ХІМІЧНОГО СКЛАДУ	66
<i>Клочко О. Ю., Новицький А. О., Куценко В. Ю.</i> МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ МЕТАЛОВИРОБІВ, ЗАСНОВАНИЙ НА ВИМІРІ КОЕРЦИТИВНОЇ СИЛИ	68

<i>Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Сидюк Д.М.</i> ТЕХНОЛОГІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИТТЄВИХ ЦИКЛІВ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ	70
<i>Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Чернокол А.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬКОВОГО ВІБРАТОРА ДЛЯ ПРОСТОРОВОГО ВІБРОСТАБІЛІЗАЦІЙНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ	72
<i>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Мироненко О.Є., Шаповалов М.В., Гасанов М.І., Клочко О.О.</i> ПІДХІД ДО ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ АСИМЕТРИЧНИХ ПЕРЕДАЧ У ВАЖКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ	75
<i>Колос В.О., Іванов В.О., Павленко І.В., Андрусишин В.К., Ботко Ф., Гатала М.</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГНУЧКОСТІ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ У РОЗУМНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	77
<i>Валерій ЛАВРІНЕНКО, Борис СИТНИК, Володимир СОЛОД, Володимир ФЕДОРОВИЧ</i> ДО ПИТАННЯ НАНЕСЕННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ: ТЕРМІН ДІЇ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ	79
<i>Валерій ЛАВРІНЕНКО, Галина ІЛЬНИЦЬКА, Анатолій МАКСИМЕНКО, Максим ШЕЙКО, Павло БОЛОГОВ, Олег ПАСІЧНИЙ, Лариса ПРОЦ</i> УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК, З УРАХУВАННЯМ ПОПЕРЕДНЬОГО ЕКСПЕРТНОГО РАНЖУВАННЯ, ШЛІФПОРОШКІВ МАРОК АС100Т ТА АС200Т ДЛЯ ПРАВЛЯЧОГО ІНСТРУМЕНТУ	82
<i>Лобашевська В.О., Оргіян О.А., Баланюк Г.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ТОНКОГО РОЗТОЧУВАННЯ ДВОХСТУПІНЧАСТИХ ОТВОРІВ	84
<i>Логвінков С. М., Борисенко О. М., Буторіна Д. Д.</i> ЛАНЦЮГОВИЙ ЕФЕКТ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕДИСПЕРГУЮЧИХ ХАРЧОВИХ ДОМШОК У ВИРОБНИЦТВО КЕРАМІКИ ТА ВОГНЕТРИВІВ	86
<i>Моавад Мохамед Абделрахім, Баланюк Г.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЇ РОЗТОЧУВАННЯ ТРЬОХСТУПІНЧАСТИХ ОТВОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛЬНОЇ БОРШТАНГИ	87

<i>Нежебовський В.В., Бережний Р.А., Пермьков О.А., Клочко О.О., Старченко О.П., Новіков Ф. В.</i>	
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБРОБКИ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦОВИХ З'ЄДНАНЬ З МОДІФІКОВАНИМ ПРОФІЛЕМ	90
<i>Новіков Ф.В., Новіков Д.Ф., Єрмоленко О.А.</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРИВЧАСТОГО ШЛІФУВАННЯ	92
<i>Новіков Ф.В.</i>	
ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ ТА ХІМІЧНИХ НЕБЕЗПЕК ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ	94
<i>Оборський Г.О., Моргун Б.О., Прокопович І.В., Бундюк А.М., Грізанов Р.В</i>	
ОХОЛОДЖЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОКІЛІВ МЕТОДОМ УПОРСКУВАННЯ РІДИНИ	98
<i>Олефір А.О., Канашевич Г.В.</i>	
МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СВЕРДЛІННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ	99
<i>Орлов Р.О., Гриценко О.О., Кушніров П.В.</i>	
ТОРЦЕВА ФРЕЗА З ПІДВИЩЕНОЮ НАДІЙНІСТЮ КРІПЛЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ РІЗАЛЬНИХ ВСТАВОК	102
<i>Паленний Ю.Г., Барбашин А.А.</i>	
РОЗРОБКА ПРОЦЕСНОГО ЛАНДШАФТУ ОКРЕМОГО ВІДДІЛУ ПІДПРИЄМСТВА	103
<i>Пісклов О.В., Швець С.В.</i>	
УТВОРЕННЯ ПРОФІЛЮ СПІРАЛЬНОЇ КАНАВКИ НА ЗОВНІШНІЙ ПОВЕРХНІ БУРИЛЬНОЇ ТРУБИ	105
<i>Полянський В.І., Новіков Ф.В.</i>	
АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ ТА ОБГРУНТУВАННЯ УМОВ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ	106
<i>Полянський В.І., Новіков Ф.В.</i>	
УМОВИ ЗНИЖЕННЯ СИЛОВОЇ НАПРУЖЕНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	109
<i>Полянський В.І., Новіков Ф.В.</i>	
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЗНИЖЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНОЇ ФОРМУЮЧОЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	112
<i>Протасенко О.Ф., Мигаль Г.В.</i>	
ЕКОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ ПРАЦІВНИКА У СТВОРЕННІ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ	115

<i>Пуховський Є.С., Фролов В.К., Приходько В.П., Бецко Ю.М.</i> ТЕХНОЛОГІЧНА ДИНАМІКА ПРОЦЕСУ БАГАТОЛЕЗОВОГО РІЗАННЯ	117
<i>Пуховський Є.С., Фролов В.К., Приходько В.П., Бецко Ю.М.</i> ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ГНУЧКОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА	119
<i>Равська Н.С., Корбут Є.В. Парненко В.С., О.Ю, Клочко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Сапон С.П.</i> АЛГОРИТМ МЕТОДУ ГРУПОВОГО ВРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ В ІМІТАЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСАМИ ШВИДКІСНОГО ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ	121
<i>Рибалко І.М.</i> ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ ЧАВУННИХ ВАЛКІВ МЕТОДОМ САМОПОШИРЮВАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗУ	122
<i>Савченко М.М.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДІЯЛЬНОСТІ МАЛОГО БІЗНЕСУ	123
<i>Савченко М.Ф., Мязков В.Ю., Дитиненко С.О.</i> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНИХ СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ ІМПУЛЬСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	124
<i>Стрельчук Р.М.</i> АНАЛІЗ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ШЛІФУВАННЯ ЗІ ЗМІННОЮ ПОЛЯРНІСТЮ ЕЛЕКТРОДІВ	126
<i>Тіхенко В.М., Ольман Д.Д.</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ХВОСТОВИКІВ ТУРБІННИХ ЛОПАТОК	128
<i>Третяк В.В., Нижник С.М., Худяков С.В.</i> РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ШТАМПОВАНОЇ ПОКОВКИ	131
<i>Тришевський О.І., Слівкін Є.В.</i> ВПЛИВ УМОВ ПОДАВАННЯ ПОЛОСИ У ВАЛКИ НА ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ ФОРМУВАННЯ ТА КРИВИЗНУ ПОВЗДОВЖНІХ ПЕРІОДИЧНИХ ГОФРІВ	133
<i>Фесенко А.В., Єсюкова Ф.М.</i> ФРЕЗЕРУВАННЯ ГУМОВИХ ПОКРИШОК ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ	136
<i>Фесенко А.В., Єсюкова Ф.М.</i> ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗОР ПРИ ШЛІФУВАННІ	138

<i>Хавін Г.Л., Хоу Чжівень</i> ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ ЗМІНИ ФОРМИ ВЕРШИНИ ІНСТРУМЕНТУ ПРИ РІЗАННІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	140
<i>Чумаченко Т. В., Дерев'янченко О.Г., Ніколаєва Т. В., Омельченко Є.І., Пасєка І.В.</i> ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ СПЛАВУ ВТ8	142
<i>Шелковий О.М., Клочко О.О., Пермяков Є.О., Федоренко В.С., Охріменко О.А., Шуплецов Д.К., Хорошайло В.В., Іванченко В.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЦИЛІНДРИЧНИХ І КОНІЧНИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ	144
<i>Yarova I., Manicheva N., Rogovik Yu., Tonin V.</i> OCCUPATIONAL SAFETY FOR ULTRASONIC CLEANING OF PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR MEDICAL EQUIPMENT	146
<i>Яровий Ю.В., Волков О.А.</i> ВПЛИВ INDUSTRY 4.0 НА ФОРМУВАННЯ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ В ГУЛУЗІ ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА	149

НОВІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

(Матеріали міжнародної науково-технічної конференції,
24-25 листопада 2022 року, м. Одеса)

Редактори Новіков Ф.В.
 Яровий Ю.В.

Здано у друк 25.11.2022 р.
Формат 60×84
Бумага типографська
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 9,75
Наклад 100 прим.