

Балицька Н.О., к.т.н., доц.
Бондарчук В.М., ст. викладач
Плисак М.М., аспірант
Колодій Я.В., студент
Ткачук Б.М., студент

Державний університет «Житомирська політехніка»

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІДРОФОБНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ ЗА РАХУНОК ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

Змочуваність - поверхневе явище, яке виникає на межі дотику фаз, одна з яких тверде тіло, а інші – непоєднані рідини або рідина і газ. Змочуваність проявляється в частковому або повному розтіканні рідини по твердій поверхні, просочуванні пористих тіл і порошоків.

Змочуваність твердих речовин характеризується кутом змочуваності Q (кут Янга, крайовий кут змочування) або $\cos Q$, значення якого отримують при розгляді рівноважного стану сил поверхневого натягу для крапель рідини (р) на твердій поверхні (т) в газовому середовищі (г):

$$\cos Q = \frac{\sigma_{тг} - \sigma_{тр}}{\sigma_{рг}}, \quad (1)$$

де $\sigma_{тг}$ – поверхневий натяг на межі поділу фаз тверде тіло-газ;

$\sigma_{тр}$ – поверхневий натяг на межі поділу фаз тверде тіло-рідина;

$\sigma_{рг}$ – поверхневий натяг на межі поділу фаз рідина-газ.

Змочуваність твердої поверхні рідиною збільшується в міру зменшення кута Q. При розгляді кута змочуваності враховується гістерезис змочуваності, що залежить від стану твердої поверхні – її шорсткості, хімічної неоднорідності, що перешкоджають переміщенню межі розділу фаз (зменшення кута змочуваності при відтіканні рідини і збільшення кута Q при натіканні рідини).

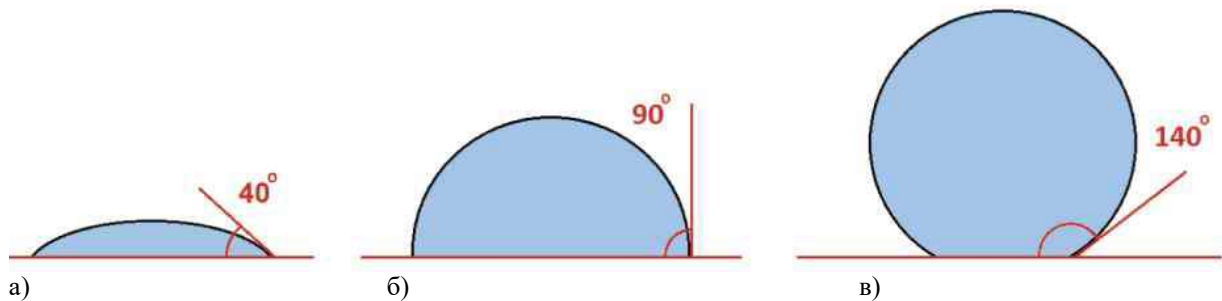


Рис. 1. Поверхні з різними значеннями кута контакту: а – гідрофільна поверхня, б – гідрофобна поверхня, в – супергідрофобна поверхня [1]

Гідрофобні та супергідрофобні властивості можуть надаватися поверхням з різних матеріалів за рахунок лазерної обробки [2]. У випадку створення гідрофобних поверхонь, нанесена на поверхню текстура матиме більшу стійкість на відміну від гідрофобних покриттів.

Застосування таких поверхонь може бути широким: від медичних імплантів [3], і до крил та фюзеляжів літаків, для запобігання обледенінню.

Так, автори роботи [4] дослідили зміну рельєфу приповерхневих шарів сталі 12X18H10T після опромінення лазерним випромінюванням фемтосекундної тривалості. На обробленій поверхні було забезпечене формування як одновимірної квазіперіодичної поверхневої нанорешітки, так і мікрорельєфа з багаторівневою шорсткістю (рис. 2, 3). Авторам вдалося отримати як високогідрофобний так і супергідрофобний стан з незмочуваною водою модифікованою поверхнею.

Гідрофобність – не єдина цікава властивість, якою характеризується модифікована металева поверхня. Ще однією особливістю є здатність до швидкого очищення від пилу. Так експериментатори [5] нанесли на поверхню вміст мішка пирососа і з'ясували, що половину частинок пилу можна видалити трьома краплями води, а для видалення інших виявилось досить ще десятка крапель. Після чого поверхня виявилася не тільки чистою, а й абсолютно сухою.

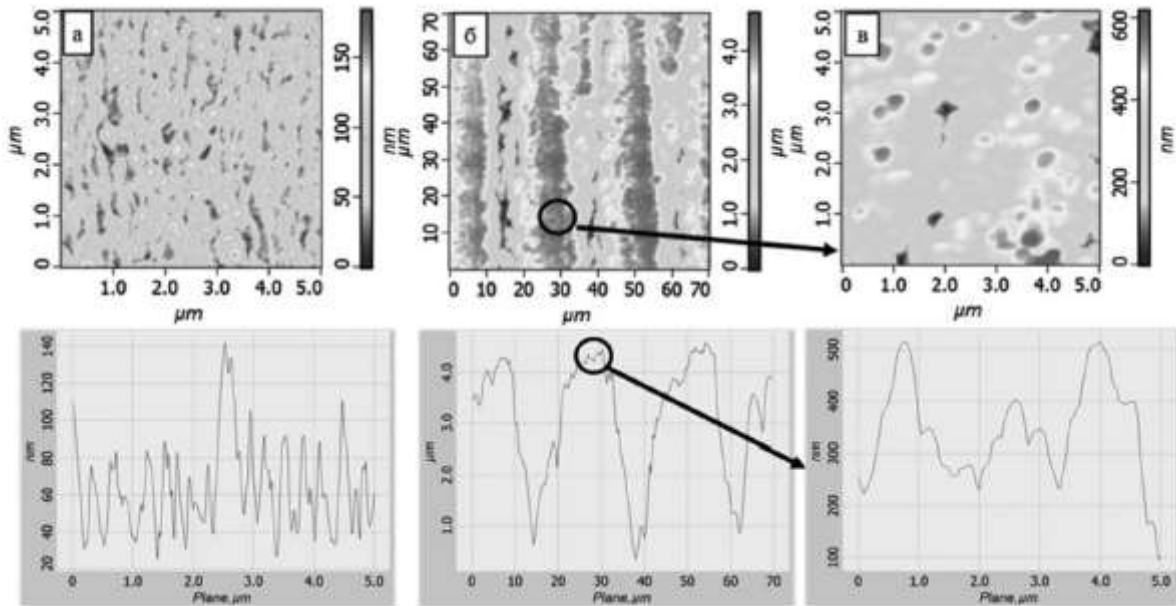


Рис. 2. Дані атомно-силової мікроскопії для сталі 12Х18Н10Т після фемсекундного лазерного опромінення та відповідні профілограми [4]

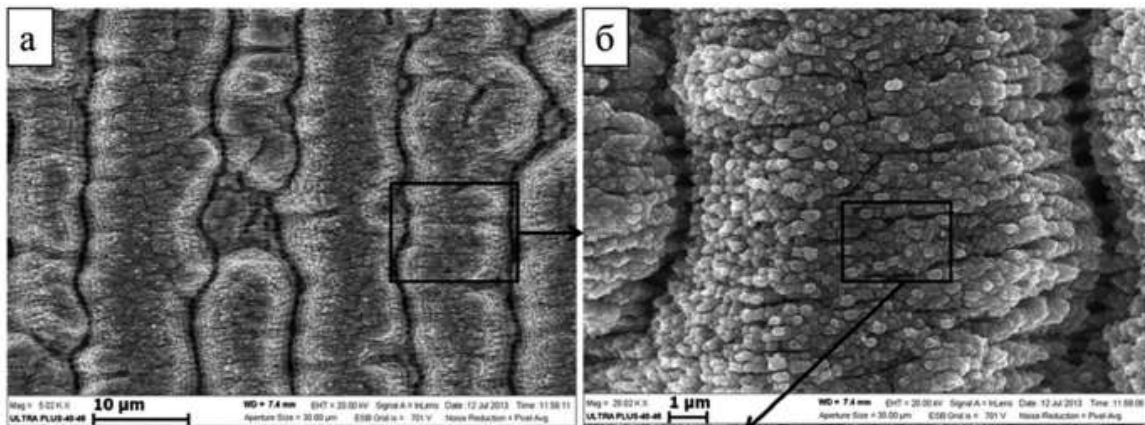


Рис. 3. Структура поверхні сталі 12Х18Н10Т після фемсекундного лазерного опромінення [4]

Інший ефект полягає в тому, що після обробки лазером поверхня металу стає майже ідеально чорною. Для видимого світла коефіцієнт відображення становить від 1,3 до 4,5%, в залежності від металу і від довжини хвилі світла. Крім того, оброблені поверхні мають набагато більшу поверхневу площу в порівнянні з необробленими, що дуже важливо при використанні металів в якості каталізаторів.

Список використаної літератури:

1. Дринберг А.С. Супергидрофобные лакокрасочные материалы. *Защитные материалы*, 2015. №6. С. 33-39.
2. Vorobyev A. & Guo, Chunlei. Multifunctional surfaces produced by femtosecond laser pulses. *Journal of Applied Physics*. 2015. Vol. 117:3.
3. Waugh D., & Lawrence J. Wettability and osteoblast cell response modulation through UV laser processing of nylon 6,6. *Applied Surface Science*. 2011. Vol. 257. P. 8798–8812.
4. Колобов Ю.Р., Жидков М.В., Лигачев А.Е., Кудряшов С.И., Макаров С.В., Ионин А.А. Влияние лазерного излучения фемсекундной длительности на структуру и свойства поверхностных слоев стали 12Х18Н10Т. *Композиты и наноструктуры*. 2016. Том 8, №4. С. 223-235.
5. Ultra-Intense Laser Blast Creates True 'Black Metal'. *University of Rochester* : веб-сайт. URL: <http://www.rochester.edu/news/show.php?id=2701> (дата звернення: 06.04.2020).

Безлюдний О.В., студент
 Зінов'єв О.Ю., студент
 Науковий керівник – Некрасов О.Д., к.т.н., доцент
 Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
 «Харківський авіаційний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ГАЗУ ПЕРЕД ТУРБІНОЮ

В доповіді представлені матеріали що до дослідження впливу конструкторсько-технологічних параметрів авіаційного двигуна на температуру газу перед турбіною.

За основу взято п'ять основних параметрів двигуна прототипу (допоміжної силової установки) для генерації стислого повітря при запуску ТВЗ-117ВМА-СБМ1, а також для нагнітання повітря в системі кондиціонування і приводу електрогенератора.

Виконаний багатовимірний кореляційно-регресійний аналіз параметрів, використаний для визначення найважливішого параметра, який впливатиме на температуру газу перед турбіною.

На основі представленого дослідження надалі можлива оптимізація технологічного процесу складання авіаційного двигуна (рис. 1-3).

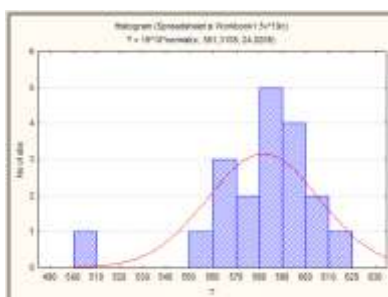


Рис. 1. Гістограма розподілу температури газу по двигунах

Variable	Correlations (Spreadsheet2 in Workbook1)				
	Сопло реактивное	Форсунки	Зазор радиальный	F _{min} Сопловой аппарат	T
Сопло реактивное	1,000000	0,358006	0,066562	-0,289453	0,004706
Форсунки	0,358006	1,000000	-0,008489	-0,087374	-0,043028
Зазор радиальный	0,066562	-0,008489	1,000000	-0,389378	0,123794
F _{min} Сопловой аппарат	-0,289453	-0,087374	-0,389378	1,000000	0,343212
T	0,004706	-0,043028	0,123794	0,343212	1,000000

Рис. 2. Кореляційні залежності

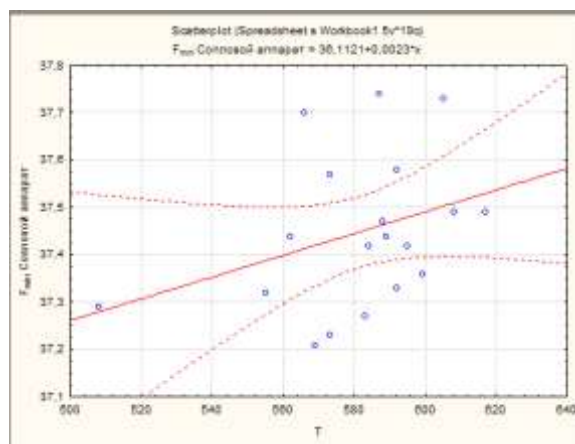


Рис. 3. Діаграма розсіяння температури газу і площі прохідного перетину соплового апарату.

Бондар Д.С., студент
Науковий керівник – к.т.н., доц. Шостачук А.М.
Державний університет «Житомирська політехніка»

СТРУКТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ ГОЛКОЮ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ

Метою цієї роботи удосконалення механізму голководія швейної машини, що використовується в швейних механізмах, розкриття особливостей взаємозв'язку ланок та елементів кінематичних пар даного механізму.

Сучасне швейне машинобудування – одна з найрозвиненіших галузей, що охоплює різні за призначенням та конструктивною будовою машини. Якщо звернути увагу на наш одяг, взуття, іграшки і т.ін. ця продукція виготовляється теж за допомогою швейних машин. У своїй різноманітності швейні машини поєднують різні технічні та технологічні параметри.

Сучасний світ розвитку швейного виробництва ґрунтується на автоматизації виробництва, створенні технологічних засобів для високоякісних швейних виробів, зниженні енергоємності виробничих процесів і т.ін. [1].

Для надійної роботи швейних машин важливим є ліквідація обриву ниток, розпуск стібків, висока міцність сточування. Для досягнення цих цілей необхідно удосконалити конструкції робочих органів і механізмів швейних машин, разом з тим і механізм робочого елемента – голки [2].

Відомий механізм голки має кривошип з противагою, зв'язаний з головним валом машини та з голководієм за допомогою кривошипно-шатунного механізму. Механізм має також шатун, зв'язаний з верхньою головкою та кривошипом, який встановлений на головному валу, шатун також зв'язаний з голководієм та нижньою головкою за допомогою горизонтальної осі [3].

Відомим недоліком даного механізму є високі інерційні навантаження під час збільшення швидкісних режимів машин, що знижує надійність механізму в цілому та призводить до зменшення терміну служби кінематичних пар, які з'єднують ланки механізму. Механізм голководія швейної машини містить кривошипно-шатунний механізм з'єднаний з голководієм, має пружний елемент у вигляді пружини, встановлений на верхній напрямній голководія і знаходиться в постійному контакті з верхнім його кінцем.

Основним недоліком даної конструкції є часті поломки і вигини голки внаслідок великої інерційної сили голки та зшивних матеріалів через накопичену енергію пружини. Крім того, в даній конструкції неможливо збільшити швидкість руху через велику силу тертя в нижніх напрямних голководія, відсутня амортизація сил реакції в шарнірі між шатуном і кривошипом, а також має місце недостатнє скупчення енергії пружиною в холостому ході руху голководія.

В представленій конструкції ця проблема вирішується шляхом зниження площі тертя голководія в її нижніх напрямних, присутності амортизації сил реакції в шарнірі між шатуном та голководієм (поршнем), а також удосконаленням елементів амортизації пружиною голководія в робочому режимі входження голки в матеріал.

Суть конструкції полягає в тому, що кривошипно-шатунний механізм, зв'язаний з голководієм, має елемент у вигляді пружини, встановлений між нижньою частиною і самою голкою, при цьому площа контакту голководія в нижній напрямній зменшена за рахунок виконання напрямного ступінчастого отвору з великим діаметром, який виконаний всередині відносно меншого діаметра отвору по краях. Шарнір між шатуном і голководієм в нижній частині виконаний складовим і має пружинну втулку. Нова пропозиція дозволяє підвищити надійність роботи механізму і ліквідує поломку і вигин голки під час потужної роботи.

Запропонований механізм голководія швейної машини (рис.1) складається з кривошипа 2, встановленого в корпусі 1 і закріпленого на лівому кінці головного валу. Кривошип 2 другим кінцем зв'язаний з шатуном 3 за допомогою шарніра 6, голководій виконаний складеним з верхньої 5 і нижньої 4 частин, між якими встановлена пружина 8. У свою чергу шатун 3 шарнірно зв'язаний з верхньою 5 і нижньою частинами голководія поршнем 5, нижня частина 4 якого здійснює рух в напрямних 13. При цьому посередині напрямного 13 отвір 14 виконано з більшим діаметром, ніж діаметри отвору по краях 13, тому ця частина не торкається з поверхнею нижньої частині голководія 4. Шарнір 7 виконаний складовою частиною з гумовою втулкою 10. Шарнір 7 складається із зовнішньої втулки 9 міцно зв'язаний з шатуном 3. Зовнішня втулка 9 насаджена на внутрішню втулку 12 за допомогою гумової втулки 10. Внутрішня втулка 10 складає кінематичну пару п'ятого класу з віссю 11, міцно встановлену в верхній частині 5 (поршня) голководія.

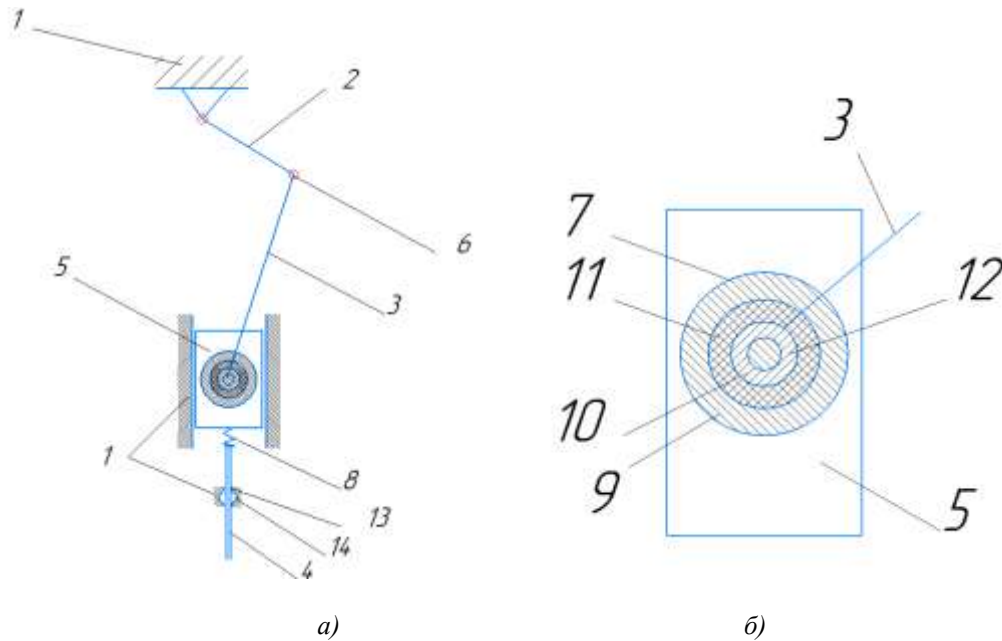


Рис. 1. Механізм голководія швейної машини:
а – механізм голоководія в цілому; б – структура повзуна 5

Нижня частина 4 голководія здійснює «холостий хід» вверх, прижимає пружину 8, при цьому накопичує певну частину енергії за рахунок її перетворення, потім повертає накопичену енергію на робочий хід нижньої частини 4 механізму.

При цьому пружина 8 не тільки прискорює рух вниз нижньої частини 4 голководія, забезпечує проколочання голкою зшивних матеріалів, дозволяє деяку амортизацію руху голководія, що дає можливість уникнути вигину і поломки голки.

Відомо, що інерційні сили в кривошипно-шатунних механізмах в крайніх мертвих положеннях поршня досягають максимальних значень, що може приводити до швидкого виходу з ладу шарніра між шатуном і поршнем. Амортизація інерційних сил в рекомендованому механізмі голководія швейної машинки забезпечується наступним: шарнір 7 між шатуном 3 і верхньою частиною 5 виконаний складовим принципом який включає пружинну (гумову) втулку 10. В процесі роботи механізму голководія в верхніх і нижніх мертвих положеннях за рахунок деформації гумової втулки 10 значно зменшуються інерційні сили. Крім того, в нижньому крайньому положенні голководія (з голкою) за рахунок деформації пружини 8 і гумової втулки 10 забезпечується проміжок, який необхідний для технології здійснення стібків. Механізм голководія дозволяє підвищити надійність роботи швейної роботи.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що механізм нової структури зможе забезпечувати роботу у широкому діапазоні регулювання роботи голководія, зменшити часті поломки та зупинки роботи через вигини голки. Очевидно, після структурного аналізу необхідно здійснювати кінематичне та силове дослідження розглянутого механізму.

Список використаної літератури:

1. Мансурова Д.С., Кинематический и динамический анализ четырехзвенных рычажных механизмов с упругими связями рабочих органов швейных машин двухниточного цепного стежка. Диссертация докт. техн. наук. – Бишкек: 2008. -357С. 2
2. Мансурова М.А., Совершенствование технологии получения двухниточных цепных стежков с расширенными характеристиками и рабочих органов швейных машин. Диссертация докт. техн. наук. – Ташкент: 2017 - 200с
3. Авторское свидетельство №1142544, Бюл. Изоб.:4.1985.

Бондарчук А.С., студент,
Остапчук І.Ю., студент,
Науковий керівник – Шостачук А.М., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

ДЕЯКІ НАБЛИЖЕННЯ ШАТУННИХ КРИВИХ ПОСЛІДОВНО ПРИЄДНАНИХ ШАТУННИХ ГРУП

Механізм є основою будь-якої машини. Механізм можна означити як систему тіл, призначену для перетворення руху і сил, які прикладені до одного або кількох тіл, у необхідні рухи та сили інших тіл. Одним з прикладів механізмів можна назвати кривошипно-повзунковий механізм, призначений для перетворення обертального руху в поступальний. Застосовується цей механізм у двигунах внутрішнього згоряння, у поршневих насосах (як виконавчий механізм), у манометрах (як передавальний механізм).

Виконуючи дослідження, ми взяли кривошипно-повзунковий механізм та побудували шатунну криву, і бачимо що точка M , яка належить шатуну і знаходиться між точками A і B , буде описувати деяку замкнену криву, яка наближається до кола при наближенні точки M до точки A і переходить в пряму при суміщенні точки M з точкою B (рис.1). Далі ми побудували ще один шатунну групу, використовуючи точку M , як точку приєднання нової шатунної групи до початкового кривошипно-повзункового механізму.

Шатунні криві будували за допомогою методу засічок. Для знаходження положення всіх точок і ланок механізму методом дугових засічок необхідно послідовно розглянути рух кожної ланки від початкової до вихідної у такому порядку, як вони приєднуються до механізму. Для початку поділимо траєкторію точки A на довільно вибране число рівних частин, наприклад 8, точки поділу позначимо $A_1, A_2, A_3, \dots, A_8$. Положення точки B знайдемо методом дугових засічок, враховуючи, що довжина шатуна AB протягом руху залишається незмінною. Для цього з одержаних точок A_1, A_3, \dots, A_8 радіусом AB зробимо дугові засічки на траєкторії точки B , в результаті чого знайдемо вісім положень центру шарніра $B - B_1, B_2, B_3, \dots, B_8$. З'єднавши точки A_i і B_i , відрізками $A_i B_i$, одержимо положення шатуна AB і повзуна B . Таким самим способом побудуємо траєкторію точки M , яка належить шатуну AB і знаходиться на його середині. Для цього з точок A , зробимо на відповідних положеннях шатуна AB дугові засічки радіуса AM . З'єднавши послідовно одержані точки M_i плавною кривою, отримаємо траєкторію точки M (першу шатунну криву). Аналогічні дії проводимо для знаходження шатунної кривої точки P : спочатку будемо методом засічок поточні положення точки C повзуна, який рухається вздовж вертикальних напрямних, далі на відрізках $M_i C_i$ радіусом MP відмічаємо поточні положення точки P . З'єднавши останні плавною лінією, отримуємо шатунну криву другої приєднаної шатунної групи.

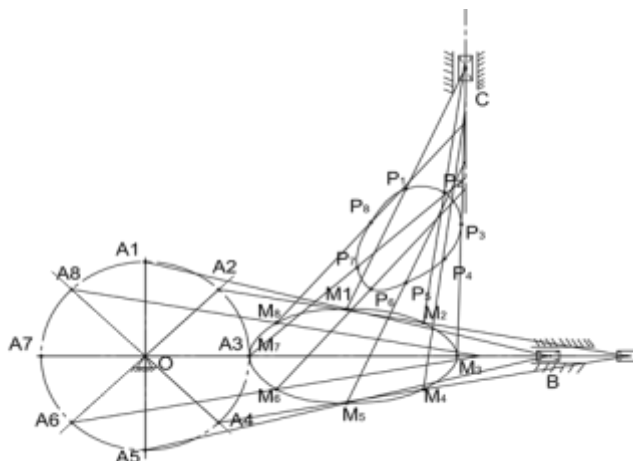


Рис. 1. Побудова шатунних кривих двох послідовно приєднаних груп Ассура методом засічок

Відомо що шатунна крива точки M є кривою шостою порядку. На графіку рис.2,а видно, що ця крива наближається до еліпса, формула якого є:

$$1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y}{b^2} \quad (1)$$

Точка *P* описує певну траєкторію, яку ми перенесемо на графік рис.2, б. Накладемо на другу шатунну криву подібний еліпс, таким чином, щоб він проходив лише через дві крайні точки.

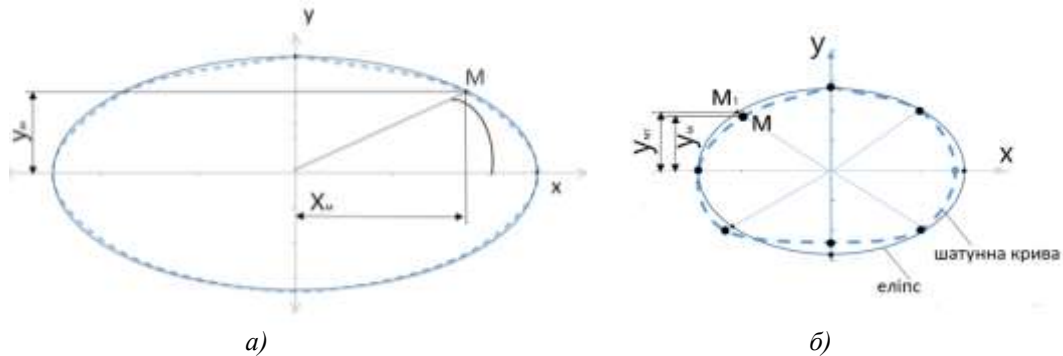


Рис.2. Співставлення шатунних кривих двох послідовно приєднаних структурних груп з еліпсами

Отже, проводячи дослідження ми з'ясували, що шатунні криві кривошипно-повзункових механізмів мають форми, близькі до еліпса. Оскільки шатунна крива другої приєднаної групи Ассурі буде, очевидно, несиметричною, ми побудували залежності, взявши в якості абсциси не *x* а кут повороту φ радіуса *OM* від осі *Ox* (на рис.2 не показаний):

$$\Delta_1 = \Delta_1(\varphi) = \frac{\Delta(\varphi)}{2b}. \tag{2}$$

де $\Delta(\varphi) = |y_{M_1} - y_M|$ – абсолютна різниця ординат еліпса та шатунної кривої.

b – менша піввісь еліпса.

На рис. 3 показано розраховане за формулою (2) відхилення шатунної кривої другої приєднаної групи Ассурі від еліпсу.

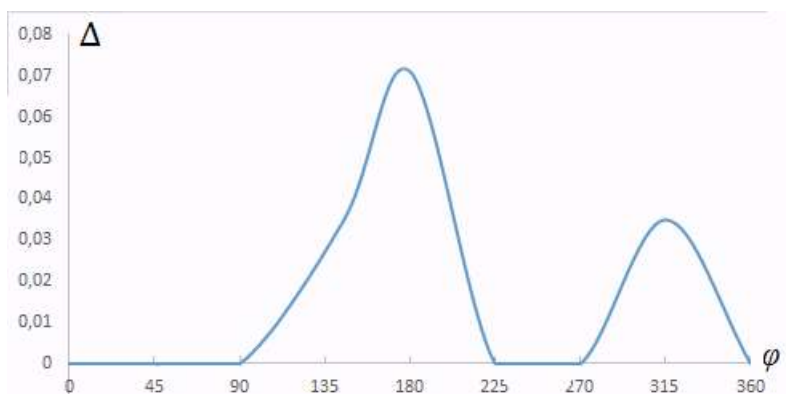


Рис.3. Графік відхилення шатунної кривої *m. P* від еліпса

Підводячи підсумок, зазначимо, що шатунні криві описують фігуру схожу на еліпс, але ступінь наближення залежить, очевидно, від наближення точки шатуна до крайніх його точок та від номеру приєднаної шатунної групи. Сама шатунна крива відрізняється від еліпсу несиметричністю та недосконалістю форми. Це можна пояснити тим, що перша точка другого шатуна (точка *M*) сама рухається не по колу (кривій другого прядку), як точка *A*, а по кривій шостого порядку. Більш точні результати можна отримати, якщо будувати шатунну криву поділивши траєкторію точки *A* на більшу кількість частин. Таким чином ми матимемо більш часте положення точок *M* та *P*, і в свою чергу більш точнішу шатунну криву.

**Бондарчук О.С., студ.
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Державний університет «Житомирська політехніка»**

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ CO₂-ЛАЗЕРНОГО РІЗАКА

CO₂-лазерні різакі для хобі та малого бізнесу зазвичай не відповідають потребам споживачів та не мають можливості оновлення, саме тому було вирішено спроектувати власний різак, котрий відповідатиме більшості потреб та буде дешевшим ніж промислові зразки при таких же параметрах.

Проектування CO₂-лазерного різакі проводилося в програмі SolidWorks (продукт компанії SolidWorks Corporation, зараз - дочірня компанія Dassault Systèmes), САПР інженерного аналізу та підготовки виробництва будь-якої складності та призначення.

У процесі проектування лазерного різакі ми вирішували наступні завдання: простота конструкції; масштабованість (можливість виготовлення різакі різноманітних розмірів); оновлюваність (можливість легкого оновлення різакі); надійність та простота обслуговування; вартість.

У якості основного матеріалу для корпусу різакі ми обрали алюмінієвий профіль V-slot.

На рис. 1 зображено загальний вигляд лазерного різакі запропонованої нами конструкції. За потреби, у дану конструкцію можна внести зміни шляхом заміни елементів алюмінієвого профілю корпусу та отримати різак з вдвічі зменшеною робочою зоною (рис. 2).



Рис. 1. Загальний вигляд різакі



Рис. 2. Лазерний різак з вдвічі зменшеною робочою зоною

Дотримуючись простоти конструкції ми намагалися розробляти всі частини різакі як готові компоненти (модулі). Процес уніфікації складових різакі елементів триває і зараз.

Частину деталей різакі було виготовлено методами адитивних технологій, а саме FDM друком 3D-принтері (рис. 3). Використовуючи алюмінієвий профіль V-slot та відповідні ролики можна отримати нескладну направляючу будь-якої довжини (рис. 4), котрі дають можливість змінювати розмірі різакі і, відповідно, величину його робочої зони.



Рис. 3. Деталі для друку на 3D принтері



Рис. 4. Направляюча вісі Y

Різак складається з двох частин: внутрішньої та зовнішньої. Вся механіка та основні деталі знаходяться на внутрішній рамі, а корпус та кришка зовні, що дає змогу скерувати сили на внутрішній жорсткій та точній рамі. По факту зовнішня частина може бути виготовлена з будь чого, оскільки вона слугує лише для блокування лазерного променя та для захоплення диму. Така конструкція різакі дає змогу через бокові панелі завантажувати матеріали котрі великі габарити.

У конструкції різакі передбачена можливість встановлення лазера більшої потужності, і, оскільки лазер більшої потужності має більшу довжину нами передбачено кріплення для їх встановлення без внесення додаткових змін.

Вісь Z виконана у вигляді підйомного столу. У рух вісь приводить кроковий двигун, котрий за допомогою суцільного зубчастого ремня обертає гвинти які знаходяться по краям столу.

Для видалення диму на задній стінці різакі передбачено три вентиляційні отвори до яких можна приєднати вентиляційний канал.

На підставі вище сказаного можна зробити висновок, що власна розробка та складання CO₂ лазерного різакі є більш функціональною у порівнянні з готовими рішеннями, що присутні на ринку.

КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

Паливний насос високого тиску є одним з найбільш складних вузлів системи паливоподачі дизельних двигунів.

Паливні насоси призначені для подачі в циліндри палива під певним тиском і в певний момент циклу, точної порції палива.

У паливному насосі безпосередньої дії здійснюється механічний привід плунжера, а процеси нагнітання й вприскування протікають одночасно. У кожний циліндр секція паливного насоса подає необхідну порцію палива. Необхідний тиск розпилення створюється рухом плунжера насоса.

Основною метою і завданням даного дослідження є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» та зниження трудомісткості і собівартості обробки за рахунок використання верстатів з ЧПУ.

Розглянута деталь, корпус паливного насоса, являє собою складну конструкцію типу. Складність деталі визначається наявністю сполучених поверхонь, що перебувають у різних площинах, великою кількістю різноманітних отворів. Значно ускладнюють конструкцію деталі внутрішні поверхні, а також наявні стінки, приливи, ребра жорсткості.

Деталь вимагає всебічної, глибоко й добре продуманої технологічної підготовки виробництва, що й повинен забезпечити високоєфективний технологічний процес її виготовлення.

У якості заготовки для виготовлення корпусу паливного насоса вибирається виливок. Доцільність застосування цього виду заготовок однозначна в наслідок складності форми й конфігурації деталі: значних габаритів, наявність великої кількості поверхонь, отворів і порожнин пересічних у різних площинах під різними кутами.

При існуючому в машинобудуванні великому виборі заготовок для даної деталі іншої альтернативи не існує, тому що одержання інших видів заготовок для цієї деталі дуже утруднена.

Як метод одержання вилівки застосовується лиття в земляні форми з машинним формуванням у великих опоках, як найбільш простий і універсальний.

У якості матеріалу для виготовлення корпусу паливного насоса використовується алюмінієвий сплав АК7 ГОСТ 1583-89. Він має наступні технологічні властивості: гарні ливарні показники (висока плинність, низька ливарна й об'ємна усадки); задовільною . оброблюваністю різальними інструмент (використовується інструмент оснащений твердим сплавом марки ВК і інструментальними швидкорізальними сталями зі спеціальними ріжучими властивостями); високими корозійними показниками.

Проаналізувавши вище викладене можна зробити висновок, що даний матеріал має досить високі технологічні властивості, однак з наявністю ряду недоліків, які успішно можна усунути застосуванням нових методів обробки, а також нових видів інструмента й пристосувань.

Актуальність виконання даного дослідження викликана необхідністю виготовлення невеликих партій корпусів паливного насоса в умовах дрібносерійного виробництва.

В роботі представлений технологічний процес виготовлення деталі. Розроблені засоби технологічного оснащення можуть бути використані при виготовленні й інших модифікацій і моделей корпусу.

Громовий В.О., студент
Крикун І.В., студент
Стащук В.В., студент
Громовий О.А., к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ЛЕЗОВА ОБРОБКА ЗІ ЗНЯТТЯМ ВЕЛИКИХ ПРИПУСКІВ НА ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТАХ РІЗАЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ, ОСНАЩЕНИМ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИМИ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Плоскі поверхні корпусів механізмів, приладів, опор, рам, станів, виготовлених із чавунів і загартованих сталей складають до 20% масиву продукції машинобудування і металообробки.

Найбільш прогресивним методом для обробки плоских поверхонь деталей машин є лезова обробка, а саме – торцеве фрезерування, яке забезпечує високу продуктивність і оптимальні показники якості обробки.

В роботах вітчизняних і закордонних авторів велика увага приділяється проектуванню більш досконалих конструкцій фрез з комбінованими схемами різання, а також з комбінованими схемами обробки (фрезерування - вигладжування та ін.). Перспективним напрямком розвитку конструкцій різального інструменту вважається також агрегатно-модульний підхід створення компоновок інструмента.

Для чорнової, напівчистої, чистої обробки деталей із чавунів і загартованих сталей використовують торцеві фрези, оснащені полікристалічними надтвердими матеріалами (ПНТМ), серед яких: композити 01, 05, 10, 10Д, 12, киборит. Марка ПНТМ, форма і розміри різальної пластини обираються з врахуванням: 1) властивостей оброблюваного матеріалу; 2) виду обробки (чистова, напівчистова, чорнова); 3) схеми різання (послідовна або ступінчаста); 4) способу кріплення пластини в корпусі фрези; 5) технологічних особливостей оброблюваної (закритої чи відкритої) поверхні.

Обмежені розміри полікристалів ПНТМ не дають можливість їх використання для чорнової обробки при використанні одноступінчастих фрез. За рахунок збільшення глибини різання до максимальних значень реалізована можливість при ступінчастому розташуванні різальних ножів використовувати торцеві фрези для чорнової обробки.

Створення в інституті надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля НАН України нових надтвердих матеріалів (киборит-2, кубоніто-твердосплавні пластини) з діаметром пластин до 30 мм дозволило виконувати обробку чавунів і загартованих сталей з великою глибиною різання.

Різання з глибиною до 10 мм і більше характеризується великими значеннями складових сили різання, високими температур в зоні обробки та іншими негативними факторами, що виставляє високі вимоги до конструкцій різального інструменту. Існуючі рішення в цьому напрямку мають частковий характер, відсутні основи створення ефективного модульного інструмента для фрезерних верстатів, не вирішені проблеми його працездатності, надійності, конструктивних елементів.

З огляду на вище наведене, суттєвим резервом підвищення продуктивності обробки є можливість створення нових конструкцій торцевих фрез, які б дозволили поєднати декілька операцій обробки (чорнову, напівчистову і чистову операції) за один прохід. В умовах високої вартості верстатогодин на сучасних верстатах це має велике значення.

Використання сучасних надтвердих матеріалів в якості різальної частини ножів ступінчастих торцевих фрез дасть можливість суттєво збільшити максимально допустимий припуск на одну ступінь фрези. При суттєвому розвантаженні чистої ступіні фрези це забезпечить також необхідну шорсткість обробленої поверхні.

Таким чином, метою подальших досліджень є підвищення ефективності обробки на фрезерних верстатах шляхом розробки і реалізації наукових основ створення агрегатно-модульного інструмента для глибинного різання на фрезерних верстатах, що в умовах особливої уваги стану енергозбереження в Україні є актуальною задачею і має велике народногосподарське значення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: 1) провести аналіз стану питання механічної обробки на фрезерних верстатах; 2) розробити методичне забезпечення досліджень по створенню торцевих фрез глибинного різання із врахуванням умов експлуатації; 3) створити принципи створення систем агрегатно-модульного інструмента для фрезерних верстатів; 4) на базі теоретичних і експериментальних досліджень напружено-деформованого стану і жорсткості інструмента розробити принципи конструювання вузлів фрез; 5) створити систему багатокритеріальної оптимізації параметрів агрегатно-модульних торцевих фрез; 6) розробити алгоритм і програмне забезпечення по вибору параметрів фрез, режимів їх експлуатації; 7) розробити рекомендації по експлуатації і впровадженню агрегатно-модульних торцевих фрез глибинного різання на виробництві.

Загорій К.В., студ.
 Науковий керівник – Третяк В.В., к.т.н., доц.
 Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
 «Харківський авіаційний інститут»

РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛІ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА «НАПІВМУФТА» З ВИКОРИСТАННЯМ ІМПУЛЬСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В САПР СПРУТ ТП

В доповіді представлена математична модель і сформований за допомогою системи СПРУТ ТП груповий технологічний процес виготовлення деталі авіаційного двигуна – «Напівмуфта» (рис. 1).

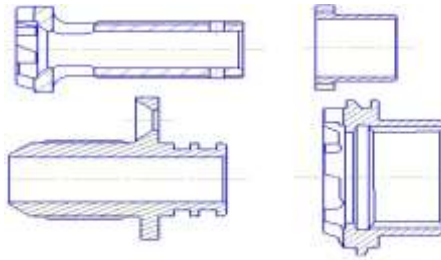


Рис. 1. Ескізи деталей групи «Напівмуфта»

Проведено аналіз креслення деталей. При побудові групового технологічного процесу механічної обробки за основу взята комплексна деталь. Основні елементи комплексної деталі – поверхні, що визначають конфігурацію деталі. Конструювання умовної комплексної деталі типу тіла обертання проведено методом накладення.

Після аналізу креслення деталей групи, з ряду подібних деталей вибрано одну, найбільш характерну (базову деталь). Розглянуто деталі, що відрізняються від базової наявністю інших оброблюваних поверхонь і нові поверхні нанесені на креслення вихідної деталі

В результаті розроблено комплексну деталь, що містить всі елементи деталей групи.

В системі СПРУТ ТП за допомогою редактора конструкторських і технологічних моделей створено інформаційні моделі проєктованих та груповий технологічний процес.

Виконані програмні розрахунки технологічних параметрів заготовок при їх виготовленні на імпульсному пресі (рис. 2).

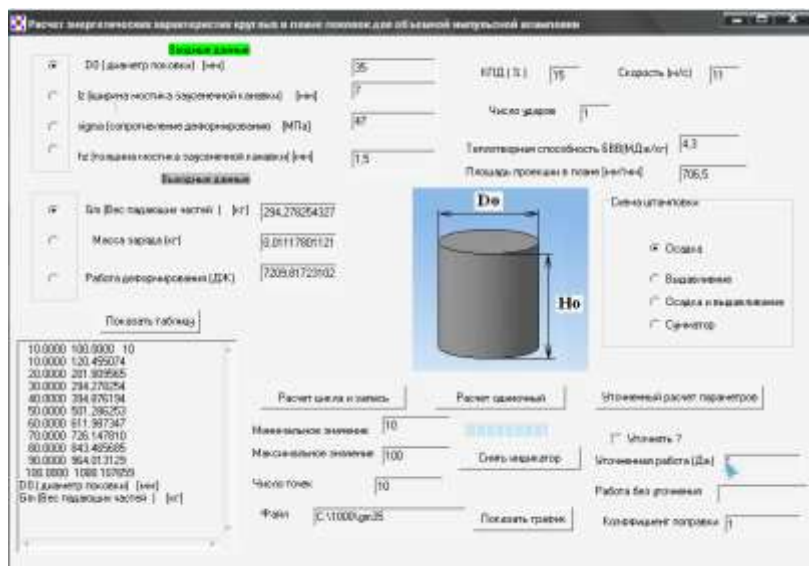


Рис. 2. Програмний розрахунок параметрів для виготовлення заготовок на імпульсному пресі

Також побудовані регресії для основних технологічних параметрів при виготовленні заготовок на імпульсному пресі.

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ ПКНБ ПРИ ТОЧЕНИИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ

Инструментальные композиты из поликристаллического кубического нитрида бора (ПКНБ) являются основным инструментальным материалом для обработки (Fe-C)- и Ni-сплавов высокой твердости. С недавнего времени для повышения стойкости инструментов из ПКНБ широко применяются различные износостойкие покрытия. В ИНМ НАН Украины совместно с ННЦ ХФТИ было разработана широкая гамма износостойких покрытий для инструментов из ПКНБ на основе сложнотвердых наноструктурных композитов. Одним из лучших составов по своим физико-механическим свойствам, стабильности нанесения и опыте применения является покрытие на основе $(TiAlSiY)N/CrN$ нанесенное методом PVD, толщина покрытия составляет 4 мкм. Применение такого состава покрытия на рабочих поверхностях инструментов позволяет повысить стойкость режущих пластин в 2-3 раза в сравнении с инструментом без покрытия.

В процессе формирования рельефа поверхности режущих пластин, в результате нанесения на них покрытия, было установлено повышение высоты микронеровностей на рабочих поверхностях в сравнении с исходными пластинами. Такой эффект связан с тем, что в процессе формирования покрытия распределение электрического потенциала неоднородно, что ведет к тому что величина плазменного потока на вершинах микронеровностей выше чем во впадинах, вследствие чего шероховатость поверхности после нанесения покрытия выше.

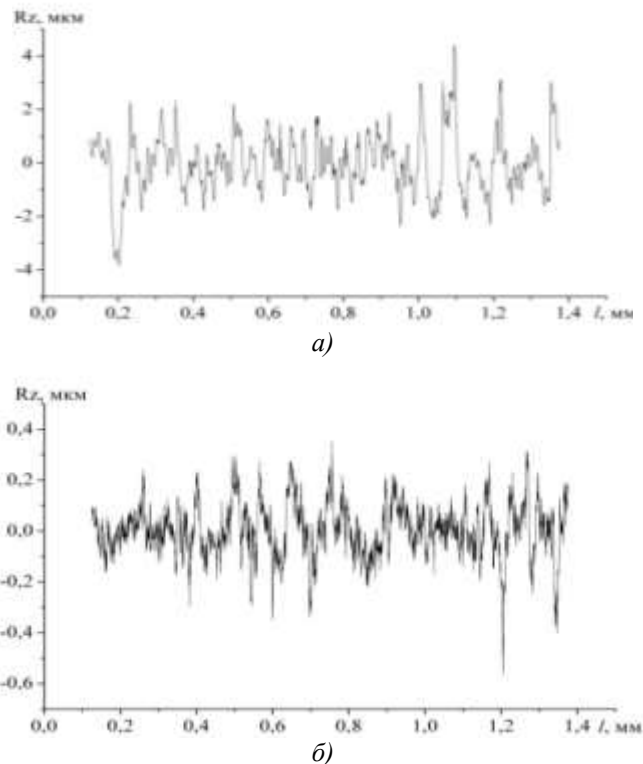


Рис. 1. Профилеграммы поверхностей режущих пластин из ПКНБ с износостойким покрытием $(TiAlSiY)N/CrN$
а) исходная поверхность; б) после полировки

Топография поверхности покрытия в свою очередь влияет на трибологические характеристики пары трения рабочая поверхность инструмента - обрабатываемый материал, на интенсивность и характер износа, на силовые и температурные параметры процесса резания. Соответственно снижение высоты микронеровностей рабочих поверхностей инструмента должно повысить стойкость режущих

інструментов из ПКНБ с покрытием. Для уменьшения высоты микронеровностей рабочие поверхности режущих пластин из ПКНБ полировались пастой на основе оксида хрома с добавлением алмазного порошка зернистостью 1/0, полировке подвергались как передняя та и задняя поверхность.

До полировки режущие пластины имели высоту микронеровностей по параметру Rz 5,2 после полировки Rz 0,61. Профилограммы поверхностей до и после полировки представлены на рис. 1, а–б.

Механизм износа полированных режущих пластин из ПКНБ с покрытием исследовался после точения закаленной стали ШХ15 (HRC 59...60). При точении на скорости резания 170 м/мин происходит постепенный износ режущего инструмента, преобладает абразивный механизм износа, который проявляется в виде борозд по задней поверхности инструмента.

Для обычного инструмента из покрытия, режущая кромка принимает форму «пилы», что неблагоприятно сказывается на качестве обработанной поверхности (рис. 2, а). В следствии уменьшения тепловой и силовой нагрузки режущая кромка для полированного инструмента, более равномерно изнашивается по передней и задней поверхности, без проседания, сохраняя свою геометрию (рис. 2, б).

Следует также отметить, что визуально, для полированного инструмента, глубина и ширина абразивных рисок меньше, что связано с уменьшением трения и нагрузок в контактной зоне резания. Для не полированного инструмента следы износа имеют расплывчатые контуры, что говорит также о сильном тепловом воздействии на режущую кромку. По передней поверхности происходит износ в виде образования лунки как для полированного так и для не полированного инструмента.

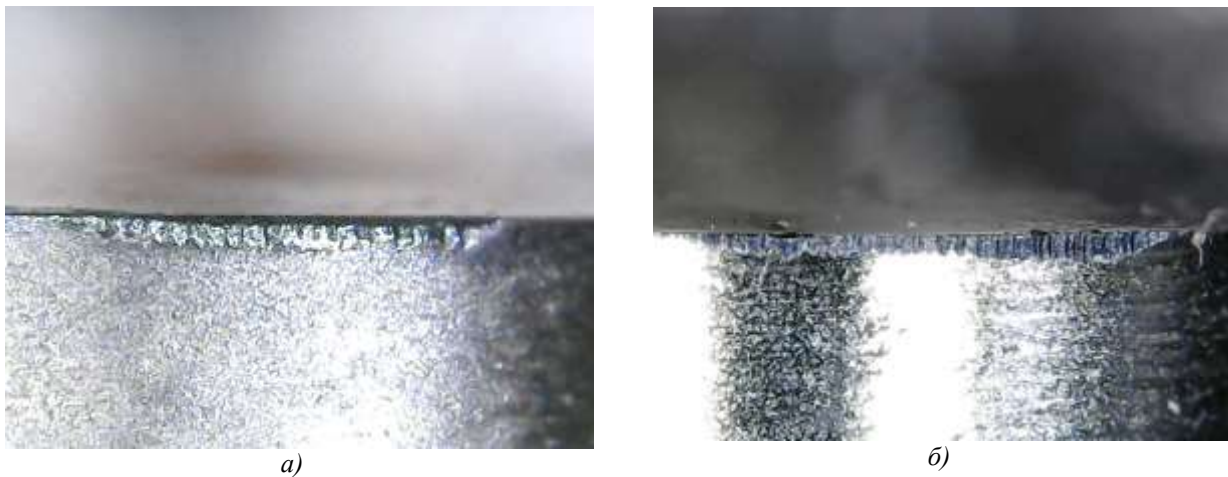


Рис. 2. Износ режущих пластин по задней поверхности при точении стали ШХ15
($v = 170$ м/мин; $S = 0,08$ мм/об; $t = 0,2$ мм; $T = 4$ мин)

а) исходная режущая пластина; б) режущая пластина после полирования

Лабораторные исследования интенсивности износа при точении закаленной стали ШХ15 показали, что вследствие улучшения трибологических свойств рабочих поверхностей инструментов из ПКНБ с покрытием позволяет до двух раз снизить приработочный износ инструментов, что оказывает влияние на интенсивность изнашивания инструмента на установившейся стадии резания (рис. 3).

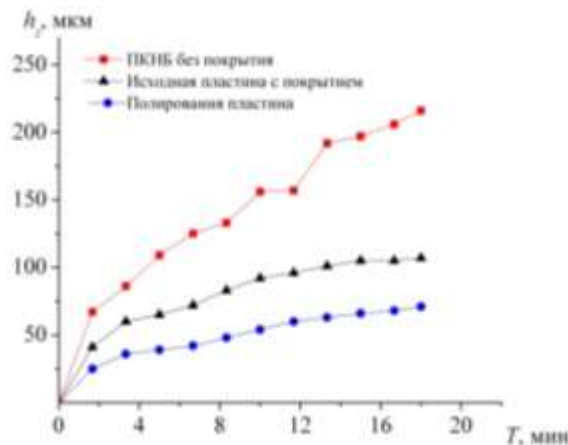


Рис. 3. Зависимость износа инструментов от времени при точении стали ШХ15
($v = 170$ м/мин; $S = 0,08$ мм/об; $t = 0,2$ мм)

Ковальчук М.А., студент
Харчук І.М., студент
Шушкевич Д.А., студент
Ночвай В.М., к.т.н.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ПОКРИТТІВ СИСТЕМИ *Ni-Cr-B-Si* ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Процес відновлення деталей – це складна конструкторсько-технологічна задача, при рішенні якої частково змінюють деякі характеристики деталі, закладені конструктором, наприклад матеріал окремих ділянок, фізико-механічні властивості і шорсткість поверхонь.

Поняття якості відновлення деталей є комплексним і вміщує в собі два взаємопов'язаних поняття – якість відновлених деталей і якість технологічного процесу відновлення деталей. До характеристик якості відновлених деталей відносяться: призначення, надійність, технологічність, економічність, естетичність, безпека та рівень відновлення. Комплексними показниками технологічності відновлення деталей є: трудомісткість та собівартість відновлення деталі, виробнича та експлуатаційна технологічність. До одиничних показників виробничої технологічності відновлених деталей відносяться коефіцієнти застосування типових технологічних методів відновлення, витрат матеріалів, номенклатури матеріалів для відновлення, оброблюваність матеріалу, а також кратність відновлення.

Важливим напрямком забезпечення технологічності відновлення деталей є раціональне обмеження марок матеріалів покриттів, які застосовуються. Розвиток технології напилювання, розширення масштабів її застосування веде до постійного збільшення номенклатури матеріалів, які застосовують для отримання покриттів. Зокрема, вітчизняною промисловістю випускається порошоків 110 типів.

На підставі експериментальних досліджень та практичного досвіду впровадження технології зміцнення та відновлення деталей у виробництво розроблено рекомендації щодо вибору та раціонального обмеження марок матеріалів покриттів, які застосовуються. Зокрема, для отримання покриттів системи *Ni-Cr-B-Si* газополуменевим напиленням, рекомендується використовувати марки порошоків приведених в таблиці 1.

Таблиця 1

Порошки для газополуменевого напилювання покриттів

Порошок ВАТ «Торезтврдосплав»	Порошок-аналог фірми «Кастолін» (Швейцарія)	Твердість покриття	Область застосування
ПГ-10Н-01 Самофлюсівний сплав	10009 Боротек	HRC _e 56-63	Зміцнення та відновлення шийок колінчастих валів, кулачків, втулок насосів, клапанів.
ПГ-10Н-04 Нікельборкремнієвий сплав	10680 Хромтек	200-230НВ	Зміцнення та відновлення зубчастих коліс, валів, штампового інструменту, кулачкових муфт, посадочних місць під підшипники кочення.
ПГ-12Н-01, ПГ-СР2 Самофлюсівний сплав	12494	HRC _e 35-40	Зміцнення та відновлення поршнів, валів та муфт насосів, напрямних лопаток.
ПГ-12Н-02, ПГ-СР3 Самофлюсівний сплав	12495	HRC _e 45-50	Зміцнення та відновлення валів, поршнів насосів, ущільнюючих кілець апаратури високого тиску, деталей запірної апаратури в гідроприводах.
ПГ-СР4 Самофлюсівний сплав	12496	HRC _e 57-63	Зміцнення та відновлення клапанів двигунів внутрішнього згорання, валів і муфт насосів, деталей механізму зчеплення автомобілів, поршнів.
ПС-12НВК-01 Нікелевий самофлюсівний сплав + карбід вольфраму	10112 «Тунгтек»	HRC _e 57-64	Зміцнення та відновлення транспортних ланцюгів та шнеків, різних лопаток та шкребків мішалок, вентиляторних лопаток, різального інструменту.

Для відновлення зношених поверхонь напиленням та наплавленням широке застосування отримали порошкові самофлюсівні сплави системи *Ni-Cr-B-Si*, в які часто добавляють карбіди, боріди тугоплавких металів (вольфрам, ванадій, хром, молібден) для формування композиційних сплавів з більш високими фізико-механічними властивостями.

Козяр Я.А., студент
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Державний університет «Житомирська політехніка»

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ БАГАТОРАЗОВОГО КАРТРИДЖУ 3D-ПЛАСТИКУ

Розвиток адитивних технологій ставить перед собою завдання поліпшення якості виготовлених деталей. «Адитивні технології» (Additive manufacturing), або АF-технології (AF – від Additive Fabrication) – термін, яким у світовій практиці позначає застосування 3D-друку в промисловості, тобто виготовлення виробу шляхом додавання, а не віднімання. При такому способі створення деталі складної форми, коли матеріал наноситься послідовно – шар за шаром, витрачається його така кількість, яка необхідна, не більше і не менше. Програмне забезпечення 3D-принтера ділить тривимірну комп'ютерну модель на шари однакової товщини, після чого принтер створює прототип, шляхом послідовного нанесення одного шару матеріалу за іншим.

Ставлячи за мету, отримання високоякісних деталей без додаткової обробки та доопрацювання, провідними фахівцями було виділено декілька основних проблем, що суттєво погіршують якість 3D-друку:

- погана адгезія;
- втрата форми і оплавлення деталей;
- відшаровування пластику від платформи в процесі друку;
- пластик перестає розмотуватися і подаватися з бобіни, заплутування пластику.

Провівши аналіз виділених проблем, ми дійшли до висновку, що вирішення перших трьох можливе шляхом налаштування параметрів друку. Четверта і найбільш суттєва – через утворення невірального браку, потребує більш детального розгляду.

Виділимо основні причини виникнення даної проблеми: зміщення бобіни; неякісне намотування пластику; виникнення вузла.

Розібравши їх детальніше можна сказати, що точне встановлення бобіни, перевірка правильності її намотування, та встановлення трубки подачі максимально близько до осі, дозволить мінімізувати прояв цієї проблеми, але не усуне її.

Тому, для вирішення даної проблеми, нами було спроектовано конструкцію багаторазового картриджу для пластику. Беручи за основу дизайн та технічні властивості картриджу компанії 3D Systems нами передбачено систему вирівнювання та очистки пластику, що дозволить не тільки запобігти виникненню викладених вище проблем, а й вирішити проблему засмічення фільтри (рис. 1).

Основою для випробовування розробленого картриджу було обрано зібраний нами раніше принтер Ultimaker 2, конструкція якого є найпопулярнішою у світі. Встановлений на штатне місце бобіни принтера картридж можна перезаправити за декілька хвилин (рис. 2).

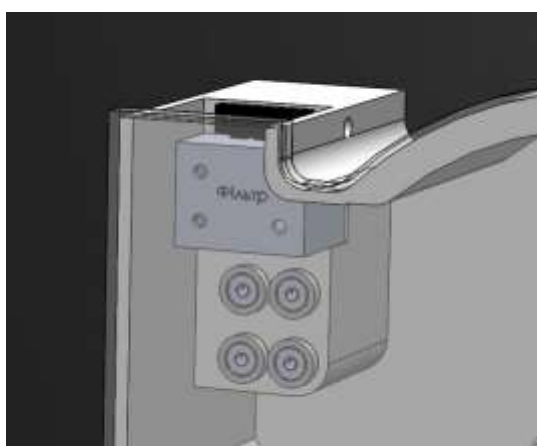


Рис. 1. Система подачі та фільтрації пластику

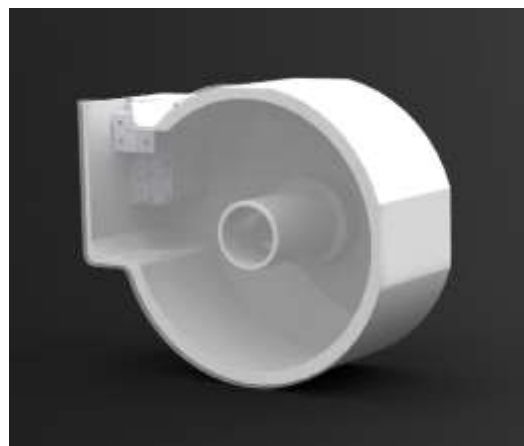


Рис. 2. Загальне фото картриджу

Проектування картриджу було проведено у CAD середовищі SolidWorks, що дозволило врахувати всі особливості руху пластику, та мінімізувати його габаритні розміри. Виготовлення картриджу відбувалось на зазначеному вище принтері, де і планується його подальше використання.

Розроблена нами конструкція картриджу дозволила скоротити відсоток невірального браку майже вдвічі повністю вирішивши проблеми, що пов'язані з механізмом подачі пластику в екструдер.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время аддитивные технологии уверенно занимает свое место практически во всех отраслях реального сектора экономики. В тоже время расширяется номенклатура печатаемой продукции, как в основном, так и во вспомогательном производстве. Можно наблюдать устойчивые тенденции в развитии понимания того, вначале у мелкого бизнеса, а сейчас и крупного, что в настоящее время выжить в конкурентной борьбе без производственных мощностей с 3D печатью практически невозможно.

В Украине технологии этого типа пока не стали предметом первого выбора и причинами здесь являются в значительной степени инвариантность в прогнозировании прочностных свойств деталей, полученных 3D печатью и их экономически обоснованный расчет себестоимости. Отсутствие этих методик вызывает осторожность заказчика в применении новых технологий и закономерный вопрос о реальном снижении цены изделия, т. е. определенный риск в новой комплектации конструкции изделия и его стоимость должны быть соизмеримы. Учитывая эти обстоятельства предприятия соглашаются финансировать исследования в этом вопросе, даже в нашей непростой экономической ситуации.

Например, в зубчатых передачах редуктора (рис. 1, а), что традиционно является наиболее затратной частью всего механизма. С понятной осторожностью, было предложено спроектировать и изготовить косозубое колесо с масло разбрызгивающими лопатками, одно из двух в цепи маслоподающего механизма (рис. 1, а).

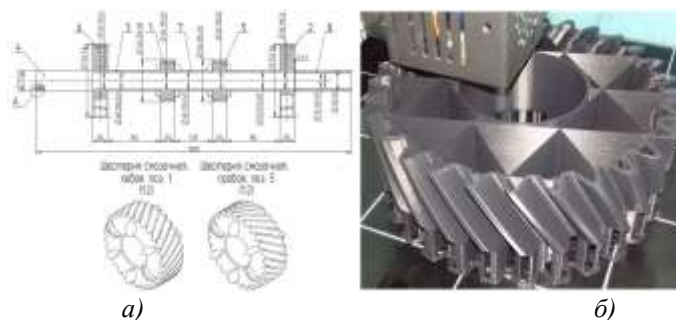


Рис. 1. Редуктор с маслоподающего механизма и 3D печать (б) зубчатого колеса к нему

При проектировании модели зубчатого колеса для 3D печати требуется иной подход, чем при его изготовления с заготовки «круг» или поковки по типовой технологии, включающей токарно-фрезерные операции. В случае 3D печати колеса возникает вопрос не только к параметрам ячеистой структуры пластика, формирующего оболочку колеса, а также и к геометрии ребер жесткости (рис. 1, б), заполняющих внутреннее пространство детали. Программа CURA послойно «разрезающая» модель может оказать ограниченную помощь в организации внутренней конструкции детали, т. к. ее основная цель – формирования G-кодов перемещения экструдера. Следовательно, конструктор уже на этапе моделирования должен рассмотреть несколько вариантов построения внутренней структуры детали и сделать их прочностной анализ с помощью САМ системы. Вопрос усложняется тем, что в целях экономии материала, возможно, выполнять в разных местах каркаса колеса различные по прочности перегородки, изменяя заполняемость ячеек или толщину их ребер - число «нитей». Все это приводит к изменению стоимости разработки модели детали и наладки принтера на ее изготовления.

Если для расчета стоимости изготовления деталей, полученных лезвийной обработкой, литьем или штамповкой накоплено достаточно методов и нормативных документов, то в аддитивной технологии это направление находится в стадии формирования. Нужно отметить, что производство деталей 3D печатью остается средством единичного или мелкосерийного производства, в котором можно выделить три основных компонента в стоимости: материал, расход электроэнергии, требования прочности и точности. Если мы возьмем недорогой материал, с невысоким пределом прочности, то компенсировать эксплуатационные свойства детали нам придется большим заполнением ячеек и меньшей скоростью печати, как следствие больше расход электроэнергии. Поэтому накопление данных на предприятии и их статистико-техническая обработка, является непременным условием алгоритмизации успешного применения

Плисак М.М., аспірант
 Балицька Н.О., к.т.н., доц.
 Виговський Г.М., к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ANSYS EXPLICIT DYNAMICS

ANSYS Explicit Dynamics – це явний динамічний додаток Workbench, який може виконувати різноманітні інженерні задачі, включаючи моделювання нелінійної динамічної поведінки твердих тіл, рідин, газів та їх взаємодії.

Комп'ютерне моделювання проводилося для умов торцевого фрезерування алюмінієвого сплаву Al 1100-O тризубою твердосплавною торцевою фрезою діаметром 40 мм (глибина різання 1,5 мм, частота обертання фрези 4000 хв^{-1} , подача 8000 мм/хв).

Були створені 3-D моделі фрези та заготовки, призначені матеріали та граничні умови. Важливим етапом підготовки моделі є створення якісної скінчено-елементної сітки. В даному дослідженні для формування сітки застосовувалися Automatic Method та Edge Sizing (рис. 1). Було сформовано 47081 вузлів сітки та 51339 скінчених елементів.

В результаті проведеного моделювання програма Explicit Dynamics формує Report Preview, де наведені усі налаштування та отримані результати. Таким чином, авторами було отримано часові реалізації поля еквівалентних пружних деформацій (рис. 2) та рівнодійної сил різання (рис. 3).

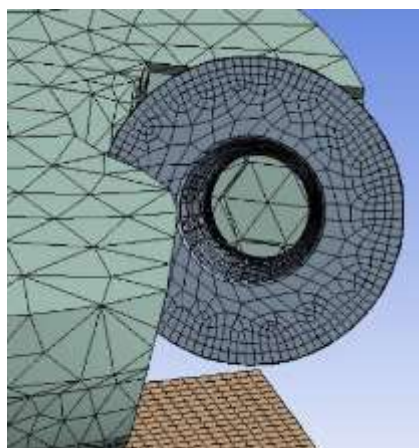


Рис. 1. Скінчено-елементна сітка

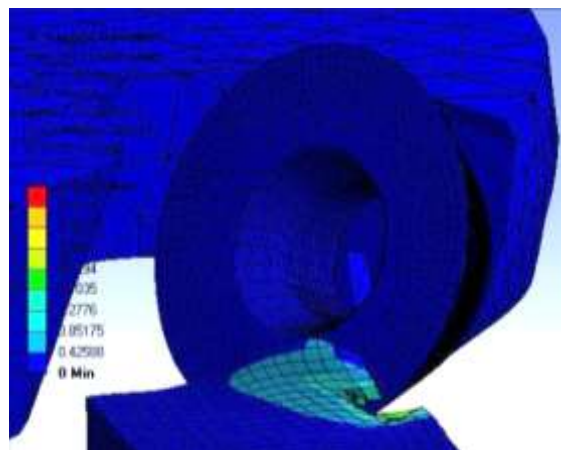


Рис. 2. Еквівалентні пружні деформації

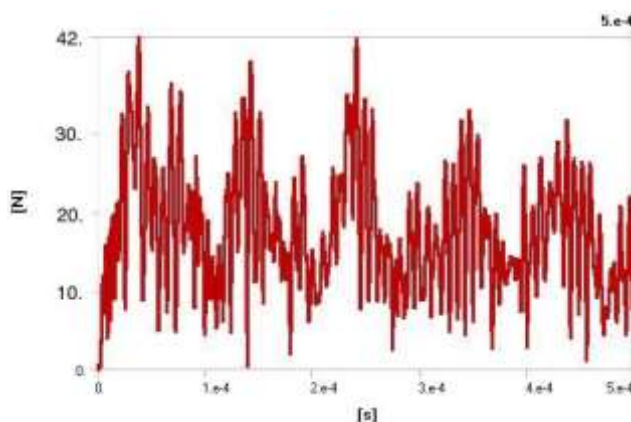


Рис. 3. Рівнодійна сил різання

Розроблена модель потребує уточнення та доопрацювання, що і буде виконуватися авторами у подальших дослідженнях.

Поставенська М.Ю., студентка,
Науковий керівник - д.т.н., проф. Мельничук П.П
Державний університет «Житомирська політехніка»

ТУРБІННІ ЛОПАТКИ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

В умовах світового розвитку все частіше набуває потреба у конструкціях, оснащених лопатками, таких як: турбіни, компресори, гідро- та пневмоприводи. Основою деталлю даних механізмів є лопатка в якій робочі поверхні, що слугують для перетворення енергії. Турбінна лопатка є однією із найважливіших та відповідальних деталей парових та інших турбін. Працюючи в умовах постійної навантаженні таких як: високі температури, відцентрові та динамічні сили, а також активне робоче середовище, робить лопатку однією із найбільш навантажених деталей турбіни, що призводить до її скорішого руйнування, деформації та втоми. Окрім того, особливістю сучасних робочих лопаток турбін є їх закрутка і викривленість в напрямку хорди (рис. 1), що ускладнюють її виготовлення та подальшу обробку.



Рис. 1. Робоча лопатка

Тому питання про пошук методу виготовлення турбінних лопаток, який би був раціонально-технологічним та забезпечив необхідні параметри деталі є одним із пріоритетних на даний момент.

На сьогодні в Україні переважає традиційний спосіб виготовлення лопаток, а саме метод лиття по виплавлюваних моделях. Даний метод є процесом, в якому для отримання виливки застосовуються разові точні нероз'ємні оболонкові форми, отримані за разовими моделям з використанням рідких формувальних сумішей. Заготовки, одержані даним способом, мало відрізняються від готової деталі, що дозволяє отримувати складні та тонкостінні деталі, з малою шорсткістю поверхні, та мінімальними припусками на обробку різанням. Окрім того, технологія виробництва суцільної форми заготовки дає можливість створення складних конструкцій, які об'єднують кілька деталей в один вузол, які при звичайних способах лиття довелось б збирати з окремо. Використання лиття по виплавлюваних моделях для отримання заготовок деталей машин замість виготовлення їх з кованих заготовок або прокату призводить до зниження в середньому на 34 - 90% відходів металу в стружку. При цьому трудомісткість обробки різанням зменшується на 25 - 85%, а собівартість виготовлення деталей - на 20 - 80%. До недоліків методу лиття можна віднести багатоопераційний, трудомісткий і тривалий процес, який до цього ж включає в себе застосування спеціальної оснастки та верстатів, з підвищеним рівнем точності.

На ряду з цим, одним з перспективних і новітніх методів у виготовленні турбінних лопаток є використання адитивних технологій. Суть його полягає в тому щоб вирощувати або «друкувати» деталь безпосередньо по цифровій 3D-моделі. Адитивні технології мають ряд переваг, порівняно з іншими методами, а саме: виготовлення моделі методом 3D друку виключає дорогу операцію - виготовлення прес-форм, що різко знижує собівартість виробництва, до того ж дає змогу отримати заготовку одразу цільною та вирощувати її з композицій різних матеріалів, а головне зменшити час та витрат на сам процес. Технологія адитивних технологій дозволяє виготовити більш легкі та досить тонші конструкції (що є пріоритетним для вихідної кромки лопатки). Проте є ряд перешкод у задіянні цього методу, проблема полягає у використуваному матеріалі – порошків, які повинні використовуватися тільки до відповідного обладнання, що приводить до додаткових затрат, а саме – імпортного обладнання та додаткового оснащення до нього, яке є дорогавартісним і не завжди доступним. Окрім того, не кваліфікованість робітників, складність та неосвоєність нової технології призведе до довготривалого процесу щодо його ведення, налагодження та оптимізації.

Порівнюючи усі вище перелічені фактори, можна сказати, що на даному етапі розвитку метод лиття по виплавлюваним моделям переважає серед суміжних технологій виробництва заготовок та готових виробів, а також є досить успішним у виготовленні турбінних лопаток. Не дивлячись на усі переваги адитивних технологій, введення та використання новітнього методу призведе до ряду економічних та енергетичних витрат, що в кінцевому рахунку можуть не дати бажаного результату. В умовах зниження рівня промислового виробництва, при наявному обладнанні та заданій серійності більш доцільним рішенням було б не тільки приділити увагу традиційним методам, а саме розглянути питання про подальше покращення та модернізацію усього технологічного процесу методом лиття.

Прилипка В.В., студент
Козяр Я.А., студент
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Державний університет «Житомирська політехніка»

ПІДГОТОВКА КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ ЗА ДОПОМОГОЮ CAD/CAM СИСТЕМ

На сьогоднішній день практично кожне підприємство, що займається механічною обробкою виробів, має в своєму розпорядженні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). Верстати з ЧПК виконують всі ті ж функції, що і звичайні верстати з ручним керуванням, однак переміщення виконавчих органів цих верстатів керується електронікою.

Основним стримуючим фактором масового впровадження сучасного обладнання на виробництві є найбільш трудомісткий процес технологічної підготовки виробництва, пов'язаний з розробкою технології обробки і керуючих програм (КП) для верстатів з ЧПК, в першу чергу тих, що забезпечують багатовісьову обробку.

Застосування систем автоматизованого проектування (САПР), зокрема взаємопов'язаних комп'ютерних систем CAD/CAM, дозволяє різко змінити процес розробки КП, підвищити його якість, зменшити терміни конструювання і виконання технологічних робіт.

Серед відомих CAD систем широкого застосування набули SolidWorks, КОМПАС, Autodesk Inventor тощо. За допомогою таких систем можна створювати твердотільні і каркасні 3D-моделі деталей і заготовок, а також імпортувати їх в САМ системи та створювати 2D-креслення деталей. Асоціативність 3D-моделі і 2D-креслення в САМ-системах дозволяє автоматично створювати види деталі і перебудовувати креслення при зміні конструкції.

САМ система призначена для автоматичного створення КП на основі геометричної інформації, що була підготовлена в САД системі. Основна перевага, яку отримує технолог при роботі з системою, полягає в наочності роботи, зручності вибору геометрії, високій швидкості розрахунків, можливості перевірки і редагування створених траєкторій.

Існуючі на сьогоднішній день САМ системи відрізняються інтерфейсом, областю застосування і технічними можливостями. Серед них можна виділити CATIA, Mastercam, Pro/Engineer, Autodesk PowerMill, SolidCAM, SprutCAM тощо.

Для програмування фрезерної або токарної обробки з бази даних САМ системи вибирається необхідне обладнання, створюється верстатна група, у властивостях якої можна задати параметри інструменту, матеріал деталі, параметри заготовки і спосіб її закріплення.

На наступному етапі призначаються геометричні елементи, що підлягають обробці. Далі здійснюється генерація траєкторії інструменту, по якій контролюється переміщення інструмента відносно оператора і геометричних елементів. Функція «бекплот» (backplot) використовується для попередньої перевірки розрахованих траєкторій і настройки технологічних параметрів операції.

Остаточна перевірка зазвичай здійснюється за допомогою верифікації.

Інформація про траєкторії, координати та інструменти САМ система записує в спеціальний проміжний CL-файл або CLDATA-файл, який за допомогою постпроцесора перетворюється у КП в суворій відповідності з форматом програмування конкретного верстата з ЧПК. Після постпроцесування САД/CAM система відкриває файл УП в спеціальному редакторі або в стандартному «Блокноті» операційної системи. Після настройки основних параметрів КП можна передати на верстат.

При роботі в режимі виготовлення деталі КП кадр за кадром надходить на виконання. Відповідно до команд КП контролер системи ЧПК (СЧПК) верстата викликає відповідні системні підпрограми, які змушують працювати підключене до СЧПК обладнання в необхідному режимі – результати роботи контролера у вигляді електричних сигналів надходять на виконавчий пристрій – приводи подач, або на пристрій керування автоматикою верстата.

Керуюча система зчитує інструкції спеціалізованої мови програмування, які інтерпретатором СЧПУ перекладаються з вхідної мови в команди керування головним приводом, приводами подач, контролерами керування вузлами верстата. Для визначення необхідної траєкторії руху робочого органу (інструменту/заготовки) відповідно до керуючої програми використовується інтерполятор, що розраховує положення проміжних точок траєкторії по заданим в програмі кінцевим точкам.

Верстати з ЧПК працюють в автоматичному режимі з високою продуктивністю, надійністю, забезпечують високу точність розмірів оброблених деталей. Оскільки верстати з ЧПК працюють по КП, то одну і ту ж керуючу програму можна використовувати багаторазово і в будь-який час.

ПРОБЛЕМА ОБРОБКИ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ ЛЕЗОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Сучасний розвиток машинобудування дедалі частіше вимагає використання конструкційних матеріалів з високими експлуатаційними властивостями для виготовлення деталей машин та механізмів. Трудомісткість процесів виготовлення зростає, так як до деталей ставляться високі вимоги до якості і точності оброблених поверхонь.

Останнім часом значно ширше використовуються важкооброблювані матеріали, що дозволяє зменшити габарити та масу створюваних конструкцій, забезпечити високу зносостійкість вузлів машин та підвищити їх якість.

Ґрунтовні роботи з вивчення процесів різання важкооброблюваних матеріалів (ВОМ) виконані такими відомими вченими, як Грановський Г.І., Резніков А.Н., Подпоркін В.Г., Бердніков Л.М., Зорев М.М., Сілін С.С. та іншими.

Класифікацією важкооброблюваних матеріалів займалися вчені Подураєв В.М., Петруха П.Г., Подпоркін В.Г., Бердніков Л.М., Зорев М.М., Гуревич Я.Л., Горохов М.В., Філіппов Г.В., Сілін С.С.

На підставі виконаних досліджень розроблена класифікація ВОМ у відповідності до оброблюваності різанням, яка включає вісім груп:

- I – теплостійкі сталі (34ХНЗМ, 15Х5М тощо);
- II – корозійностійкі, високохромисті матеріали (12Х13, 20Х13, 25Х13Н2 тощо);
- III – аустенітні сталі (12Х18Н10Т, 20Х23Н13, 12Х21Н5Т тощо);
- IV – жароміцні, жаростійкі аустенітного класу (45Х14Н14В2М, 09Х14Н16Б, 10Х11Н20Т3Р тощо);
- V – жароміцні на нікелевій та залізонікелевій основі (ХН60ВТ, ХН77ТЮР, ХН80ТБЮ тощо);
- VI – окалиностійкі та жароміцні ливарні сплави (ВХ- 4, ВЖ36-Л2 тощо);
- VII – титанові сплави (ВТ1-1, ВТ1-2, ВТ4, ВТ5, ВТ5-1, ВТ15, ВТ14 тощо);
- VIII – високоміцні сталі (30Х2ГСН2ВМ, 42Х2ГСНМ тощо).

Пізніше були додані ще 2 групи, а саме: IX група – тугоплавкі метали і X група – різні неметалічні матеріали.

До параметрів, що характеризують важкооброблюваність матеріалів, відносять: твердість, міцність, в'язкість, теплові та хімічні властивості. Вміст у важкооброблюваних матеріалів таких легуючих елементів, як Cr, Mo, Ni, Si, V, W, Ti, Co, в різних пропорціях забезпечує підвищення стійкісних, міцнісних, теплостійких та інших експлуатаційних властивостей.

Для I-ої групи вміст легуючих елементів: Cr – до 6 %, Ni – до 3 %, Mo – до 1 %, V – до 1 % та Si – до 2 %. Межа міцності цієї групи сталей складає $\sigma_B = 600 - 800$ МПа. Деталі можуть працювати при змінах температури від -60 до +700 °С.

II група характеризується високим вмістом хрому (більше 10%) і 4% – інші легуючі елементи. Межа міцності цієї групи сталей складає $\sigma_B = 700 - 1000$ МПа.

III група має вміст хрому більше 15 %, нікелю більше 5 % та інших легуючих елементів (кремній, титан, алюміній тощо). Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 550 - 1100$ МПа.

IV група. Вміст хрому варіюється від 12% до 25%, нікелю – 10% тощо. Межа міцності – $\sigma_B = 700 - 1000$ МПа. Матеріали даної групи мають низьку теплопровідність, що погіршує тепловідвід із зони різання. Це збільшує адгезійний знос інструменту, налипання металі на різальну кромку, що зменшує швидкість обробки.

V група – жароміцні на нікелевій та залізонікелевій основі (ХН60ВТ, ХН77ТЮР, ХН80ТБЮ тощо) з більшим вмістом легуючих елементів: хрому (10 – 20 %) та меншим вмістом титану, алюмінію, вольфраму, молібдену тощо. Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 800 - 1200$ МПа.

VI група – окалиностійкі та жароміцні ливарні сплави (ВХ-4, ВЖ36-Л2 тощо) з більшим вмістом легуючих елементів, внаслідок чого ці матеріали більш жароміцні, ніж матеріали V-ої групи. Межа міцності цієї групи сталей складає $\sigma_B = 800 - 1100$ МПа.

VII група (ВТ1-1, ВТ1-2, ВТ4, ВТ5, ВТ5-1, ВТ15, ВТ14 тощо). Межа міцності титанових сплавів $\sigma_B = 500 - 1500$ МПа. Низька теплопровідність, висока адгезія, мала пластичність ускладнюють обробку титанових сплавів та знижують показники оброблюваності.

VIII група – високоміцні сталі 30Х2ГСН2ВМ, 42Х2ГСНМ тощо. Ці матеріали містять велику кількість легуючих елементів: хрому, нікелю, вольфраму, молібдену, ванадію. Після термообробки оброблюваність цих матеріалів різко знижується. Межа міцності цієї групи сталей $\sigma_B = 1600-2100$ МПа.

Сьогодні у світі використовують класифікацію BOM за ISO 513:2012. У відповідності до ISO 513:2012 важкооброблювані матеріали поділяються на шість груп:

P – високолеговані та інструментальні сталі;

M – неіржавіючі сталі;

K – високоміцні чавуни;

N – Алюміній і інші кольорові метали та неметалічні матеріали;

S – титанові та жароміцні сплави;

H – тверді матеріали, до яких відносяться загартовані сталі ($HRC > 40$) та відбілений чавун.

Обробка BOM ведеться у складніших умовах, ніж обробка звичайних конструкційних та інструментальних сталей. Серед таких умов можна виділити: малу теплопровідність, що призводить до підвищення температури в зоні різання; інтенсивне зношування інструменту, через відсутність наросту; підвищене адгезійне зношування; високе зміцнення матеріалу в процесі деформації.

Основними проблемами при обробці різанням є:

– для жароміцних та неіржавіючих матеріалів: високе зміцнення матеріалу в процесі деформації; мала теплопровідність оброблюваного матеріалу, що призводить до високої температури в зоні різання, руйнування різальної кромки інструменту; здатність зберігати при підвищених температурах міцність та твердість, що призводить до високих питомих навантажень в процесі обробки на контактні поверхні різального інструменту;

– для титанових сплавів є висока абразивна дія на інструмент, внаслідок малої усадки стружки та низької теплопровідності.

При обробці заготовок із високоміцних сталей виникають сили різання в 2-3 рази більші, ніж при обробці заготовок зі сталі 45.

Далі наведено особливості обробки по кожній групі, значення режимів обробки, продуктивності обробки і стійкості інструмента. Для заданих режимів різання період стійкості інструменту із твердих сплавів складає $T = 60$ хв.

Для I-ої групи при обробці теплостійкої сталі 34ХНЗМ, швидкість різання складає $V = 50-70$ м/хв для інструменту із швидкорізальної сталі і $V = 250-300$ м/хв – для інструменту із твердого сплаву, для сталі 15Х5М – $V = 45-60$ м/хв і $V = 200-250$ м/хв відповідно при $t = 0,3$ мм і $S = 0,05$ мм/об. Шорсткість обробки $Ra = 1,25$ мкм. Коефіцієнт оброблюваності відносно сталі 45 складає 0,9, що свідчить про відносно гарний рівень оброблюваності.

Для II-ої групи при обробці корозійностійких, високохромистих матеріалів (12Х13, 20Х13, 25Х13Н2 та ін.); $V = 120-150$ м/хв при $t = 0,3$ мм і $S = 0,05$ мм/об. Шорсткість обробки $Ra = 1,25$ мкм.

Для III-ої групи при обробці утворюється стружка сколювання, що призводить до значних коливань сил різання та потужності; застосовуються швидкості різання $V = 120-150$ м/хв при $t = 0,3$ мм і $S = 0,05$ мм/об. Шорсткість обробки $Ra = 1,25$ мкм. Ці матеріали використовуються при виготовленні деталей зварної апаратури, лопаток та заклепок компресорних машин тощо.

Для IV-ої групи оброблюваність матеріалів в 3 – 4 рази нижча, ніж у сталі 45. Для сталі 09Х14Н16Б, $V = 70-90$ м/хв, сталі 10Х11Н20ТЗР $V = 50-60$ м/хв, сталі 45Х14Н14В2М $V = 100-120$ м/хв при $t = 0,5$ мм і $S = 0,1$ мм/об. Матеріали застосовуються при виготовленні дисків і лопаток газових турбін, кільцевих деталей і деталей для кріплення.

Для V-ої групи при обробці матеріалів утворюється зливна стружка, що призводить до коливань сил різання та потужності. Коефіцієнт оброблюваності складає 0,1 – 0,3. Відповідно, швидкість різання коливається від 25 до 40 м/хв при використанні інструменту із твердого сплаву.

Для VI-ої групи коефіцієнт оброблюваності для цієї групи складає 0,05 – 0,1. Швидкість різання $V = 18-20$ м/хв при $t = 0,5$ мм і $S = 0,1$ мм/об.

Для VII-ої групи, яка включає композити, матеріали характеризуються високою міцністю та абразивною дією на інструмент. Швидкість різання для сплавів ВТ4, ВТ5, ВТ5-1, ВТ15, ВТ14 $V = 50-70$ м/хв, а для сплавів ВТ1-1, ВТ1-2 – $V = 100-150$ м/хв.

Для VIII-ої групи при обробці матеріалів утворюється елементна стружка, затрати потужності високі. Тому, при різанні зрізають тонкий шар матеріалу, що призводить до згоряння стружки у процесі різання. Для сталі 30Х2ГСН2ВМ $V = 30-45$ м/хв, 42Х2ГСНМ $V = 18-23$ м/хв Застосовуються для виготовлення високонавантажених деталей, дроту, тросів, кріпильних деталей тощо.

Отже, особливості обробки важкооброблюваних матеріалів сильно залежать від їх хімічних і фізичних властивостей і вимагають глибоких досліджень процесів різання для підвищення продуктивності та якості обробки.

Sokolova O.A., student

Vysloukh S.P., Ph.D., associate professor

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

FORECASTING OF SURFACE ROUGHNESS IN MACHINING BY TOOL WITH DIFFERENT TYPES OF COATING

Introduction. The main method of studying, optimizing and researching complex processes, to which technological processes relate, is mathematical modeling. This method consists in the construction of a mathematical model and the study it analytical or numerical methods to obtain the required characteristics of the studied real process [1]. In solving many of the problems of process engineering, artificial neural networks (ANN) are successfully used in our time. In [2, 3] it is shown that the use of ANN is an effective means of modeling technological parameters. Today it is a modern treatment of parts with coated tools. Coatings reduce wear on the cutting surface of the tool, reduce energy consumption, increase tool reliability and redness. The most commonly used coatings are TiAlN and TiN, the advantages of which are to prevent shaving delays in processing (especially in soft materials); preventing the build-up at the edge of the tool; tool friction reduction; reduction of vibrations; prevention of cold seams; increase in cutting speed by 40-60%; increase of tool stability by 400-600% [4].

The purpose of the work. Modeling by means of ANN of the process of mechanical processing of structural steels by carbide milling cutters, which are coated.

Progress. To achieve this goal, experimental studies of the process of milling steel 40X by hard-alloy plates BK8 with coatings. The cutting depth t varied from 0.1 to 0.4 mm, the number of revolutions n from 500 to 1600 rpm, the diameter of the cutter D from 36.8 to 37.7 mm, the feed S from 0,1 to 0.6 mm / vol. As a result of the research, the surface roughness of R_a in the range from 2.14 to 9.7 was obtained. At the same time, tools with certain types of coating were used, which were coded for ANN training: 1 - without coating; 2 - TiN continuous; 3 - TiN is discrete; 4 - TiAlN solid; 5 - TiAlN discrete; 6 - TiC is discrete. To process the results of the study in order to forecast the impact of tool coating on the roughness of the treated surface ANN was used, which trained with the teacher on 18 data. The number of hidden layers varied from 10 to 200. The training was performed using three algorithms: Levenberg-Marquardt propagation algorithm; Scaled Conjugate Gradient algorithm; Bayesian Regularization algorithm. 70% of data were allocated for training, 15% for validation, and 15% for testing. When training under the Bayesian Regularization algorithm, testing is performed using data that is reserved for testing and validation. According to the initial data obtained ANN, which simulates the process of milling blanks of steel 40X tool with coatings, in which the surface quality was its roughness.

Conclusions. The use of artificial neural networks is a promising direction for solving the problems of process engineering [5]. The studies carried out allowed us to create the ANN, which simulates the milling process with a tool with coating, to forecast surface roughness after machining. In this case, the smallest spread of the forecasting error was provided by the Bayesian Regularization algorithm, which does not exceed 3.6%, with the number of layers 50. Thus, the use of ANN is an effective means of solving the problem of forecasting surface roughness after its machining processing.

Literature:

1. Соколова О.А. Застосування методу евристичної самоорганізації моделей при розв'язанні технологічних задач. / О.А. Соколова, С.П. Вислоух // Збірник праць XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ", 15-16 травня 2019 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури. – 2019. – С. 190-192.

2. Соколова О.А. Моделювання періоду стійкості твердосплавних різців при обробленні титанових сплавів. / О.А. Соколова, С.П. Вислоух // Збірник наукових праць Х Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю "ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ, ВЕРСТАТИ ТА ІНСТРУМЕНТ", 6-9 листопада 2019 р. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка». – 2019. – С. 181-182.

3. Соколова О.А. Моделювання процесу фрезерування деталей із жаростійкої сталі засобами штучних нейронних мереж. / О.А. Соколова, С.П. Вислоух // Збірник наукових праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ", 10-11 грудня 2019 р. – Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – 2019. – С. 172-175.

4. Покрытие TiNi TiAlN на инструменте. // <http://www.sverla.in.ua/pokrytie-tin-i-tialn-na-instrumente> .

5. Соколова О.А. Вибір ефективних методів навчання штучних нейронних мереж при прогнозуванні технологічних параметрів. / О.А. Соколова, С.П. Вислоух // Materials of the 20th International Scientific and Technical Seminar "MODERN QUESTIONS OF PRODUCTION AND REPAIR IN INDUSTRY AND IN TRANSPORT", March 23-29, 2020, Kosice, Tbilisi, Georgia – С. 180-183.

Томашевський О.О., студент
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Державний університет «Житомирська політехніка»

ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Науково-технічна революція представила дуже високу планку для сучасної промисловості. Відповідність сучасним вимогам є основним критерієм успішності підприємства, але це не проста проблема. Технології змінюються швидше, ніж підприємства встигають їх інтегрувати, рівень автоматизації стає дедалі більшим.

Проте, мало оснастити підприємство сучасним обладнанням. Дуже важливо, щоб це підприємство ще й ефективно працювало. Домогтися цього можна максимально оптимізувавши технологічний процес, а якщо врахувати, що на сучасному підприємстві найбільш складні і відповідальні операції проводяться на обладнанні з числовим програмним керуванням (ЧПК), то оптимізація технологічного процесу зводиться до оптимізації програмного коду для цих верстатів.

На жаль, літератури по цій темі вкрай мало. Пов'язано це з багатьма факторами, до них відносяться і специфічність цієї проблеми, і комерційна таємниця багатьох розробників програмного забезпечення для машинобудівних виробництв. На сьогоднішній день існує велика кількість компаній, що пропонують програмні пакети для розробки і верифікації керуючих програм для верстатів з ЧПК, але практично, жоден з цих програмних пакетів не виконує повноцінного аналізу обробки, а тільки усуває помилки, які можуть призвести до аварії на верстаті під час обробки.

У роботі [1] автори розглядають метод апроксимації траєкторії руху інструменту кубічними сплайнами, а результати порівнюють з роботою аналогічно діючої функції в системі ЧПК. Проблема, яку вони вирішували, полягала в тому, що система ЧПК при оптимізації програмного коду не використовувала математичну модель. Це означало, що верстат апроксимував траєкторію руху інструмента відносно траєкторії, отриманої в САМ пакеті. А якщо врахувати, що всі САМ пакети будують траєкторію руху інструменту теж шляхом апроксимації, то має місце подвійне наближення, яке може викликати великі відхилення розмірів деталі.

В результаті цього дослідження автори так і не змогли оптимізувати код керуючої програми краще, ніж це робив модуль вбудований в систему ЧПК. Проте, це призвело до підняття серйозної теми: недоліків сучасних САМ/САМ пакетів.

Велика частина обладнання для механічної обробки, що знаходиться в виробництвах, не оснащена найсучаснішими системами ЧПК, мало того, дуже часто зустрічаються верстати з системою ЧПК 70-80-х років випуску. Таке обладнання не має вбудованих засобів контролю і редагування програми, а також має значні обмеження по мінімальній величині переміщення в одному кадрі і максимального обсягу програмного коду. Ці обмеження пов'язані не тільки з характеристиками контролера, а й з динамічними характеристиками приводів верстата. Звідси з'являється перша проблема - отримання мінімального обсягу програмного коду, при збереженні математичної точності апроксимації та виключення дуже малих переміщень в межах одного кадру програми.

Але не тільки старі верстати вимагають особливого підходу в програмуванні. Чим сучасніше обладнання, тим складніші завдання намагаються вирішувати з його допомогою. Серед таких завдань зустрічаються і досить вузькі та специфічні, як, наприклад, обробка кулачків і копіїв, евольвентного зачеплення, осьового і спеціального різального інструменту. При обробці таких виробів необхідно проводити спеціальні аналізи траєкторій обробки, які повинні визначати не тільки лінійну точність обробки, а також динамічні характеристики припусків, що знімаються і положення робочих кромки інструменту в кожен момент часу. Таким чином, другою проблемою буде оптимізація методу апроксимації за динамічними характеристиками і проведення спеціальних аналізів траєкторії.

Слід зазначити, що для досягнення оптимального програмного коду необхідні глибокі знання технологічних особливостей обробки виробу і його конструкції, тому що кінцевою метою оптимізації є скорочення часу обробки. Особливо це актуально для багатівісової обробки. Тут, на кінцевий час обробки, точність і якість отриманої поверхні впливає стан інструменту, його ріжучих кромки, об'єм матеріалу, що знімається, підведення охолоджуючої рідини тощо.

Список використаної літератури:

1. Болсуновский С.А., Вермель В.Д. Сплайн-аппроксимация траектории инструмента в современных системах управления станков с ЧПУ // С.А. Болсуновский, В.Д. Вермель / САПР и графика. - №6. 2009. - С. 88-90.

Томашевський О.О., студент
Ткачук Б.М., студент
Венгловський А.В., студент
Харчук І.М., студент

Науковий керівник – доц. Яновський В.А.
Державний університет «Житомирська політехніка»

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ

В сучасній обробці матеріалів різанням існує безліч нових технологій, які безперервно досліджуються і оптимізуються. Їх об'єднують зниження собівартості виготовлення і підвищення якості. До відомих нових технологій обробки металів різанням, які останнім часом все більше використовуються і розвиваються, відносяться суха обробка (обробка без застосування або з мінімальним застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини), тверда обробка (обробка загартованих матеріалів різанням) та високошвидкісна обробка (ВШО). Цих три технологічних види обробки різанням не обмежують один одного, а навпаки, у багатьох випадках спільно реалізуються.

Суха обробка і обробка із застосуванням мінімальної кількості мастильно-охолоджувальної рідини на даний час застосовується в багатьох видах обробки різанням лезовим інструментом таких як фрезерування, свердління, зенкерування, зубонарізування тощо.

При обробці з мінімальною кількістю мастильно-охолоджувальної рідини вона подається дозовано в вигляді повітряно-масляної суміші (аерозолі) і виконує більшою мірою функцію змащування тільки в зоні обробки. Така аерозоль ефективно зменшує налипання матеріалу, що обробляється на інструмент. При дозованій подачі суміші її витрата складає 5 ... 100 мл/хв, при цьому стружка слабо змочується мастилом. Суха обробка має наступні переваги: зменшення собівартості обробки через економію виробничих витрат на мастильно-охолоджуючу рідину та на очищення стружки, що становить за даними 11-15% всієї собівартості обробки; поліпшення умов праці, так як мастильно-охолоджуюча рідина шкодить здоров'ю персоналу; поліпшується екологія навколишнього середовища; підвищується продуктивність. До недоліків сухої обробки слід віднести утворення пилу, особливо при обробці чавуну, великий термічний вплив на металорізальний верстат і погана її корозійна стійкість.

Тверда обробка - це обробка загартованих матеріалів різальним інструментом, яка може використовуватися в багатьох випадках замість шліфування. До відомих переваг процесу твердої обробки в порівнянні з шліфуванням є висока її гнучкість, яка особливо проявляється при обробці зовнішніх контурів деталі, що швидко змінюються, що в підсумку призводить до зменшення штучного часу обробки. Крім того, ще однією перевагою є невисока вартість різального інструменту в порівнянні з абразивним і хороша екологія (не забруднюється навколишнє середовище), тому що не використовуються мастильні рідини. Точність обробки, що досягається при цьому в деяких випадках можна порівнювати з точністю, отриманою при шліфуванні. До недоліків слід віднести досить високу кінематичну шорсткість, підвищене зношування інструменту, а також в процесі твердої обробки виникають високі температури, що призводять до значних навантажень на складові технологічної системи.

Високошвидкісна обробка (ВШО) все частіше використовується, а автомобільній, авіаційній промисловості, а також інших областях машинобудівного виробництва. Дослідження в області високошвидкісної обробки різанням показують зниження сил різання в деякому певному діапазоні швидкостей. При невеликих перетинах зрізу в даному діапазоні швидкостей основна маса тепла концентрується в стружці та разом з нею видається із зони різання, не встигаючи переходити в заготовку та нагрівати її. Тому основний принцип високошвидкісної обробки - малий перетин зрізу стружки, що знімається в процесі обробки та висока швидкість різання, і відповідно високі обороти шпинделя та висока хвилинна подача.

Німецький вчений Ефенберг на підставі різних літературних даних розділив обробку різанням в залежності від швидкості різання на наступні види: традиційна обробка ($V \leq 500$ м/хв); високопродуктивна обробка ($V = 500-2500$ м/хв); високошвидкісна обробка ($V > 2500$ м/хв); та ультра-високошвидкісна обробка ($V > 7400$ м/хв). Найбільше значення для визначення швидкості різання при високошвидкісній обробці мають в першу чергу матеріал, що оброблюється (рис.1) та ефекти, пов'язані з силовими характеристиками і температурою в зоні різання. Німецький вчений Шульц визначає високошвидкісну обробку, як обробку зі швидкостями різання в 5-10 разів більшою, ніж традиційна обробка.

Високошвидкісна обробка має наступні переваги: зменшення часу обробки; збільшення обсягу матеріалу, що знімається в одиницю часу; зменшення сил різання і потужності, що витрачається на різання при однаковій продуктивності зняття матеріалу, що обробляється; поліпшення якості поверхні,

що обробляється; підвищення точності розмірів і форми деталі; відсутність вібрацій при різанні; відсутність задирок; зменшення теплового потоку на деталь; зменшення або повне виключення операцій подальшої обробки; економія використання інструментальних матеріалів; підвищення гнучкості.

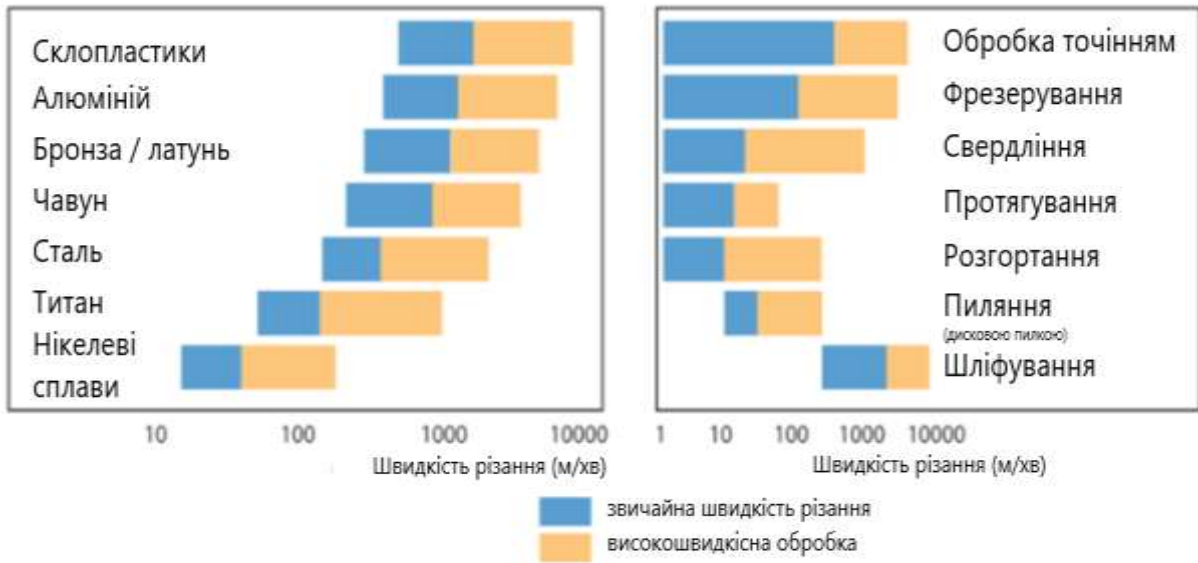


Рис. 1. Діапазони швидкостей різання при ВШО в залежності від матеріалу та способу обробки різанням

Слід відмітити, що збільшення швидкості різання завжди підвищує продуктивність обробки. Але при цьому існує певна межа після якої збільшення швидкості різання негативно впливає на продуктивність та якість обробки. Тому на сучасному етапі розвитку технологій обробки різанням існує тенденція підвищення продуктивності обробки - при певній високій швидкості різання підвищувати подачу інструмента (особливо при чорновій обробці). При цьому подача збільшується в два рази в порівнянні з традиційною обробкою. Така обробка називається високопродуктивною обробкою (ВПО). В більшості випадків збільшення подачі при високій швидкості різання обмежується потужністю шпинделя з інструментом при цьому підвищується якість поверхні, що обробляється. Порівняння високошвидкісної і високопродуктивної обробки за різними критеріями наведено на рис. 2.

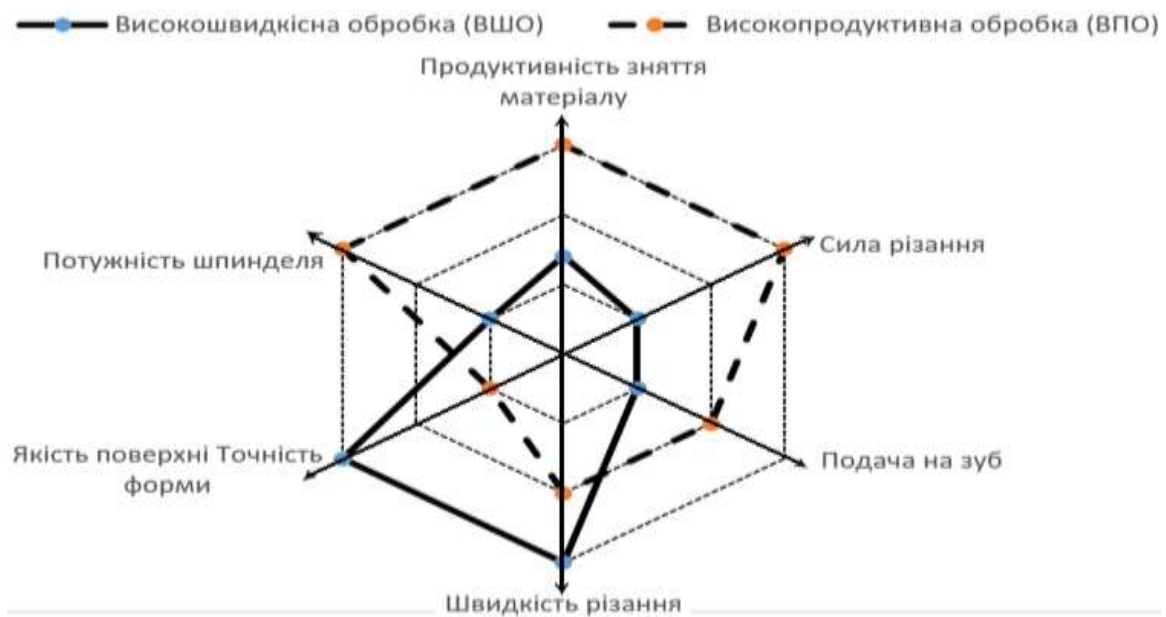


Рис. 2. Порівняння високошвидкісної та високопродуктивної обробки

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ РУХУ МЕТАЛЕВОЇ СТРУЖКИ В ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЇЇ ДО ПЕРЕРОБКИ В ПРИСТРОЯХ БАРАБАННОГО ТИПУ

В машинобудуванні при механічній обробці деталей утворюється велика кількість металевої стружки, яка, з одного боку, є відходами механообробного виробництва, а з іншого – цінною сировиною для металургійної промисловості й порошкової металургії.

При обробці різанням металевих заготовок застосовують мастильно-охолоджуючу рідину (МОР). Кількість рідини, що покриває поверхню стружки при виході із зони різання, складає приблизно 30 % від маси стружки. При транспортуванні стружки, її відстоюванні і стоці кількість МОР, що змочує її, зменшується до 8–10 %. При транспортуванні неочищеної стружки забруднюються дороги, вагони, складські платформи. Крім того, безповоротно втрачається значна кількість мастила.

При переплавці такої стружки спостерігається її вигорання до 30%. При цьому вигорає в основному залізо і леговані елементи (20–25 % хрому, 40–45% марганцю, 12–16% вольфраму та ін.) [1, 2,]. Авторами [2] встановлено, що для виробництва легованих сталей і феросплавів допустимо застосовувати стружку, яка містить на поверхні не більше 1 % домішок МОР.

Для очищення стружки від залишків МОР розроблено багато різних конструкцій сушильних і миючих машин, в конструкціях яких використовуються механізми типу циліндра, що обертається, встановленого під кутом до горизонту. Для визначення продуктивності таких пристроїв необхідно вирішити задачу по переміщенню твердих часток в порожнині барабана, яка зводиться до визначення часу руху сипкого матеріалу по шорсткій поверхні, що обертається, від моменту завантаження матеріалу в барабан до моменту вивантаження. Це дасть можливість розраховувати продуктивності таких пристроїв.

Метою роботи є теоретичні та експериментальні дослідження для визначення часу руху в порожнині барабана часток металевої стружки та шламів, що дасть можливість розраховувати продуктивність устроїв барабанного типу.

При проведенні експериментальних досліджень виконана статистична обробка даних відносно нелінійної моделі з подальшою її перевіркою на адекватність фізичному процесу.

Отримано математичну залежність для розрахунку часу руху стружки в устроях барабанного типу а також математичні моделі одночасного впливу двох факторів, частоти обертання барабану та кута його нахилу, на час пересування частинки по барабану. Доведено, що теоретична модель співпадає з практичними результатами. Результати проведених досліджень представлено графічно у вигляді поверхонь відгуку. Вперше отримано математичні залежності для розрахунку продуктивності барабанних пристроїв на базі яких побудовано номограму для розрахунку основних параметрів барабанних пристроїв.

Висновки. Отримані результати можуть бути рекомендовані для розрахунку пристроїв барабанного типу які використовуються для підготовки металевої стружки та шламів шліфувальних верстатів при їх проектуванні.

Список використаної літератури:

1. Кипарисов С. С. Проблемы получения порошков и изделий из них с использованием в качестве сырья стружковых отходов / С. С. Кипарисов, О. В. Падалко // Порошковая металлургия. – 1979. – № 9. – С. 56–65.

2. Волобуев В.Ф. Заготовка и переработка вторичных металлов / В. Ф. Волобуев, И. И. Довгий, Н. В. Анкудинов. – М. : Металлургия, 1980. – 408 с.

Яригін В.А., студент
Вислоух С.П., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ, ОТРИМАНИХ ШЛЯХОМ 3D ДРУКУ

Вступ. 3D друк є прогресивним методом створення деталей, механізмів та їх прототипів. Дану технологію є сенс використовувати в одиничному виробництві для невідповідальних деталей механізмів та корпусів складних пристроїв. Для виготовлення прототипів важливо отримувати деталі з необхідними параметрами якості поверхонь та відповідними розмірами.

На сьогодні метод 3D виготовлення деталей має досить широкі можливості мобільності, простоти налаштування та є відносно простим в застосуванні. Оператор, маючи не високий рівень підготовки, може успішно виготовити деталь або механізм за цією технологією. 3D друк дозволяє друкувати лінії товщиною 0.2 мм, що на перший погляд є досить точним. Точність друкування також залежить і від інших параметрів – точність переміщення і позиціонування сопла та плавність його ходу. Ці параметри відрізняються в кожній моделі принтера. Покращити вказані параметри в більшості випадків досить важко або практично не можливо. Тому, за таких умов, доцільно використовувати програмні налаштування друку деталі.

Постановка задачі дослідження. Процес виготовлення деталі за допомогою технології 3D друку є досить простим і включає в себе п'ять основних етапів: розробка 3D моделі; вибір параметрів друку моделі та операція слайсингу; вибір або корегування налаштувань принтера; друкування моделі; постобробка моделі. На кожному з цих етапів перед оператором та (або) конструктором постає задача оптимізації параметрів моделі або налаштувань принтера для отримання необхідного результату.

При проектуванні 3D моделі конструктор повинен враховувати певні особливості друку на 3D принтері, а саме: твори та пази малих розмірів або нероз'ємні рухомі з'єднання, що виготовляються в процесі друкування, можуть заплавитися. Потрібно враховувати одну з суттєвих переваг технології – можливість отримання великих порожнин складної форми та конфігурації всередині об'єму деталі. При проектуванні також потрібно врахувати необхідність видалення підтримок з цих порожнин, що використовувались при друкуванні [3].

Після вибору всіх необхідних налаштувань запускають слайсинг, що полягає в розбиванні моделі на набір плоских шарів, які відчутно впливають на якість друку, виконують налаштування температурних режимів роботи принтера, котрі залежать від виду пластику, яким проводиться друк. Далі слідує технічна підготовка принтера до друку та, відповідно, друкування моделі [1].

В результаті друку отримуємо деталь, що за розмірами і формою відповідає раніше створеній 3D моделі. Проте якісь поверхонь в більшості випадків залишає бажати кращого. На плоских перекриттях часто утворюються раковини та виступи внаслідок недостатньої товщини перекриття. Часто використовують постоброблення деталей з метою їх пригонки та покращення показників якості поверхонь і, відповідно, естетичного вигляду. За умови друку деталей механізму складної форми, котрі передають рух або використовуються як з'єднання, постоброблення є досить довгим і трудомістким процесом, адже, в основному, проводиться вручну.

В результаті аналізу методології 3D друку встановлено, що доцільно визначити оптимальні параметри друку деталі, а саме товщину перекриттів та стінок, для покращення якості та зменшення трудовитрат при постобробленні деталі або практично повного його виключення. Тому поставлена задача дослідження впливу вказаних параметрів на якісні характеристики виготовлення деталей методом 3D друкування.

Експериментальні дослідження. Для проведення досліджень впливу параметрів друку на якісні характеристики готового виробу обрано деталь типу «шестигранник». Проектування 3D моделі виконано в пакеті програмного забезпечення (ПЗ) Solid Works та збережено в форматі STL для подальшої обробки слайсером. Вибір цієї програми обґрунтовано тим, що ПЗ КОМПАС дає набагато меншу ступінь дискретизації 3D моделі в порівнянні із обраним пакетом [2].

Кожен досліджуваний зразок мав свій порядковий номер, який, окрім функції ідентифікації, вказує розташування зразка під час друку. Програмне налаштування принтера виконане за допомогою ПЗ для слайсингу CuraEngine. Дана програма є кращою за інші аналоги тому, що вона не перевантажена надмірною кількістю налаштувань, є простою в опануванні та переважає за відносним показником якості отримуваних поверхонь.

Для проведення експериментальних досліджень виготовлено 8 зразків з різними параметрами налаштувань слайсера. При проведенні досліджень вхідні параметри варіювалися в таких межах:

товщина перекриття δ_1 – в діапазоні від 0,5 мм до 3 мм; товщина бокової поверхні δ_2 – в інтервалі від 0,5 мм до 5 мм; швидкість друку V – в діапазоні від 30 мм/с. до 60 мм/с. Зазначені діапазони параметрів δ_1 і δ_2 не є граничними, для обох показників мінімальним є значення 0,2 мм, а максимальне – обмежується лише розмірами деталі.

Отримані зразки підлягали вимірюванню їх основних характеристик: шорсткості поверхонь; розмірів деталі. Вимірювання шорсткості поверхні здійснювалось за допомогою профілометра MarSurfPS1, а визначення розмірів досліджуваних зразків виконувалося мікрометром МК1 0-25.

Обробка та аналіз результатів експериментальних досліджень. Для обробки результатів проведених досліджень, що виконувались згідно з планом повного факторного експерименту ПФЕ 2^3 , застосовано методику багатовимірної регресійного аналізу. Це дозволило отримати залежності вихідних параметрів шорсткості отриманої поверхні R_a , розмірів $A1$, $A2$ і $A3$ від режимів друкування деталей – товщини перекриття δ_1 , товщини фронтальної поверхні δ_2 та швидкості друкування V .

$$R_a = 12.4 + 7.79\delta_1 - 1.49\delta_2 - 0.2V - 0.619\delta_1\delta_2 - 0.102\delta_1V - 0.05\delta_2V ;$$

$$A1 = 20.6 - 0.11\delta_1 + 0.008\delta_2 - 0.002V + 0.018\delta_1\delta_2 + 0.0021\delta_2V - 0.001\delta_2V ;$$

$$A2 = 20.4 + 0.019\delta_1 - 0.019\delta_2 - 0.0017V - 0.0013\delta_1\delta_2 + 0.0005\delta_1V - 0.0003\delta_2V ;$$

$$A3 = 20.18 - 0.069\delta_1 - 0.025\delta_2 - 0.0019V - 0.01\delta_1\delta_2 + 0.001\delta_2V - 0.0008\delta_1V .$$

Аналіз отриманих залежностей показав, на шорсткість отриманих зразків найбільше впливає швидкість друкування – з її зростанням шорсткість зменшується, а показники товщини бокової поверхні та перекриттів – практично не впливають на шорсткість.

Характер отриманих залежностей показано на рисунках 1-3.

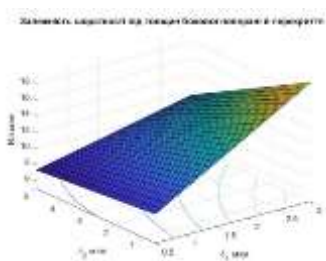


Рис. 1. Залежність шорсткості від вхідних параметрів δ_1, δ_2 при $V=30$ мм/с

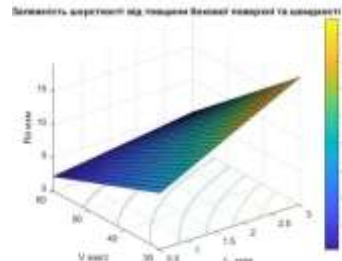


Рис. 2. Залежність шорсткості від швидкості та товщини бокової поверхні при $\delta_1=0.8$ мм

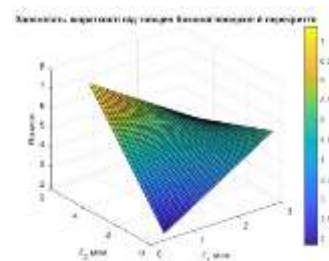


Рис. 3. Залежність шорсткості від вхідних параметрів δ_1, δ_2 при сталій швидкості $V=60$ мм/с

З рисунку 1 видно, що найкращу шорсткість поверхні, за умови мінімальної швидкості, отримано при максимальних значеннях товщини бокової поверхні та мінімальних значеннях товщини перекриття. Аналогічні результати отримано при максимальній швидкості (рис. 3). На рисунку 2 наведено графік залежності шорсткості поверхні деталі від швидкості та товщини бокової поверхні із сталим значенням товщини поверхні $\delta_1=0.8$ мм.

Висновки. В результаті проведених досліджень та обробки їх результатів отримано математичні залежності шорсткості та розмірів деталі від товщини поверхонь перекриття й бокової поверхні. Визначено як параметри швидкості друку та товщини перекриття й бокової стінки впливають на якість 3D друку деталі та встановлено залежності розмірних показників деталі та її шорсткості до вхідних параметрів 3D принтера.

Дослідження параметрів процесу 3D друкування доцільно продовжити. За отриманими результатами можна визначити оптимальні налаштування 3D принтера і, в подальшому, дослідити вплив температурних режимів і їх зміни на якість поверхонь деталі.

Список використаної літератури:

1. Яригін В.А. Аналіз параметрів, що впливають на якість 3d друку / В.А Яригін., С.П. Вислоух // Materials of the 20th International Scientific and Technical Seminar «Modern questions of production and repair in industry and in transport», March 23-29, 2020, Kosice, Tbilisi, Georgia. – С. 180–183.
2. Чонка Е.Я. Аналіз точності формування поверхонь деталей виготовлених на 3d-принтері / Е. Я Чонка, В.С. Антонюк // Збірник праць XV Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» 10-11 грудня 2019 року – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури. – 2019. – С.197–200.
3. Яригін В.А. Методологія покращення характеристик міцності деталі, що виготовлена методом 3d друку // В.А Яригін., С.П Вислоух.// Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 6–9 листопада 2019 р. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка». – 2019. – С. 209–213.