

МАШИНОЗНАВСТВО, ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.91.01:004.94

**Voloshko O.V., Assistant
Vysloukh S.P., PhD, Assoc. Prof.**

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

METHOD FOR INCREASING OPERATING CHARACTERISTICS OF DEVICES' DETAILS

An important problem of modern instrument production is the quality increasing and reliability of produced products and increasing their life cycle. This can be achieved by obtaining the corresponding values of the details' operational properties, the most important of which are wear resistance, corrosion resistance, fatigue strength, contact stiffness and strength of press compounds.

These properties depend mainly on the state of the details' surface layer, namely: on the surface irregularities (roughness, wavelength, direction of inequalities); physical state (degree of deformation, strain hardening, crystalline structure); residual stresses, etc.

Consequently, the operational characteristics of the details depend on such technological factors: composition, structure, physical and mechanical properties of the material being processed; method of producing the workpiece; material, geometry, geometry and wear of a cutting tool; used lubricant-coolant; vibration in the system of the machine-tool-detail; machining modes.

In modern production, the purpose and technological providing of the details surfaces' parameters are not always sufficiently substantiated, which leads either to overestimating the requirements and to increase the cost of details, or to understate their reliability.

From literary sources it is known that the details' producing from the same material but according to different technologies and processing modes leads to a significant change in the surface layer quality, while the durability and reliability of the details differ significantly.

To increase the productivity of technological processes of details' producing with specified characteristics and to ensure the effectiveness of used equipment is possible by solving optimization problems on the basis of mathematical and computer simulation.

Computer modelling is one of the effective methods for state researching of any objects. It provides an opportunity to explore objects in dynamics. At the same time, it is possible to manage the duration of the research, to carry out repeated tests of the initial model, to receive various characteristics of the object in numerical or graphical form, to find the optimal design solution without the production of prototype samples. Computer modelling is based on the use of final elements' method, final difference method, node potentials method, etc.

The main idea of the final elements' method is that any continuous value such as temperature, pressure, displacement, etc. can be approximated by a discrete model, which is based on the set of piecewise continuous functions defined on the finite number of sub-regions. Bulk-continuous functions are established using the values of a continuous value in the finite number of points in the given area.

One of the most important stages of final element analysis is the application of a final elements' grid to a model of the object under researching. In this case, the calculations accuracy depends on the correct choice of types and dimensions of the elements.

The type of element must correspond to the problem which should be solved in terms of the process physics and have an appropriate mathematical description. So, to perform a final element analysis, it is necessary to use several elements and models that are focused on solving specific issues.

The modern progressive software environment for solving the engineering analysis tasks is FEMAP, which allows the creation of details' final element models, complex products and systems, and perform the analysis of the results. FEMAP helps to clearly present a behaviour pattern of the research product.

Determine the surface layer's parameters of the detail during its mechanical treatment and check the correctness of the cutting modes purposed can be through computer modelling by the finite elements' method, means of which receive an adequate model of detail's elastic-deformed state. As a result, the calculated dependencies for the determination of the forces allowable values and cutting moments are formed, as well as the necessary formulas for determining or correcting the cutting modes for the particular technological conditions of the detail's machining.

Thus, ensuring the necessary values of the devices' details operational properties is relevant and necessary at the modern stage of instrument production development. The solution of the issue for details' operational characteristics increasing can be provided by computer modelling of the detail's surface state after its machining and the development of methods and tools for establishing rational cutting modes, taking into account the workability of the detail's material and the processing properties of the cutting tool.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА 3D ПРИНТЕРІ

Налагодження сучасного виробництва потребує нових підходів, врахування додаткових факторів при виборі обладнання та технологій. Так, крім звичайних показників продуктивності, якості та безпеки враховуються додаткові вимоги до оптимізації виробництва, які можна втілити тільки за рахунок пошуку нових рішень.

Зокрема, саме розвиток сучасних адитивних технологій та технологічного обладнання, які їх реалізують, все глибше інтегруються в процеси та розробку нових механізмів і пристроїв різного призначення і вимагають підвищення точності виготовлення деталей та елементів

Адитивні технології – це технології які дозволяють додавати матеріал шляхом пошарового нанесення за визначеними траєкторіями руху робочих органів, визначеними в програмі керування.

Обладнання з багатовісної системою руху можна реалізувати двома методами: послідовною і паралельною кінематикою.

У багатовісній системі з послідовною кінематикою кожен привод пов'язаний з єдиною віссю руху. Незв'язана багатовісним система генерує небажаний рух у багатьох ступенях свободи, яке не може бути виявлено його внутрішніми метрологічними датчиками послідовної кінематики і, отже, є частково неконтрольованою.

Послідовну кінематику періодично називають незв'язаною системою руху, в той час як паралельна кінематика є зв'язаною системою. У паралельній кінематичній багатовісній системі всі приводи управляють однією рухомою платформою, загальною для декількох координат, що дозволяє зменшити розмір, інерцію переміщень, а також усунути мікротертя.

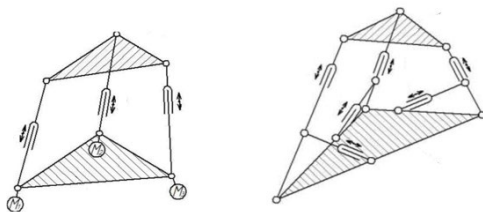
При паралельній кінематиці всі рухи відбуваються всередині серво-петлі, незалежно від того, який привід або зовнішні перешкоди їх викликає, що забезпечує співвісність, повторюваність і площинність. Позавіскові перешкоди, зовнішні або внутрішні, можуть бути демпфовані сервоприводом.

Паралельні кінематичні системи перевершують системи послідовної кінематики і полегшують реалізацію прямої паралельної метрології, а також прорахунок всіх контрольованих ступенів свободи

Найпоширеніші типи механізмів паралельної структури, в основному, точно визначають їх кінематичну структуру і специфічні властивості і відрізняються функціональними призначеннями, кінематичною структурою, ступенями свободи, принципом дії і конструктивним виконанням, які діляться на дві групи:

а) повнопаралельні – механізми, в яких кількість (n) ступенів свободи (F) виконуючого органу (ВО) дорівнює кількості кінематичних ланок (m), кожна з яких має індивідуальний привід за допомогою якого реалізуються задані координатні переміщення (Рис.1 а).

б) неповнопаралельні – механізми, в яких кількість (n) ступенів свободи виконуючих органів більше, ніж кількість кінематичних ланок (m), кожна з яких має два і більше індивідуальних приводів переміщень (Рис.1 б).



а)

б)

Рис. 1. Механізми паралельної структури: повно паралельні (а); неповно паралельні (б)

На точність виготовлення виробів на 3D принтері з механізмами паралельної структури впливає точність позиціонування виконуючого органу, пружність матеріалу, та жорсткість каркасу.

Для визначення похибки, які виникають при жорсткості каркасу, потрібно також враховувати вплив всієї системи «каркас-деталь-робочий інструмент».

Вирішення наведених проблем можливе за рахунок використання каркасних конструкцій несучих систем; підвищенні швидкості і точності переміщення робочого органу за рахунок використання механізму паралельної структури в конструкціях обладнання.

Застосування модульного принципу виготовлення виробів на 3D принтерах дозволяє зменшити час та витрати на проектування, складання і переналагодження; створення програмного забезпечення для автоматизації керування робочим органом, та зменшення похибки друку деталей, цим самим значне підвищення точності їх виготовлення.

УДК 621.9.04:515.12

Барандич К.С., к.т.н, ст. викл.
Іванов Д.Є., студ., 5-й курс, гр. ПБ-81мп, Приладобудівний факультет
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ГЕНЕРАТИВНИЙ ДИЗАЙН ТА АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Генеративний дизайн упевнено займає своє місце у професійному середовищі й зараз використовується для найбільш амбітних та складних проєктів. Актуальність генеративного дизайну полягає у тому, що він використовує математичні моделі. Можливості генеративного дизайну дозволяють працювати з великими масивами інформації і на їхній основі обирати найкращі моделі й рішення, а також створювати візуалізації цих даних.

Генеративні технології зразком ефективного інтегрування останніх досягнень матеріалознавства, інформаційних, лазерних, іонно-плазмових та інших наукоємних технологій, а також теорії управління, оптимізації технологічних процесів і конструкцій, сучасних технологій лиття, тощо. Сьогодні ці технології затребувані в тих галузях, де є потреба в зниженні маси виробу, наприклад – в військовій промисловості, аерокосмічній галузі, суднобудуванні, медицині та інших.

Генеративний дизайн (англ. Generative Design) – підхід до проектування і дизайну цифрового або фізичного продукту (сайт, зображення, мелодія, архітектурна модель, деталь, анімація і т.д.), при якому людина делегує частину процесів комп'ютерним технологіям і платформам [1]. Дизайнер, інженер, розробник безпосередньо не шукає рішення поставленої задачі, а описує її параметри і обмеження програмі, після чого та створює (генерує) варіанти рішення, які формують бачення продукту [2]. Генеративні системи напівавтоматично створюють і первинно відбирають варіанти рішень, що змінює характер взаємодії людини з системою.

Однією з відомих систем промислового дизайну є на сьогодні Autodesk Dreamcatcher [3], яка дозволяє вирішувати прикладні завдання конструювання і проектування з урахуванням різних вимог до матеріалів, способу виробництва, ефективності: користувач завантажує вимоги до конструкції, система знаходить безліч алгоритмічно синтезованих рішень і пропонує їх користувачеві для оцінювання або коригування завдання.

Генеративний дизайн оснований на адитивному виробництві. *Адитивні технології* (3D-друк) – одна з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (друку, вирощування) за даними цифрової моделі. Друк здійснюється спеціальним пристроєм – 3D-принтером, який забезпечує створення фізичного об'єкту шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу на основі віртуальної 3D-моделі. Найбільшого поширення в практичному застосуванні отримало всього 5 технологій: SLA технологія – стереолітографія; SLS – селективне лазерне спікання; MJM – метод наплавлення; DLP технологія наплавлення; FDM – пошарове укладання полімеру.

Технології 3D-друку переживають на даний час етап бурхливого зростання і розвитку. Це призвело до того, що на ринку представлено низку різних за конструкцією і використовуваною технологією обладнань 3D-друку.

На сьогоднішній день, існує безліч вихідних матеріалів для об'ємного друку, які можуть бути представлені у вигляді пластику, піску, металу, паперу, воску, тощо. Найпопулярніший пластик – це ABS, з якого виготовляють більшість прототипів виробів, і PLA – біорозкладний пластик, з якого виготовляють упаковку і одноразовий посуд. Крім того, використовуються спеціальні види пластиків, які розчиняються у воді (PVA) або спеціальному розчиннику. Такими матеріалами можна друкувати допоміжні структури, які після закінчення видаляються, і вони часто використовуються в 3D-принтерах, що дозволяють одночасний друк деталей і механізмів з декількох матеріалів та з різними механічними і фізичними властивостями.

3D-принтери, як правило, дозволяють швидше виконати етапи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, виготовлення деталей, мають помірну вартість, прийнятну навіть для невеликих підприємств і прості в освоєнні та експлуатації, ніж інші технології адитивного виробництва.

Використання генеративного дизайну і 3D-принтерів може якісно змінити продукцію приладобудування, машинобудування, будівництва та інших галузей, але необхідні САПР, що забезпечують їх інтеграцію в звичайний процес проектування.

Програми на зразок AutoCAD і Компас3Д вже автоматизували багато задач в роботі інженерів. А зараз, на зміну їм приходить покоління генеративного програмного забезпечення, що дає змогу навчатися і самостійно продукувати нові гіпотези того, як може виглядати готовий продукт.

Siemens PLM Software створила таку САПР для машинобудування – це Solid Edge ST10. Це перша САПР, що дає можливість в повній мірі використовувати переваги генеративного дизайну і адитивних технологій.

Для приладобудування та машинобудування особливий інтерес представляє можливість оптимізації форми та конструкції виробів, що приносить швидкий ефект у вигляді економії матеріалів і енергоресурсів, а також збільшення продуктивності. Саме цей вид генеративного дизайну реалізований в Solid Edge ST10 [4].

Рішення, отримане в результаті геометричної оптимізації, можна відразу ж відправити на 3D-друк, але функціонал Solid Edge ST10 цим не обмежується. У десятій версії цієї САПР вперше застосовується технологія об'єднаного моделювання, що дає можливість редагувати продукт генеративного дизайну.

По завершенні процесу оптимізації робота над деталлю може бути продовжена. Конструктор може додавати, редагувати і видаляти елементи, можуть виконуватися булеві операції. Геометрична оптимізація – безсумнівний крок вперед, а Solid Edge ST10 – проривна система автоматизованого проектування.

Таким чином, Solid Edge ST10 не просто забезпечує застосування якісно нової технології генеративного моделювання, але ще і пропонує зручну можливість модифікації результату. Комп'ютерна оптимізація геометрії виробів дає незвичайні варіанти геометрії. Вона дозволяє знизити їх вагу без погіршення характеристик міцності, оптимізувати витрати матеріалу, відповідно знижуючи вартість виробу. Однак при всьому цьому відразу ж виникає питання про технологічність його виготовлення.

Маючи оптимізовану модель можна переконатися в несприятливості традиційних способів виготовлення деталей, таких як обробка металів різанням, тиском. Єдиний спосіб, за допомогою якого можна виготовити деталі навіть складної форми – лиття, але він досить затратний з точки зору використання енергоносіїв, а також має високу вартість. З точки зору виготовлення деталей складної конфігурації велику перевагу мають саме адитивні технології, а саме 3D-друк.

Ефективне використання адитивних технологій та технологій комп'ютерного інжинірингу, включаючи оптимізацію, дозволяє створювати оптимальні за різними експлуатаційними характеристиками (вага, жорсткість, міцність, вібраційні характеристики, довговічність та ін.) і якістю виробу, машини та конструкції нового покоління, причому – проектувати, виробляти і виводити продукцію на ринок в гранично короткий термін.

Генеративні технології для поліпшення характеристик і виду своїх продуктів використовують Toyota, Boeing і інші корпорації [5].

Таким чином, напрямок генеративного дизайну, в основному, використовує способи «кодування» процесів. Найчастіше, це програми, алгоритми, процедури та ін. Оцінювання цих процесів здійснюється комп'ютером. Конструктор задає параметри, алгоритми, які можна використовувати, щоб варіювати процеси генерування моделі і те, як вона обчислюється. При модифікації цих параметрів можна створювати нові елементи і форми дизайну, які створюються під час процесу. Перевіряючи результати і зміни в процесі, виконуючи знову і знову «перекодування», генеративний дизайнер удосконалює процес і, можливо, остаточний результат. Оскільки різні САПР, що включають технології генеративного дизайну оперують різними алгоритмами та математичними моделями, доцільно оцінити результати проектування одного і того ж виробу за допомогою декількох САПР. Метою дослідження вище наведеного аналізу є, використання технологій генеративного дизайну для вдосконалення конструкції деталей приладів та забезпечення їх експлуатаційних характеристик.

Література:

1. *Канягин В.Н.* Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления дизайн-барьера. — Издательство Политехнического университета, 2012. — С. 37.
2. *Метелик Т.С.* Генеративный метод проектирования и способы его реализации в графическом дизайне // Бизнес и дизайн ревю : журнал. — 2017. — Т. 1, № 2(6). — С. 11.
3. *Дизайн: от создания вещей к проектированию будущего* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://design-thinker.livejournal.com/52932.html>
4. Генеративный дизайн: на пороге новой эпохи проектирования [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/nanosoft/blog/345500/>
5. Как устроено творчество машин: примеры применения генеративного дизайна [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ukit.ai/blog_ru/kak_ustroeno_tvorchestvo_mashin_primery_primeneniya_generativnogo_dizajna/2018-03-06-23

УДК 621.01:621.77.04

Бець Ю.В., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
О.С. Бондарчук, студ., гр. ПМ-137, ФКІТМР
Васюнін А.О., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Давидюк М.О., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Кирилюк В.С., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Прилипка В.В., студ., гр. ТМ-136, ФКІТМР
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Житомирський державний технологічний університет

АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

«Адитивні технології» (Additive manufacturing), або АF-технології (АF – 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.

Адитивні технології відрізняються одна від одної вибором матеріалів і способу їх нанесення, проте у всіх випадках створення моделі ґрунтується на пошаровому нарощуванні. Передбачається, що готова деталь не потребує традиційної механічної обробки. Отже, адитивне виробництво – це один спосіб виготовлення деталей і предметів з різних матеріалів поряд з литтям, прокатом, штампуванням і різкою.

Витратними матеріалами може послужити пластик, бетон, гіпс, дерев'яне волокно, полікарбонат, метал і навіть живі клітини. Існує два способи нанесення матеріалу:

- струменевий (моделювання методом наплавлення (Fused deposition modeling), Polyjet);
- лазерний (пошарове ламінування (Laminated object manufacturing), селективне лазерне плавлення (Selective laser melting), селективне лазерне спікання (Selective laser sintering), лазерне наплавлення металу (Laser metal deposition) і стереолітографія (Laser stereolithography)).

Світовими лідерами в області адитивних технологій є Сполучені Штати Америки, Німеччина, Китай, Японія. Крім того, в 22 країнах вже створені національні асоціації по адитивним технологіям, що об'єднані в альянс GARPA. Наприклад, корпорація «Боїнг» завдяки 3D-друку виготовляє понад 22 тисячі деталей 300 найменувань для 10 марок комерційних і військових літаків. Американське космічне відомство NASA оголосило про успішне випробування на вогнестійкість інжектора ракетного двигуна, виготовленого за допомогою селективного лазерного плавлення. Німецький концерн Siemens заявив про перехід з традиційних методів виробництва деталей для пальників газових турбін на технологію селективного лазерного плавлення. У Китаї пройшли перші випробування винищувача з несучою конструкцією, яка була надрукована з порошку титану. А компанія Southern Fan представила найбільший у світі 3D-принтер (28 метрів в довжину, 23 метра в ширину і 9,5 метра у висоту), здатний друкувати металеві деталі з максимальним діаметром до 6 метрів і вагою до 300 тон. Компанія Local Motors за допомогою 3D-друку виготовила перший придатний для поїздок автомобіль під назвою Strati.

АF-технології мають багато переваг у порівнянні з традиційними технологіями. Інноваційні АF дозволяють виростити «деталь в деталі», деталь зі змінними по товщині властивостями матеріалу; сітчасті конструкції, які не можна отримати за допомогою лиття або механічної обробки. Використовуючи біонічні принципи, можна спроектувати і виготовити, наприклад, ендопротез порожнистими кістками. Один з істотних плюсів АF – можливість миттєвої передачі цифрової моделі в будь-яку точку світу і організацію, в найкоротші терміни, локального виробництва в будь-яких масштабах. При використанні АF економія сировини може досягати 75 відсотків.

Далеко не всі вироби економічно доцільно робити за допомогою адитивного виробництва, але є очевидна ніша – це штучне і дрібносерійне виробництво унікальних деталей з дорогих матеріалів, і в тих випадках, коли вартість верстатної обробки висока. Насправді це дуже велика ніша, починаючи від ремонту і відновлення деталей складних агрегатів і індивідуальних протезів, до створення унікальних деталей складної конфігурації.

На сьогоднішній день ринок установок для адитивного виробництва ділиться на три сегменти. Перший сегмент складається з дешевих 3D-принтерів для офісів, орієнтованих на виготовлення концептуальних макетів. Другий сегмент – обладнання середньої вартості для створення прототипів деталей з різним ступенем точності і / або функціональності. Дешеві і середні за вартістю установки зазвичай працюють з полімерним матеріалом. Третій сегмент – установки високого класу, які коштують від двохсот тисяч до двох мільйонів доларів. Вони працюють з полімерами, металевими і керамічними порошками, за їх допомогою можна виготовляти великогабаритні деталі.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що використання адитивних технологій в машинобудуванні є перспективним.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ І НАДІЙНОСТІ КАРДАННИХ ШАРНІРІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЙ N

Підвищення надійності деталей транспортних засобів є одним з пріоритетних напрямків розвитку техніки на найближче десятиріччя. Найважливіша якість, яка характеризує надійність транспортних машин, довговічність, визначається терміном служби і ресурсом. Теорія надійності дає можливість визначити вплив різних факторів на ресурс, а спільно з методами і засобами технічної діагностики – оцінити залишковий ресурс.

Практичне значення проблеми ресурсу транспортних машин дуже велике. Збільшення ресурсу приведе до значної економії матеріалів, енергетичних і трудових витрат, які сьогодні використовуються на поповнення парку транспортних машин та на їх ремонт. Особливе значення має проблема прогнозування ресурсу транспортних машин за результатами діагностики їх стану в заданих умовах експлуатації. Прогнозування ресурсу транспортних машин включає встановлення залежності його від усіх зовнішніх і внутрішніх факторів, тому розробку методів прогнозування залишкового ресурсу силових агрегатів слід розглядати як одну із невід'ємних частин загальної проблеми ресурсу.

Прогнозування ресурсу за реалізацією відкриває додаткові шляхи для одержання економічного ефекту і дозволяє не тільки попередити можливі відмови і непередбачені досягнення граничного стану, але і більш правильно планувати режими експлуатації, профілактичне обслуговування і забезпечення запасними частинами. Більше того, перехід до прогнозування ресурсу за реалізацією збільшить середній ресурс транспортних машин, оскільки зменшує частку силових агрегатів, передчасно знятих для ремонту, і відкриває шлях до обґрунтованого вибору оптимального терміну експлуатації. В ряді випадків рентабельна експлуатація може бути продовжена в умовах зниження навантажувально-швидкісного режиму, тому прогнозування ресурсу за реалізацією розглядається як система управління процесом експлуатації і технічного обслуговування транспортних машин.

Оцінка ресурсу силових агрегатів і вузлів машин розглядається як ціленаправлений процес, який дозволяє виявити потенційні відмови в агрегатах та системах і забезпечити своєчасне прийняття рішення або видачу управляючих дій до виникнення фактичної відмови. Використання результатів оцінки ресурсу силових агрегатів машин в процесі управління їх роботоздатністю дає значний ефект і дозволяє збільшити ступінь використання ресурсу силових агрегатів на 30...40 %, зменшити питомі витрати, пов'язані з усуненням відмов, на 10...15 %, збільшити тим самим безвідмовність елементів на 10...20 %.

За наявними даними відмови деталей машин становлять понад 65% загальної кількості відмов карданних передач. Зовнішніми вибраковувальними ознаками шарніра є підвищений зазор, стук у з'єднанні, перегрів деталей, втрата мастила. Зазвичай виявляється, що канали змащування забруднені загуслим або закоксованим мастилом у суміші з пилом і частками металу, робоча поверхня шипів і стаканів підшипників зі слідами брінелювання (руйнування втискуванням, що відбувається, коли статичні зусилля в місці контакту криволінійних поверхонь призводять до появи локальних пластичних деформацій в одному або обох дотичних елементах, у результаті чого відбувається незворотна зміна контактної форми поверхні), втомних викришувань і задирів, голки підшипників частково зламані, а іноді мають ограновану форму. Інші ж фактори, як, наприклад, згинні моменти внаслідок кутового зміщення осей ведучого і веденого валів агрегатів трансмісії, осьові зусилля при компенсації змінної довжини карданного вала при русі транспортного засобу, інерційні навантаження від невірноваженості обертових мас, циклічний характер дії навантажень, конструктивні особливості виконання окремих елементів деталей, наявність і сортність змащувальних матеріалів, стан ущільнень і т. д. сприяють або розвитку, або уповільненню процесу зношування і руйнування вузла.

Для підтвердження основних причин недостатньої довговічності карданних шарнірів необхідно провести детальніший аналіз можливих величин зазорів. При призначенні мінімальної величини зазору в шарнірі конструктор виходить із розрахунку забезпечення рухливості спряження без ризику заклинання тіл кочення за будь-яких допустимих викривлень геометричних форм і розташування поверхонь (допуски на круглість, циліндричність, співвісність і т. д.). Максимальна ж величина зазорів зазвичай визначається технологічними чинниками, тобто точністю виконання номінальних розрахункових розмірів. За існуючої технічної документації для автомобільних шарнірів, наприклад VI і VII типорозмірів, діють відповідно такі норми граничних зазорів у спряженні: мінімальний робочий зазор 0,030 і 0,015 мм; технологічний зазор 0,067 і 0,057 мм; загальний зазор 0,097 і 0,072 мм.

Крім того, на величину можливих максимальних зазорів у спряженні можуть додатково впливати: допуск співвісності щодо загальної осі протилежних шипів хрестовини до 0,006 мм; допуск співвісності отворів вушок вилки до 0,006 мм; допуск биття зовнішньої поверхні обидвома підшипниками щодо посадкового діаметра по голчастих роликах до 0,035 мм; зазори посадки підшипників в отвори вилок до 0,029 мм.

Радіальні сили, що діють на співвісні підшипники, паралельні, але протилежно спрямовані, тому вісь хрестовини не залишається співвісною щодо осі підшипників при прикладанні навантаження від крутного моменту, а зміщується на деякий кут γ до повної вибірки зазорів (рис. 1), який визначаємо залежністю:

$$\Delta\gamma = \frac{E/2}{H/2} = \frac{E}{H}, \quad [1]$$

де E – сумарний діаметральний зазор у спряженні карданного шарніра; H – висота хрестовини.

Залежність [1] вірна при рівності зазорів у спряженні співвісних підшипників. При нерівності зазорів кутове зміщення хрестовини не буде проходити через центральну вісь, тобто буде спостерігатися або вигин хрестовини, або розвертання отвору вилки зі зміщенням осі хрестовини щодо осі карданного вала.

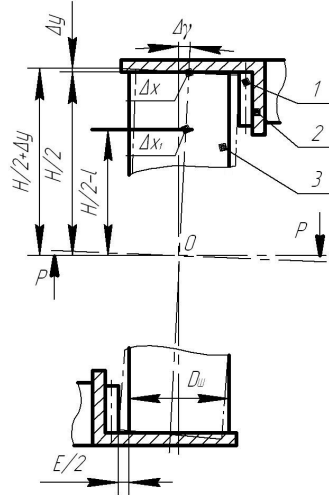


Рис. 1. Вплив геометричних параметрів карданного шарніра на нелінійність контакту шипа з голчастими роликами підшипника: 1 – голчастий ролик; 2 – обойма підшипника; 3 – шип хрестовини.

Рекомендації щодо зменшення шкідливого впливу зазорів з технічної точки зору можна поділити на дві групи: 1) надання спряженим деталям, переважно хрестовині, таких форм, які б піддавалися згинним деформаціям, 2) зменшення зазорів або надання контактуючим поверхням заздалегідь заданих форм (сідлоподібність внутрішньої поверхні обойми підшипника, бочкоподібність або конусоподібність шипів, голчастих роликів, обойм підшипника), що дозволить зменшити нелінійність контактуючих тіл по довжині, принаймні за межею робочих радіальних зазорів.

До пропозицій першої групи слід віднести виконання внутрішнього каналу для підведення мастильного матеріалу у вигляді зрізаного конуса із розташуванням більшого діаметра до торця хрестовини, а також ексцентричне зміщення осі мастильних каналів двох протилежних шипів відносно центральної осі шипів у напрямку, протилежному прикладеному навантаженню.

До пропозицій другої групи можна віднести: зміщення отворів у вушках вилок відносно загальної осі у площині прикладання радіальних навантажень на величину, що дорівнює половині радіальних зазорів у підшипнику, причому у ведучих вилках – за напрямом дії крутного моменту, а в ведених – у зворотному напрямку; виконання голчастих роликів у формі зрізаного конуса, розташованого меншим діаметром до торця шипа хрестовини, з різницею більшого і меншого діаметрів 20–25 мкм; виконання складальної обойми підшипника запресовуванням кільця-обойми у втулку зі змінним перерізом з припущенням, що доріжка кочення набуде конусоподібної форми; виконання зворотного конуса на внутрішній поверхні обойми підшипника на величину робочого зазору; виконання внутрішньої поверхні обойми підшипника сідлоподібної форми.

Пропозиції першої групи, що стосуються хрестовини, безперспективні, оскільки вона, крім сприйняття контактних тисків, сприймає згинні напруги. Нерівномірність же перерізів при термообробці викликає поява неоднакових структур і внутрішньої напруги. Крім того, ускладнюється технологія виготовлення хрестовини.

Щодо пропозицій другого роду, то зміщення отворів у вушках вилок теоретично можливо, але практично складне у виконанні, тому що технологічно простіше домогтися співвісності отворів, піддаючи їх обробці з однієї установки на прохід, ніж забезпечити зміщення їх у різних напрямках. До того ж, на фланцевих вилках, що використовуються одночасно як ведучі та ведені, таке зміщення викличе різну уніфікацію останніх, ускладнюючи виготовлення фланців та складання шарнірів. Не слід забувати також про реверсивний характер роботи шарнірів.

Конусність шипів хрестовини сприяє зменшенню мінімального робочого зазору і полегшує монтаж підшипника, в той час як виконання зворотного конуса в обоймі підшипника, а також голчастих роликів з більшою основою, навпаки, ускладнює технологію складання підшипникового вузла карданного шарніра і забезпечення правильного положення роликів у зібраному стані, а конусність голчастих роликів, крім того, ускладнить сортування, контроль та орієнтування їх при складанні підшипників.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ГНУЧКИХ СТРУКТУР ВИРОБІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

Прогрес сучасної техніки, розширення кола завдань, покладених на системи управління, високі вимоги до точності, завадозахищеності, швидкодії та іншого призвели до ускладнення електронної техніки і до створення складних систем, призначених для вирішення цілого ряду відповідальних завдань. Ускладнення апаратури може привести до різкого зниження її надійності. Відмова в роботі виробів електронної техніки, які виконують важливі завдання, стає часто подією надзвичайною, а в деяких випадках і небезпечною, наприклад, за умови використання апаратури у медицині, військовій справі, під час космічних досліджень, на транспорті тощо.

Вимоги до виробів електронної техніки постійно зростають у зв'язку з жорсткістю умов їх експлуатації. При цьому існує серйозна проблема забезпечення якісних показників гнучких компонентів, оскільки вони можуть піддаватися великій кількості дестабілізуючих чинників на всіх етапах життєвого циклу. Так, наприклад, модулі, що встановлюються на рухомих об'єктах – автомобілях, літаках, ракетах тощо, у процесі експлуатації можуть піддаватися інтенсивним механічним впливам – ударам, вібраціям, лінійним перевантаженням.

Також слід зазначити, що у багатьох випадках мініатюризація підвищує ризики виробництва та знижує надійність пристроїв електронної техніки, особливо, за умов збільшення інтеграції схем. Існують проблеми створення якісних матеріалів для виготовлення гнучких структур. Стабільність їх геометричних розмірів виявляється меншою, ніж у більшості матеріалів для виробництва традиційних жорстких модулів, отже, внаслідок більш складної структури схем, ці зміщення можуть бути локалізовані та непередбачувані у процесі виробництва.

Однією з серйозних проблем під час розробки вузлів електронної техніки є забезпечення високої якості контактування гнучких структур зі з'єднувачами для їх під'єднання до жорстких частин. При цьому, основною тенденцією розвитку електронної техніки є перехід від традиційних електронних модулів до комутаційних структур на гнучких основах у рамках розвитку в усьому світі напряму гнучкої гібридної електроніки. В умовах мініатюризації виробів електронної техніки застосування гнучких структур, до яких відносяться гнучкі електронні компоненти, елементи гнучкої електроніки, друковані плати й елементи міжз'єднань, забезпечує низку переваг під час створення як стаціонарних, так і рухомих конструкцій. Особливо доцільним видається застосування подібних компонентів для авіаційної та космічної техніки, портативних телекомунікаційних пристроїв, для систем наземного та супутникового зв'язку, військової, побутової та медичної апаратури, а також для пристроїв мікросистемної техніки.

Проблемам розробки та дослідження гнучких структур присвячено багато робіт таких вчених, як Дж. Фільстад, П. Маклід, А.М. Медведєв, О.І. Акулін та інші.

Значний внесок у теорію та практику вирішення завдань щодо забезпечення якісних показників і надійності гнучких структур зроблено К. Нетин, В.М. Борщовим, О.М. Грушевським, Г.А. Бліновим, В.Т. Балабановим, С.М. Семеніним та іншими.

Аналіз тенденцій розвитку виробів електронної техніки та особливостей застосування гнучких структур у їх складі доводять, що мініатюризація апаратури залишається одним із головних напрямків розвитку електронної техніки. Поряд зі зменшенням габаритів і маси електронних пристроїв вона вирішує задачі поліпшення електрофізичних характеристик, функціональних можливостей, точності, швидкодії, надійності, технологічних показників якості – зниження трудомісткості та вартості виготовлення, ресурсозбереження, збільшення обсягів випуску продукції тощо.

Важливу роль у створенні електронної техніки нових поколінь відіграють:

- нові радіоелектронні матеріали з високими електрофізичними параметрами, якість і чистота всіх використовуваних у виробництві матеріалів;
- використання сучасної елементної бази на основі компонентів високого рівня інтеграції, функціональної електроніки;
- нові прецизійні та високопродуктивні технологічні процеси, що реалізуються в умовах вакуумної гігієни (вимог технологічного мікроклімату), і сучасне технологічне оснащення високого рівня автоматизації та інтелектуалізації;

- розширення сфери застосування нових принципів функціонування приладів, у тому числі спільного використання різних фізичних явищ у конкретних пристроях;
- використання нового принципу конструювання та виготовлення апаратури на основі гнучких структур, що забезпечують покращення експлуатаційних властивостей виробів електронної та мікросистемної техніки з розподіленою, зосередженою гнучкістю, конструкцій зі змінною формою.

Таким чином, заміна жорстких компонентів апаратури на гнучкі з метою підвищення їх якості, функціональних можливостей, надійності та зменшення габаритно-масових характеристик, трудомісткості виготовлення, вартості, а також розробка технологічної оснастки для виробництва електронної техніки, що використовує особливості гнучких структур, є актуальними завданнями.

У компонентах гнучкої гібридної електроніки використовуються плівкові діелектричні матеріали, гнучкі електронні компоненти та рухомі конструкції пристроїв мікросистемної техніки, гнучкі та гнучко-жорсткі багатошарові друковані плати та шлейфи, які об'єднані поняттям «гнучкі структури». У цьому застосуванні вони дозволяють вирішити питання більш щільного компонування вузлів апаратури.

На основі гнучких структур створено також засоби технологічного оснащення технологічного процесу виготовлення та контролю компонентів мікро- і нанотехнологій. Таким чином, гнучкі структури відіграють значну роль як у výroбах електронної техніки, так і у технологіях їх виробництва.

Міцність гнучкої конструкції забезпечується розподілом навантаження між різними ділянками за умови збільшення навантаження, що і виключає перевантаження окремих ділянок. Інший варіант забезпечення міцності – дві жорсткі деталі з'єднані гнучкою перемичкою, і вся ця конструкція представляє одну деталь, під час подачі навантаження зігнутися може тільки гнучка ділянка, яка дозволяє жорстким частинам увійти у жорсткий контакт між собою або утворити з'єднання «вал-втулка» і зберегти необхідний контакт після зміни форми конструкції.

Мікросистемна техніка дозволяє отримувати відомі раніше властивості іншими способами та з виграшем у габаритно-масових і електрофізичних характеристиках.

Наприклад, мікроелектросистемний мікрофон і телефон мобільних пристроїв виготовлені на кремнієвій підкладці, де створена повітряна порожнина, яка вкрита полімерною плівкою з виділеними на ній квадратами $0,5 \times 0,5$ мм для відтворення високих звукових частот. Загальна площа мембрани добре відтворює низькі частоти. Виготовляється пристрій за КМОН-технологією.

Критерії якості гнучких структур і виробів електронної техніки на їх основі можуть відрізнятися у залежності від призначення та конструктивно-технологічних особливостей того чи іншого об'єкта дослідження. Але як критерії якості технологічного процесу виготовлення гнучких структур можна прийняти оптимальні режими виконання технологічних операцій, а за показники призначення гнучких структур – радіус вигину та кількість циклів до деформації гнучких структур; перехідний опір у контактній парі «виводи гнучких структур – контакти з'єднувача», а також зусилля притиснення гнучких структур до виводів з'єднувача та міцність нерознімних з'єднань у гнучких структурах.

Таким чином, з огляду на результати аналізу предметної області, можна зробити висновок про те, що застосування гнучких структур у складі виробів електронної техніки дозволить істотно підвищити їх якість. При цьому мають місце певні проблеми з технологічного забезпечення якості таких структур.

При цьому особливу увагу варто приділити питанням забезпечення динамічної гнучкості гнучких структур та заходам із захисту їх від механічних впливів.

Також встановлено, що значний інтерес представляє розробка моделі руйнування гнучких структур, а також дослідження напружено-деформованого стану таких структур у складі виробів електронної техніки на етапі їх експлуатації.

ПЕРСПЕКТИВА ЗАСТОСУВАННЯ РАДІАЦІЙНИХ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ ТОНКОПЛІВКОВОЇ МІКРООПТИКИ

На теперішній час існує актуальна науково-практична проблема розроблення і застосування нових методів візуалізації внутрішньої структури поверхні виробів тонкоплівкової мікрооптики, що дозволить з високою ймовірністю оперативно та правильно виявляти браковані вироби в реальному масштабі часу, підвищити швидкість виявлення небезпечних дефектів та забезпечити можливість автоматизації цих процесів. Крім того, автоматичне генерування карти розподілу таких дефектів по поверхні, дає змогу періодично інспектувати пристрої неруйнівного контролю.

Сучасні технології виявлення внутрішньої структури об'єктів контролю дозволяють вирішити великий спектр проблем у багатьох сферах діяльності людини.

Існуючі технології виявлення внутрішньої структури тонкоплівкових структур засновані на використанні електромагнітного опромінення. В більшості своїй вони ґрунтуються на методах обробки зображень. Аналіз цих методів показує, що останнім часом розроблено багато методів виявлення небезпечних покриттів у технічних засобах виявлення, але мало уваги приділяється аналізу візуалізації внутрішньої структури оптичного покриття.

Аналіз внутрішньої структури може значно підвищити ефективність виявлення небезпечних дефектів та надати можливість автоматизувати цей процес та спростити процес контролю.

Задача виявлення небезпечних об'єктів полягає у візуалізації внутрішньої структури оптичного покриття попереднім скануванням іонізуючим опроміненням тонкоплівкового виробу, отримання тінювих зображень з цифровим по-піксельним перетворенням даних для подальшого аналізу масивів, класифікації та надання отриманої інформації оператору або автоматизованій системі керування в зручній для них формі.

Різноманітність виробів тонкоплівкової мікрооптики, широкий спектр параметрів, за якими проводиться контроль, багатоваріантність умов, які підлягають обліку при практичній реалізації оперативного огляду, визначили велику кількість методів та засобів контролю, які знайшли застосування на практиці. Серед них велику роль, якщо не головну, грають методи, засновані на використанні електромагнітного випромінювання надвисокої частоти.

Ефективність розв'язання задач неруйнівного контролю істотно залежить від довжини використаного випромінювання. На одній довжині хвилі тонкі покриття є прозорими, на іншій – повністю відбивають промені. У першому випадку легко виявляються непрозорі включення, у другому – нескладно оцінити якість поверхні.

Залежності відбиття, поглинення, розсіювання, які отримані при зміні спектра випромінювання, дозволяють судити про хімічний та структурний склад поверхневого шару покриття.

Внаслідок взаємодії оптичного випромінювання із речовиною виробу контролю змінюється просторово-часовий розподіл амплітуди, фази, поляризації, ступеня когерентності електромагнітної хвилі. Зміни виявляються в інтерференції, дифракції, заломленні, відбитті, розсіянні, дисперсії хвиль. Можливі також зміни механооптичних, магнітооптичних, акустооптичних характеристик виробів, а також їх фотопровідність. Завдяки великому обсягу інформації про об'єкт контролю стає можливим розв'язати великий круг практичних задач.

Практично у всіх видах неруйнівного контролю випромінюванням використовують однакові фізичні засади для побудови приладів та систем. Майже у всіх діапазонах електромагнітних хвиль використовують єдині явища взаємодії та закони поширення у середовищах.

Однією з основних ознак радіаційних методів є тип використаного детектору. При реєстрації випромінювання радіографічною плівкою чи зарядженими напівпровідниковими пластинами метод має назву "радіографічний". Якщо радіаційне зображення досліджуваного виробу перетворюється в світлове за допомогою радіаційно-оптичних перетворювачів, то метод називається радіоскопічним. Переважна область застосування радіаційних методів – інтроскопія об'єктів контролю.

В процесі радіаційного неруйнівного контролю використовують головним чином три види іонізуючого випромінювання: рентгенівське випромінювання, гамма-випромінювання, нейтронне випромінювання. Джерелами рентгенівського випромінювання у промисловості є прискорювачі електронів (рентгенівські апарати, мікротрони, бетатрони, лінійні прискорювачі тощо) та джерела бета-випромінювання. Для отримання гамма-випромінювання використовують в основному радіоактивні

джерела. Джерелами нейтронів є ядерні реактори, радіонуклідні джерела та прискорювачі заряджених частинок (генератори).

Найпоширенішим видом неруйнівного контролю є радіаційний контроль. Його переваги полягають у проникній спроможності, оперативності, можливості обробки сигналів цифровими методами та засобами. У першу чергу це стосується імовірнісних показників виявлення небезпечних дефектів. Нажаль на сьогодні вони ще далекі від ідеалу: ймовірність правильного виявлення майже одиниця, але ймовірність хибного спрацювання $0,2 \dots 0,3$.

Аналіз методів контролю випромінюванням дозволяє зробити висновки про наявність функціональних елементів, які присутні в радіохвильових, оптичних, теплових методах та радіаційному контролі. Природою всіх цих типів контролю є електромагнітне випромінювання з різною частотою та довжиною хвилі. Цей висновок базується на двох положеннях: природа електромагнітного випромінювання єдина, принципи відокремлення корисної інформації на фоні завад однакові і служать основою для складання узагальненої схеми засобів неруйнівного контролю (рис.1).

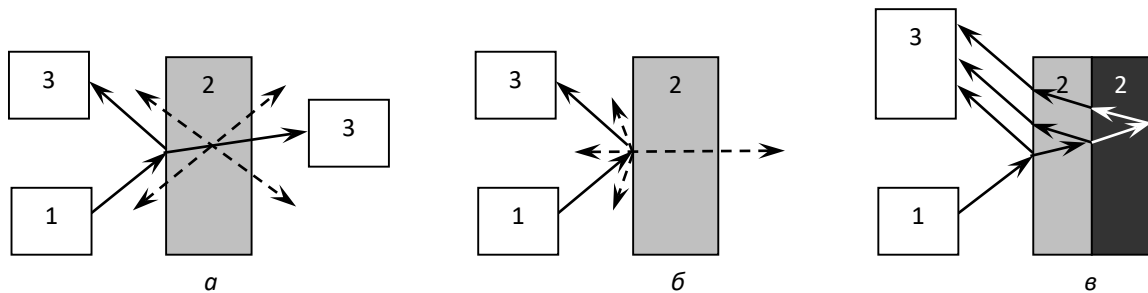


Рис.1. Узагальнені схеми неруйнівного контролю оптичних покриттів з використанням іонізаційного випромінювання: а – контроль прозорого покриття; б – контроль непрозорого покриття; в – контроль багатошарових покриттів; 1 – джерело випромінювання; 2 – оптичне покриття; 3 – приймач

При цьому відомо, що, за умови достатньо великого відношення сигнал/шум, тип розподілу (гаусівський, релеєвський, райсівський та інші) не впливає на ефективність процедур виявлення сигналу небезпечного рівня об'єкту контролю.

Таким чином сучасні методи неруйнівного контролю виробів тонкоплівкової мікрооптики з використанням іонізаційного опромінення повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати високу роздільну здатність і велику проникну спроможність з метою спостереження виробів тонкоплівкової мікрооптики у 256 градаціях сірого не змінюючи функціональні властивості оптичних поверхонь;
- формувати повне зображення будь-якого об'єкту контролю без обрізаних кутів;
- використовувати цифрову пам'ять;
- забезпечувати миттєву автоматичну обробку зображення об'єкта, опроміненого рентгенівською трубкою та отримувати чітке зображення на телевізійних системах відображення інформації про досліджувані покриття під час безперервного процесу контролю;
- зображення на дисплеї зберігається до отримання зображення від нового об'єкту або доки подається напруга живлення;
- регульовану корекцію градацій повинна забезпечувати збільшення градієнту контрастності об'єктів різної товщини з діелектричних матеріалів різної густини;
- повинні використовуватись методи збільшення чіткості контурів всіх об'єктів електронним збільшенням будь-якої частини зображення на системі відображення інформації;
- не допускати розмивання контурів зображення на системі відображення інформації при електронному збільшенні об'єкту контролю під час його руху

УДК 621.914.22

Бондарчук О.С., студ., III курс, гр. ПМ-137, ФКІТМР
Виговський Г.М., к.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ЧИСТОВИМИ ТОРЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ

Для фінішної обробки плоских поверхонь чавунних та сталейних загартованих деталей в останній час широко використовуються торцеві фрези, оснащені надтвердими матеріалами (НТМ). Доцільність їх використання підтверджується практикою роботи деталей в умовах складного навантаження, тертя, високих температур тощо. Основною перевагою фрез, оснащених НТМ, є можливість забезпечення швидкостей різання на порядок більших, ніж при обробці твердосплавним інструментом, що дозволяє підвищити продуктивність та якість обробки.

Ряд машинобудівних підприємств виготовляють та застосовують для обробки плоских поверхонь різноманітні конструкції чистових торцевих фрез з НТМ, для яких визначені найбільш раціональні режими різання. Більшість з них є повторенням конструкцій стандартних торцевих фрез для чорнової обробки, і, як наслідок, в них не враховані специфічні особливості чистової обробки – різання з малими товщинами зрізу, що у поєднанні зі стандартною геометрією різальних ножів обмежує їх можливість.

Застосування для торцевих фрез ступінчастих схем різання і косокутної геометрії різальних ножів значно впливає на стійкість інструментів, якість та продуктивність обробки. Особливо це важливо при обробці деталей на верстатах з числовим програмним управлінням, багатоцільових верстатах та автоматичних лініях, де велика вартість однієї верстато-хвилини. Актуальність цієї задачі посилюється зі збільшенням питомої ваги чистових методів обробки у загальній трудомісткості обробки деталей (за даними в технологічних процесах виготовлення базових деталей верстатів близько 10 %, а в насособудуванні – до 50 % оброблюваних плоских поверхонь повинні мати шорсткість оброблених поверхонь не більше 1,25 мкм).

При розробці прогресивних конструкцій торцевих фрез косокутного різання основною метою є визначення оптимальної геометрії та режимів їх експлуатації.

Дослідження та вирішення розглянутих питань, які направлені на підвищення працездатності торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь деталей, є актуальною задачею і має велике значення на сучасному етапі розвитку інструментального виробництва та машинобудування в цілому.

Особливістю спроектованих у Житомирському державному технологічному університеті фрез є використання спірально-ступінчастої диференціальної схеми різання та косокутної безвершинної геометрії різальних кромок, що дозволяє здійснити розподіл припуску між ножами за подачею та глибиною різання. Вказані схеми різання менш чутливі до взаємного розташування ножів і забезпечує їх участь в різанні при існуючих биттях різальних кромок, що виникають за рахунок похибок базування та закріплення фрез на верстатах. Крім цього, збільшення глибини різання для ножів, які мають найменший осьовий виліт, дає можливість вирівняти навантаження між ними при коливаннях загального припуску.

Безвершинна геометрія ножів фрез косокутного різання утворена перетином передньої плоскої поверхні та задньої циліндричної поверхні радіусом 6...18 мм. Для забезпечення зрізування тонких зрізів, близьких до радіуса округлення різальних кромок, кут нахилу різальних кромок ножів $\lambda = -(35^\circ - 45^\circ)$.

Особливості спірально-ступінчастої схеми різання безвершинними ножами дають можливість підвищити зносостійкість інструмента при фрезеруванні завдяки: вирівнюванню навантаження і роботи ножами, що приводить до їх рівної зносостійкості; виключення ділянки підвищеного зносу ножів фрез – вершини шляхом застосування косокутної безвершинної геометрії різальних ножів.

Виконані дослідження зносостійкості спроектованих торцевих фрез з використанням методів математичного планування експериментів та пошуку оптимумів за методом крутого сходження показали, що оптимальними режимами експлуатації торцевих фрез за умови забезпечення найбільшої стійкості при обробці сірого чавуну є: швидкість різання $V = 700$ м/хв; подача на зуб $S_z = 0,325$ мм/зуб; задній кут $\alpha_v = 6^\circ$; кут нахилу різальної кромки $\lambda = -45^\circ$; радіус задньої поверхні $r = 10$ мм.

При обробці сталі 45 твердістю 45...48HRC_E визначений характер зносу ножів ступінчастих торцевих фрез в залежності від режиму різання та встановлені оптимальні режими різання: швидкість різання $V = 280$ м/хв, подача на зуб $S_z = 0,25$ мм/зуб; $t = 0,06$ мм при цьому період стійкості складає до 400 хвилин машинного часу при забезпеченні шорсткості поверхні до $R_A = 1,25$ мкм.

УДК 621.941

Боцян Н.О., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР
Гітько Д.О., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР
Степчин Я.А., к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ОЦІНКА УСТАЛЕНОСТІ ПРОЦЕСУ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ З ВРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛИ РІЗАННЯ ТА ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Використання нових інструментальних матеріалів, нових схем різання та конструкцій верстатів дозволяє підвищити продуктивність токарної обробки з досягненням високих параметрів якості обробленої поверхні. Підтримка необхідного рівня якості обробленої поверхні (перш за все шорсткості) протягом усього часу обробки залежить від багатьох факторів, одним з яких є усталеність процесу лезової обробки.

В свою чергу, усталеність процесу обробки напряму залежить від параметрів динамічної якості технологічної обробної системи, основу якої становить металорізальний верстат.

До основних показників динамічної якості верстата відносяться:

- 1) запас і ступінь усталеності;
- 2) відхилення параметрів динамічної системи при зовнішніх впливах;
- 3) швидкодія.

Запас усталеності визначає можливості зміни того чи іншого параметра системи без втрати нею усталеності. Втрата системою усталеності виражається в появі вібрацій або «підривання» інструменту, в нерівномірному стрибкоподібному переміщенні вузлів або в їх заклинювання. Ступінь усталеності визначає здатність системи розсіювати енергію, що вноситься зовнішнім впливом. Чим більше ступінь усталеності по даній частотній складовій, тим швидше затухає перехідний процес, тим менші відхилення в сталих динамічних процесах, наприклад, амплітуди вимушених коливань. Швидкодію системи визначає швидкість завершення перехідного процесу. Швидкодія виражається тривалістю процесу або, інакше, часом загасання перехідних відхилень до значень, менших деякої встановленої величини.

Важливим для оцінки динамічної якості обробної системи є визначення на практиці вагового впливу на втрату усталеності обробки нелінійної залежності характеристики сили різання (і тертя) від швидкості різання – наявності падаючих ділянок діаграми сила – швидкість.

З метою цієї оцінки було розраховано значення зниження характеристики непружного опору за рахунок падіння сили різання про зростанні швидкості (під час виникнення відносних коливань різця та заготовки). Для випадку зовнішнього точіння твердосплавним різцем конструкційної сталі абсолютне значення сили різання при зростанні швидкості визначається за формулою (для економічно-доцільних режимів обробки):

$$F = AV^{-z}, \quad (1)$$

де A – стала, що враховує незмінність усіх параметрів крім швидкості, z – показник степеню.

Рівняння руху обробної системи з одним ступенем вільності матиме вигляд:

$$mq'' + hq' + cq = F(q), \quad (2)$$

де m – маса системи з коефіцієнтом жорсткості c і коефіцієнтом демпфування h , q – координата переміщення відносно усталеного стану системи при відсутності коливань, $F(q)$ – відхилення сили різання від усталеного значення при наявності швидкості q' коливань по координаті q , пропорційної відхиленню швидкості різання.

Відхилення швидкості різання:

$$F(q') = dF = (dF/dV)dV = -HdV, \quad (3)$$

де $H = \left| \frac{dF}{dV} \right| = z \cdot A \cdot V - (z + 1)$ – крутизна характеристики сили різання по швидкості V , отримана диференціюванням рівняння (1).

Тоді рівняння (2) можна представити у вигляді:

$$mq'' + (h - H)q' + cq - F(q) = 0 \quad (4)$$

де $(h - H)q'$ – характеристика непружного опору.

Тобто згідно з алгебраїчним критерієм $(h - H > 0)$ система усталена, якщо крутизна характеристики сили різання по швидкості H менше коефіцієнта демпфування h : $H < h$.

Для реальної обробної системи на основі токарного верстата 16К20 для режимів різання, що відповідають зовнішньому поздовжньому точінню твердосплавним різцем конструкційної сталі ($V = 120$ м/хв, $S = 0,5$ мм/об, $t = 2$ мм) розрахована зміна величини непружного опору в обробній системі з врахуванням нелінійності характеристики сили різання від швидкості різання.

На підставі виконаних розрахунків є можливість зробити такі висновки:

1. Для вибраної обробної системи (токарного верстата КА-280) власна частота домінуючої підсистеми (підсистеми заготовки) становить 168 с^{-1} .

2. Визначений розрахунком коефіцієнт демпфування h в обробній системі при врахуванні впливу характеристики сили різання по швидкості H знижується з 513 кг/с до 335 кг/с .

3. Для розглянутих умов обробна система залишається усталеною, але запас усталеності суттєво знижується, що обумовлює можливість виникнення недопустимих коливань, і відповідно, звужує діапазон вибору режиму обробки та його продуктивність.

УДК 621.82

Бутевич В.В., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР

Добровольський Г.Г., д.т.н., проф.

Ліснухін В.М., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР

Житомирський державний технологічний університет

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ОПОР ШВИДКІСНИХ ТОЧНИХ РОТОРІВ

При експлуатації робочих машин різного технологічного призначення (турбін, роторів генераторів, шпинделів верстатів, високошвидкісних валів технологічного обладнання) велике значення має оцінка їх динамічних властивостей.

Для шпинделів металорізальних верстатів найбільш важливими характеристиками є:

- динамічна жорсткість переднього кінця шпинделя (радіальна та осьова);
- допустимий діапазон частот обертання (без додаткового регулювання підшипників опор);
- частоти власних коливань;
- демпфуючі властивості.

Від цього залежить точність обертання (радіальне та осьове биття) шпинделя, некруглість обробленої деталі, втрати на тертя в підшипниках, температура та довговічність підшипників.

Тривала робота шпиндельного вузла у значному діапазоні частот, навантажень, температур впливає на зміну його основних динамічних параметрів і, відповідно, на достовірність створеної спрощеної схеми (моделі).

Параметри шпиндельного вузла при проектуванні вибирають так, щоб забезпечити максимально більшу жорсткість переднього кінця шпинделя та мінімальні збурення його від приводу. Для особливо точних верстатів власна частота поперечних коливань шпинделя повинна становити не менше 500-600 Гц.

При розрахунках шпинделя, його розглядають як ступінчасту балку (рис. 1), точкові опори якої мають постійну лінійну та кутову жорсткість.

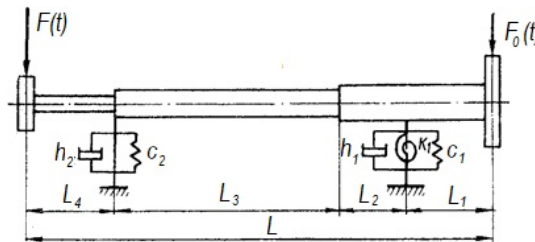


Рис. 1. Розрахункова схема шпиндельного вузла

Найбільший прогин швидкісного вала під дією відцентрової сили, встановленого в жорстких опорах та розташованого вертикально (рис. 2, а) з невідбалансованим диском посередині, без врахування маси самого вала за умови рівності відцентрової сили силі пружності ($m\omega^2(\delta + e) = c\delta$) визначається за формулою:

$$\delta = \frac{e}{\frac{\omega_0^2}{\omega^2} - 1} \quad (1)$$

де δ – найбільший прогин шпинделя під дією відцентрової сили,
 e – ексцентриситет (відстань від осі шпинделя до центра ваги диска),
 ω – кутова швидкість обертання шпинделя,
 ω_0 – його власна частота поперечних коливань,
 c – жорсткість на згин шпинделя.

Тобто зі зростанням частоти обертання валу і наближенням її до його власної частоти прогин δ збільшується і при критичній частоті $\omega = \omega_0$ він теоретично рівний безкінечності – можливий вихід з ладу вузла (критична частота не залежить від ексцентриситету e).

При $\omega > \omega_0$ відбувається самоцентрування вала з диском – прогин зменшується відповідно до рівняння:

$$\delta = \frac{e}{\frac{\omega_0^2}{\omega^2} - 1} = -\frac{e}{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}} \quad (2)$$

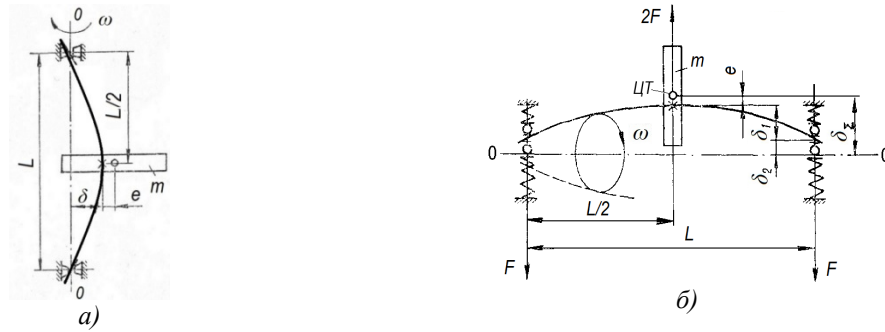


Рис. 2. Схеми до розрахунку критичних частот обертання шпинделя

Динамічна сила F , прикладена до кожної опори абсолютно жорсткого шпинделя, що обертається, за наявності невідновленості диска (опори лінійно пружні, без врахування демпфування) визначається за формулою:

$$F = \frac{m\omega^2 e}{2(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2})} \quad (3)$$

де $\frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$ – коефіцієнт динамічності при нульовому демпфуванні.

Відповідно, при наближенні ексцентриситету до нуля, динамічна сила теж наближається до нуля.

Для випадку нелінійної характеристики пружних опор кочення навіть при відсутності ексцентриситету при обертанні шпинделя може виникати динамічна сила F .

Визначимо вплив нелінійної характеристики пружних опор кочення на величину динамічної сили в кожній опорі (схема рис. 2, б) для випадку залежності деформації від сили у вигляді формули: $\delta_2 = a_0 F^{2/3}$, де a_0 – коефіцієнт пропорційності, δ_2 – зміщення підшипника.

При обертанні шпинделя з кутовою швидкістю ω диск відхиляється від рівноважного стану на величину зміщення δ_2 , яка складається з ексцентриситету e , прогину шпинделя $\delta_1 = 2F/c$ та зміщення підшипника

$$\delta_2 = a_0 F^{2/3}.$$

При обертанні шпинделя, з рівняння рівноваги сил:

$$F = m \frac{\omega^2}{2} (e + 2 \frac{F}{c} + a_0 F^{2/3}) \quad (4)$$

за умови $e = 0$ можна визначити мінімально можливу силу в області до резонансної частоти (і за резонансною частотою), коли відношення $\frac{\omega^2}{\omega_0^2} \rightarrow 0$:

$$F = \frac{m\omega^2 e}{2(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2})} \quad (5)$$

Тоді:

$$F = \frac{m\omega^2 e}{2(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2})} \quad (6)$$

Висновки: З рівняння (6) випливає, що зі зростанням частоти динамічна сила, прикладена до підшипника різко зростає (навіть без впливу резонансу) і для її зниження бажано зменшувати жорсткість опор (a_0) – підшипники кочення встановлювати в пружні опори з лінійними характеристиками, жорсткість яких значно нижча (у 5-10 разів) ніж жорсткість підшипників кочення.

При роботі валів на високих швидкостях обертання рекомендується зниження його власних частот (встановлення підшипників в пружних, плаваючих опорах) і, відповідно, роботу на частотах, більших ніж резонансні (після першої власної частоти).

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТОРЦЕВОЇ ФРЕЗИ ДЛЯ ЧИСТОВОЇ ОБРОБКИ ПЛОЩИН

Чистова обробка площин торцевим фрезеруванням має значені переваги по відношенню до фінішної абразивної обробки:

- при обробці площин торцевими фрезами з надтвердими матеріалами (НТМ) забезпечується точність обробленої поверхні з параметрами шорсткості $R_a = 0,4 \dots 0,8$ мкм та $R_a = 0,8 \dots 1,6$ мкм;
- на відміну від шліфування, продуктивність якого обмежена не тільки малою глибиною різання, але і значною кількістю тепла, що виділяється в процесі обробки і що викликає температурні деформації деталі, фрезерування інструментом, оснащеним НТМ, практично не призводить до утворення дефектів поверхневого шару деталі;
- висока точність обробки, що пояснюється малим розмірним зносом і високою стійкістю інструмента.

Якісні характеристики плоских поверхонь при торцевому фрезеруванні визначаються: формою різальних кромок інструмента; процесами пластичного деформування у зоні стружкоутворення; динамікою процесів різання при багатозеловому переривчастому різанні; похибками установки та закріплення заготовки на верстаті; нерівномірностями припуску; похибками установки і закріплення фрези на верстаті та взаємного розташування різальних ножів фрез, тощо.

У більшості випадків основними вимогами до якості оброблених плоских поверхонь чистовим торцевим фрезеруванням є шорсткість обробки та відхилення від площинності. Значною мірою вищезазначені характеристики залежать від стабільності положення формоутворюючих різальних ножів у процесі різання.

При нестационарному процесу різання виникають змінні сили різання, які призводять до деформацій корпусу фрези, в якому закріплені різальні ножі, що негативно впливає на якісні характеристики оброблених деталей та вимагає проведення додаткових досліджень.

Дослідження напружено-деформованого стану спроектованої торцевої фрези діаметром 360 мм виконувалось для випадку напівчистового процесу обробки фрезеруванням площин деталей із сірого чавуну СЧ21 твердістю 160-250 НВ. Корпус фрези було виконано із сталі 40, різальні ножі оснащені НТМ та розміщені за спіралью-ступінчастій схемі різання.

З урахуванням сучасних вимог до скорочення термінів виконання проектно-конструкторських робіт з одночасними вимогами до підвищення їх якості, важливим є застосування CAD/CAM/CAE - систем. Формування граничних умов та дослідження напружено-деформованого стану торцевої фрези виконувалось в модулі CAE (Computer-Aided Engineering) SolidWorks Simulation, який інтегрований у програму SolidWorks CAD.

Розрахунки напружено-деформованого стану торцевої фрези (числові значення переміщень різальних кромок ножів фрези) виконувались при навантаженні фрези силами різання (осьовими, радіальними та тангенціальними). Також визначались напруження у вузлах закріплення різальних ножів у корпусі фрези клино-гвинтовим механізмом.

У результаті дослідження:

- встановлені параметри обчислювального процесу нелінійного статичного аналізу та проаналізовані граничні та кінематичні умови;
- підтверджена адекватність формування граничних та кінематичних умов для контактних нелінійних задач, що є ключовим фактором для отримання результатів з високою точністю;
- для зменшення помилок дискретизації, що підвищує точність розрахунків, та найбільшої ефективності використано Mesh Control;
- визначено, що складові сили різання створюють значний відтиск різальних ножів від оброблюваної поверхні, причому його максимальні значення становлять у осьовому напрямі 0,00232 мм, радіальному – 0,0002 мм та тангенціальному – 0,001 мм;
- зазначено, що величина осьового переміщення різальних ножів суттєво впливає на величину мікронерівностей оброблених поверхонь;
- встановлено характер напружень у зоні контакту клина з різальним ножом та у зоні контакту ножа з корпусом фрези та напружено-деформований стан торцевої фрези у зборі;
- розраховані реальні значення зміни положень формоутворюючих різальних ножів у процесі обробки, величини яких обов'язково необхідно враховувати при чистовій фінішній обробці.

Волкогон В.М., д.т.н., проф.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Аврамчук К.І., магістрант

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАЗОВОГО СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ СИСТЕМИ В-N-C НА ЙОГО ФРИКЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основною складовою композиційного матеріалу системи $\text{BN}_n\text{-C}$ є щільні модифікації нітриду бору, які знаходяться в міжфазних сполученнях з алмазом, і мікроструктура таких сполучень та фазовий склад матричної складової змінюється у відповідності до зміни баротермічних умов спікання.

Фрикційні властивості таких композиційних матеріалів також будуть залежати від фазового складу і структурного стану, що важливо зважаючи на перспективу їх використання як інструментального матеріалу, експлуатаційні характеристики якого в значній мірі визначаються саме цією характеристикою.

Висока твердість та висока міцність композиту не є достатніми умовами забезпечення ефективності його роботи, позаяк різальний інструмент повинен мати достатній рівень зносостійкості, яка в значній мірі залежить від температури на його робочих поверхнях.

В зв'язку з цим проведено дослідження фрикційних характеристик композитів системи «вюрцитний нітрид бору–алмаз» різного фазового складу в контакті із сталним контртілом в широкому діапазоні швидкості ковзання і, відповідно, температур в зоні контакту та у порівнянні з композитом–10.

Дослідження фрикційних властивостей проводили на установці МТ-62М при терті по твірній і лінійному контакті (циліндр по циліндру), на повітрі без подачі охолоджувальної рідини в зону тертя. Випробування проводили при постійному навантаженні 2 кгс і швидкості ковзання $V = 6 \dots 14$ м/с, яка змінювалась ступінчато (через 2 м/с).

Зразки композиту мали діаметр 7 мм при довжині 4 мм і знаходились в контакті з контртілом діаметром 100 мм, яке оберталось. В процесі експерименту одночасно і незалежно фіксувались сила тертя і сумарний лінійний знос контактуючої пари, за якими визначались коефіцієнт тертя f та інтенсивність зношування зразка I (мкм/км).

Зразки композиту – 10, що повністю складались зі сфалеритного нітриду бору, спеціально було виготовлено із тієї ж партії порошків вюрцитного нітриду бору, яка використовувалась при отриманні композитів «вюрцитний нітрид бору – алмаз».

Дослідженнями їх фрикційних характеристик встановлено, що в початковий період випробувань збільшення швидкості ковзання фрикційної пари супроводжується поступовим зниженням коефіцієнту тертя та зношення, а при досягненні критичної швидкості ($V = 8$ м/с) формується плівка та стабілізуються основні фрикційні показники пари тертя, які не зазнають суттєвих змін при подальшому підвищенні швидкості ковзання. В даному випадку формування плівки спостерігається при швидкості.

Таку зміну фрикційних властивостей досліджуваної пари тертя можна пояснити наступним. Відомо, що для матеріалів, які характеризуються значною величиною модуля пружності, на пружній ділянці контакту в зоні малих швидкостей ковзання та низьких температур достатня захисна плівка на спряжених поверхнях не має можливості сформуватись і деформування поверхні перетворюється в процес мікрорізання ($V = 6$ м/с).

Подальше підвищення швидкості ковзання, яке супроводжується зростанням температури в зоні контакту, сприяє виникненню захисної плівки достатньої товщини вже при $V = 8$ м/с.

Слід відзначити, що в процесі випробувань пари тертя спостерігається вигладжування контактуючої поверхні контртіла і вона має полірований вигляд, так як знижує шорсткість від механічної обробки, яка явно проявляється на контртілі до його випробувань, що свідчить про наявність періоду припрацювання пари на початкових етапах випробувань.

Зважаючи на те, що полікристалічні зразки композиційного матеріалу на основі щільних модифікацій нітриду бору мають різний фазовий склад та різну складову на основі алмазу, найбільшу цікавість являє собою поведінка на фрикційному контакті саме таких матеріалів.

Висновки. Дослідження зразків на основі алмазів динамічного синтезу показали, що характер зміни основних фрикційних показників в залежності від швидкості ковзання ідентичний показникам для монофазного матеріалу на основі BN_{sf} . Суттєвою відмінністю є те, що темп зносу зразків зі збільшенням швидкості ковзання значно зростає, і це пов'язано, мабуть, зі станом структури зразків, яка характеризується незначною міцністю міжчасткових зв'язків матеріалу при наявності значної його пористості.

УДК 621.91.01

Герасимчук А.О., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Кузьмич К.П., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Левченко В.П., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Житомирський державний технологічний університет

ДУГОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОГО МЕТАЛУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОПОРОШКІВ ОКСИДІВ

Проблема підвищення надійності і довговічності машин, обладнання та приладів є найважливішою на сучасному етапі розвитку техніки. Вона відіграє велику роль в економії металів, трудових витрат і підвищенні ефективності виробництва. Її вирішення нерозривно пов'язане зі збільшенням зносостійкості рухливих контактуючих пар, а також з підвищенням конструкційної міцності елементів конструкцій, що працюють в різноманітних умовах експлуатації.

Вирішення цієї проблеми особливо актуальне, оскільки промисловістю та сільським господарством щорічно витрачаються сотні тисяч тон металу на виготовлення запасних частин і заміну деталей машин, що швидко зношуються. На операції заміни витрачається велика кількість часу, при цьому знижується працездатність машин, збільшується тривалість простоїв агрегатів. Витрати на ремонт та технічне обслуговування в кілька разів перевищують їх вартість і збільшуються щорічно. Підвищення терміну служби деталей машин, що швидко зношуються навіть в малій мірі рівносильно введенню нових виробничих потужностей.

Однією з основних причин, що ускладнюють вибір з існуючих чи розробку нових сталей та сплавів для роботи в умовах інтенсивного зношування є велика чисельність конкретних умов експлуатації із широким спектром параметрів зношування (твердість, міцність, форма, величина та характер прикладання навантаження, швидкість, тиск, температура, наявність корозійного фактору тощо), що у значній мірі визначають зносостійкість матеріалу.

Вивчення зносостійкості на сьогоднішній день проводиться з різних підходів:

1. Взаємозв'язку зносостійкості і фізико-механічних властивостей матеріалу деталей, що зношуються.
2. Залежності зносостійкості від структурного складу матеріалу, що зношується, і змін мікроструктури в процесі експлуатації деталі.
3. Впливу зношувального середовища – хімічного і мінералогічного складу, розмірів і форми абразивних зерен.
4. Умов зношування – температури, величини і характеру прикладення навантаження, швидкості відносного переміщення, ступеня корозійного середовища.

Ці різні підходи не є взаємно суперечливими, тим більше, що фактори, які враховуються в кожному з них, у реальних умовах зношування зазвичай поєднуються в різних комбінаціях.

Фізико-механічні властивості матеріалу залежать від будови кожного зерна в полікристалічному комплексі, а також від структури і властивостей міжкристалічної речовини. Перераховані фактори для кожного матеріалу не постійні, а істотно залежать від хімічного складу, термічної і механічної обробки, технології виготовлення деталей, температури тощо.

Дослідженню впливу структури на зносостійкість сталей і сплавів присвячено багато робіт, у яких відзначалося існування залежності опору сталей і сплавів зношуванню від їх структурного стану, але спроби встановити як якісні, так і кількісні характеристики цієї залежності не мали успіху. Будь-які зміни структурного стану сталі і сплаву природно відбиваються на величині всіх характеристик механічних властивостей і, зокрема, твердості.

Наплавлення – складний процес, що вимагає комплексного вирішення ряду важливих питань: вибору матеріалу для наплавлення, що забезпечує необхідні властивості, які відповідають умовам експлуатації; вибір способу і режиму наплавлення.

Підвищений вміст вуглецю забезпечує високу твердість і міцність матеріалів, однак через невисокий вміст легуючих елементів їх зносостійкість знаходиться на відносно невисокому рівні. Крім цього, при вмісті вуглецю більше 0.5% значно ускладнюється технологія відновлення деталей із зазначених сталей способами наплавлення, що пов'язано з утворенням гартівних структур і появою холодних тріщин в металі навколошовної зони. Появи тріщин можна уникнути, застосовуючи спеціальні технологічні заходи, такі як підігрів деталі до 300...400 °С з подальшим уповільненим охолодженням після наплавлення.

Підвищення ефективності застосування наплавних матеріалів має два шляхи вирішення – або застосування спеціальних легуючих систем та матеріалів, або пошук нових підходів щодо керування структурою і властивостями наплавленого металу без зміни системи легування. Вирішення проблеми за рахунок застосування високолегованих сталей є не тільки неекономічним, але, враховуючи зменшення запасів легуючих елементів на землі, безперспективним. Особливо гостро ця ситуація проявляється в Україні, яка має власні запаси лише заліза, марганцю, алюмінію, титану, а таких необхідних елементів для високолегованих сплавів, як Ni, Cr, V, Mo, W тощо не має. Тож необхідно вирішувати вказану проблему шляхом зміни властивостей наплавленого металу.

Глембоцька Л.Є., к.т.н.
Доманський Я.В., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР
Сич С.О., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР
Житомирський державний технологічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ ОБРОБЛЕННІ СТУПІНЧАСТОЮ ТОРЦЕВОЮ ФРЕЗОЮ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ В СЕРЕДОВИЩІ DEFORM 3D

При обробці плоских поверхонь деталей з важкооброблюваних матеріалів висуваються високі вимоги до технологічного обладнання, і передусім, до різального інструменту. Процес торцевого фрезерування викликає ударні навантаження, нерівномірність протікання процесу різання, вібрації і підвищене зношування інструмента, високі навантаження на технологічну систему, що негативно позначається на стійкості інструментів, продуктивності обробки та на показниках якості обробки.

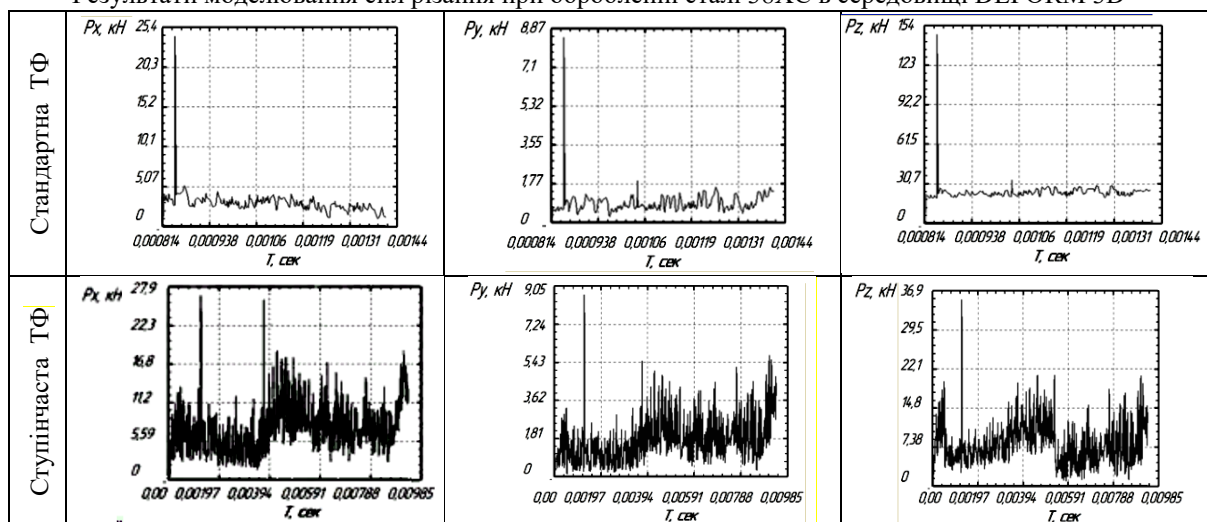
Попередні дослідження впливу форми передньої поверхні ножа торцевої фрези за допомогою фізичного моделювання, дозволили встановити зменшення тангенціальної складової сили різання при обробленні ножами з циліндричною передньою поверхнею ножів. Також за допомогою комп'ютерного моделювання процесу торцевого фрезерування методом скінчених елементів в спеціалізованому інженерному програмному комплексі DEFORM 3D було підтверджено, що використання ножів з циліндричною передньою поверхнею в конструкції торцевих фрез призводить до зменшення площі контакту стружки з передньою поверхнею ножа, в результаті чого, забезпечується зменшення динамічного силового навантаження на ножі в момент врізання ножа в заготовку і під час різання.

Скінчено-елементна сітка заготовки була сформована тетраедричними елементами другого порядку. Механічна поведінка оброблюваного матеріалу описувалася рівнянням Джонсона-Кука.

За допомогою комп'ютерного моделювання процесу фрезерування плоских поверхонь деталей з високоміцної сталі 38ХС, загартованої до твердості 40–45 HRC в середовищі DEFORM 3D визначено сили різання (табл. 1) для однакових режимів різання ($D = 200$ мм, $z = 12$, $B = 80$ мм, $t = 3$ мм, $s = 80$ мм/хв, $n = 200$ хв⁻¹) розробленою ступінчастою торцевою фрезою з циліндричною передньою поверхнею ножів ($\gamma = 16^\circ$, $\alpha = 16^\circ$, $d = 11$ мм) та стандартною торцевою фрезою з плоскою передньою та циліндричною задньою поверхнями ножів ($\gamma = -8^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\lambda = 8^\circ$, $d = 12,7$ мм).

Таблиця 1

Результати моделювання сил різання при обробленні сталі 38ХС в середовищі DEFORM 3D



Отримані результати (табл. 1) показують, що ступінчаста фреза при зазначених режимах різання забезпечує зменшення ударних навантажень під час врізання ножа в 4,17 рази для сили P_z при обробленні високоміцної сталі 38ХС та зменшення середніх значень складової P_z сили різання в 1,5 рази, збільшення P_x – в 2,8 рази та P_y – в 2,7 рази.

Таким чином, розробка та впровадження конструкцій ступінчастих торцевих фрез з циліндричною передньою поверхнею ножів при обробленні важкооброблюваних матеріалів, таких як загартовані високоміцні сталі, забезпечує зменшення площі контакту стружки з передньою поверхнею ножа та покращення умов стружковідведення, зменшення динамічного силового навантаження на ножі, як під час врізання ножа в заготовку, так і під час різання, що призведе до підвищення стійкості інструмента, показників якості обробленої поверхні та продуктивності обробки.

УДК 621.3

Горбатюк О.О., аспір.

Науковий керівник – Антонюк В.С., д.т.н., проф.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гудзь В.В., магістрант, гр. ЗПМ-18м, ФКІТМР

Науковий керівник – Полонський Л.Г., д.т.н., проф.

Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ РЕЗОНАНСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РЕСУРСНИЙ СТАН П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

П'єзоелектричні двигуни набувають широкого використання в різних галузях приладобудування, що дає можливість отримувати нові технічні характеристики приладів на основі специфічних особливостей п'єзoeлементів. Вони мають значні переваги перед традиційними електродвигунами, а саме, пусковий момент або сила прикладається і знімається практично миттєво (10...100 мкс) і при знятті пускового моменту (сили) йде автоматичне переключення на момент (силу) самогальмування. У п'єзоелектричного двигуна унікальна роздільна здатність (~ 1 кут.сек., ~ 1 нм), він є ідеальним позиціонером і зберігає позицію при вимкненні живлення. Двигун може виконувати швидкий реверс (0.5...1 мс) за рахунок високих динамічних властивостей.

Дослідження ресурсних характеристик двигунів ж актуальним тому, що п'єзоелектричний двигун – це двигун тертя, і тому зміна тертя в системі в значній мірі впливає на параметри двигуна, що дуже важливо для п'єзоелектричних двигунів з штовхачами, оскільки, стирання штовхачів приводить до зміни його вихідних параметрів – моменту та швидкості.

Метою роботи є дослідження резонансних характеристик п'єзоелектричного двигуна в залежності від кількості напрацьованих циклів обертання. Дослідження виконували на п'єзоелектричному двигуні РМ-20R з пружними штовхачами і циліндричним кільцевим резонатором стоячих акустичних хвиль.

Для цього використовували стенд контролю резонансних характеристик п'єзоелектричного двигуна, який включав послідовно з'єднані персональний комп'ютер, перетворювач USB-UART, мікроконтролер, підсилювач сигналів генератора збудження п'єзоелектричного двигуна, навантажувальний пристрій двигуна, а також вимірювач швидкості (обертів) та вимірювач струму (рис. 1).

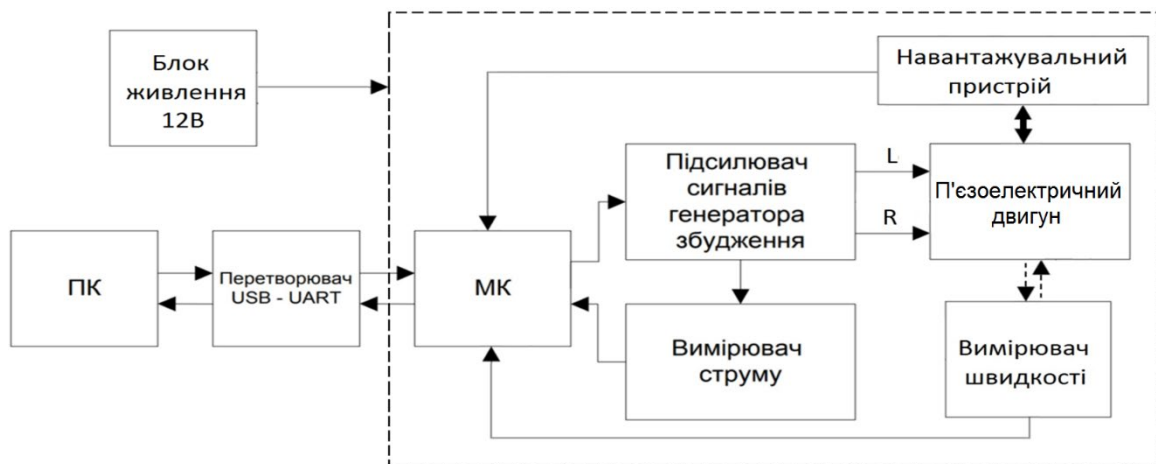


Рис.1. Структурна схема стенду контролю резонансних характеристик п'єзоелектричного двигуна

Вимірювач струму під'єднаний до підсилювача сигналів генератора збудження та мікроконтролера, вимірювач швидкості оптично зв'язаний з валом двигуна та мікроконтролером.

За допомогою навантажувального пристрою задавали робоче навантаження в процесі вимірювання резонансних характеристик, а також виконували вимірювання моменту самогальмування двигуна та пускового моменту. Вимір резонансних характеристик п'єзоелектричного двигуна відбувався наступним чином. Персональний комп'ютер надсилав такі параметри вимірювання на мікроконтролер PIC16F18325, як діапазон робочих частот двигуна (від 70 кГц до 80 кГц); крок зміни частоти генератора збудження

(40 Гц); час утримання частоти генератора ($\approx$ одна секунда); напрямок обертання двигуна (L – проти годинниковою стрілкою, R – за годинниковою стрілкою) та рівень робочого навантаження двигуна.

Після цього мікроконтролер генерував сигнал збудження для п'єзоелектричного двигуна з початковою частотою, яка відповідала правій границі заданого діапазону частот – 80 кГц. Цей сигнал надходив на блок підсилення сигналів генератора збудження для підсилення вихідної потужності, а далі на п'єзоелектричний двигун.

Навантажувальний пристрій виконано на базі електромагнітної муфти ВРМ-6В, а вимірювач швидкості (обертів) виконано на базі оптичного енкодера MOZ-30 (4000 імпульсів на 1 оберт).

Вимірювач струму споживання двигуна реалізований на шунтовому резисторі з подальшим підсиленням напруги на ньому з використанням операційного підсилювача LMV321 1LT. Вихідний сигнал підсилювача фільтрувався низькочастотним RC-фільтром. Відфільтрований сигнал оцифровувався за допомогою аналого-цифрового перетворювача.

Вимірювання продовжували протягом зазначеного часового параметра, а після завершення вимірювання персональний комп'ютер виконував розрахунки струму та швидкості, зберігав отримані дані в файл та будував графіки залежностей струму та швидкості від частоти збудження п'єзоелектричного двигуна. Кількість напрацьованих обертів вимірювали за спеціальною програмою з допомогою вимірювача обертів, яка здійснювала послідовно оберти в одну, то в іншу сторону, та накопичувала кількість циклів. Резонансні характеристики виміряли після кожних 100 тис. циклів.

Для експериментальних досліджень використовували п'єзоелектричний двигун РМ-20R, який представляв собою два незалежних двигуна правого та лівого обертання, з'єднаних між собою через фрикційну муфту, яка реалізована на елементах конструкції самого двигуна.

В процесі експерименту за допомогою спеціальної програми двигун робив по черзі один оберт за годинниковою та один проти годинникової стрілки при середній швидкості обертання 30 об/хв. та робочому моменті 0.015 Н·м.

Це фіксувалось як один цикл. Після кожних 100 тис. циклів виміряли резонансні характеристики двигуна при такому ж моменті. Також фіксували момент самогальмування та пусковий момент в кожному із сторін. З метою підвищення достовірності отриманих результатів експериментальні дослідження виконували на трьох п'єзоелектричних двигунах.

Із отриманих результатів випливає, що в процесі напрацювання відбувалась значна зміна резонансних характеристик. Спочатку, після 200 тис. циклів спостерігалось зростання максимуму резонансної характеристики двигуна (залежність швидкості V від частоти збудження F) в порівнянні з початковим станом. При цьому максимум резонансної характеристики осцилятора (залежність струму I від частоти збудження F) суттєво не зменшився, але ці характеристики стали більш пологими.

Це означало, що при меншій потужності збудження зростала кількість обертів, а саме і ККД двигуна, що пояснюється підвищенням якості фрикційного контакту штовхачів та ротору за рахунок притирання їх в процесі напрацювання.

В роботі представлено розроблений та апробований стенд для контролю резонансних характеристик п'єзоелектричного двигуна в залежності від кількості напрацьованих циклів. Виконані дослідження резонансних характеристик п'єзоелектричного двигуна $V(F)$, та осцилятора $I(F)$, показали, що в процесі напрацювання відбувається значна зміна резонансних характеристик в залежності від кількості напрацьованих обертів.

З точки зору ресурсних можливостей двигуна встановлено, що двигун правого обертання має більші ресурсні можливості, ніж двигун лівого обертання, що необхідно враховувати при довгостроковій експлуатації двигуна.

Гулай О.І., д.пед.н., проф.
Дячук Ю., магістрант, гр. ПМм-51, ТФ
Луцький національний технічний університет

ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ НА ОСНОВІ ЕКСТРАКТУ КОРИ ДУБА

Корозія металів відбувається безперервно і завдає величезних збитків. Підраховано, що прямі втрати металу від корозії в світі вже складають близько 30% від його річного випуску. Вважається, що 10% металу втрачається (в основному у вигляді іржі) безповоротно. Внаслідок інтенсифікації технологічних процесів зростає корозійно-ерозійний вплив агресивних середовищ і механічних навантажень на конструкційні матеріали і покриття, що призводить до передчасного виходу з ладу машин і обладнання.

Одним із способів вирішення цих проблем є застосування технологій інгібіторного захисту. У харчовій промисловості зростають вимоги до екологічної безпечності інгібіторів. Саме тому останнім часом посилену увагу дослідників привертають так звані "greeninhibitors" – сполуки та композиції, отримані з рослинної сировини. Такі інгібітори не мають взагалі або мають несуттєвий негативний вплив на навколишнє середовище, є немутагенними, неканцерогенними продуктами, що швидко біодеградують.

Основними компонентами рослинних екстрактів є поліфеноли, флавоноїди, диглюкозиди, стероїди, каротени, протеїни, заміщені нафтохінони, амінокислоти та ін. Інгібіторні властивості цих сполук, функціональні групи яких містять N, O, S, P, подвійні зв'язки, ароматичні кільця, визначаються їх здатністю адсорбуватись на поверхні металу.

У роботі проведено дослідження корозійної стійкості в присутності водного та спиртового екстрактів дубової стружки елементів вакуумних насосів, що використовуються у технологічному процесі виробництва томат-продуктів на підприємстві «Торчин-продукт». Для дослідження корозійної стійкості з наданого елемента корпусу вакуумного насоса було вирізано зразки прямокутної форми площею близько 2 см² і товщиною 0,3 см. Перед початком проведення експерименту проводили механічну обробку поверхні зразків (видалення продуктів корозії) та знежирення етиловим спиртом, провели вимір площі. Далі поміщали зразок до евідометра в спиртовий та водний розчин дубової кори та нітриту натрію, проводили вимірювання маси після кожного занурення. Протягом певного часу реєстрували виділення водню внаслідок катодного процесу з водневою деполяризацією.

Вихідною сировиною для отримання рослинних інгібіторів була кора дуба червоного європейського (*Quercus Robur*). Екстракцію здійснювали двома розчинниками: водою і 50 % водним розчином етилового спирту. Попередніми дослідженнями встановлено, що сірий чавун має незадовільну стійкість у кислому середовищі. Це зумовило передчасний вихід з ладу вакуумних насосів, що використовують в установках для виготовлення томат-продуктів на підприємстві «Торчин-продукт». Тому для встановлення ефективності дії інгібіторів корозії випробування проводили у найбільш агресивному середовищі – розчині хлоридної кислоти концентрацією 2 моль/л. У корозійноактивне середовище вводили спиртовий (5 і 10 % – зразки 1,2) або водний (10 % – зразок 3) екстракт дубової кори, а для порівняння використали неорганічний інгібітор – 1 % нітриту натрію (зразок 4).

Швидкість корозійного руйнування у присутності 10 % спиртового екстракту дубової кори є значно нижчою порівняно із хлоридною кислотою. Із зменшенням вмісту інгібітора ефективність захисту знижується, однак для обох зразків спостерігається рівномірний перебіг корозійного процесу. Нітрит натрію у даних умовах проявляє властивості протектора корозії – швидкість руйнування зразка порівняно із розчином хлоридної кислоти зростає, а не зменшується.

Аналогічні результати отримано при визначенні втрати маси зразків після 100 год. експозиції у корозійноактивному середовищі. Масовий показник швидкості корозії за гравіметричним методом розраховано за формулою:

$$K_m = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100\% \quad \text{де } m_0, m_1 \text{ маса зразків після видалення продуктів корозії.}$$

Максимальну втрату маси – 1,394 % - спостерігали у середовищі хлоридної кислоти в присутності нітриту натрію, а мінімальну – 0,516 % – при додаванні 10 % спиртового екстракту дубової кори. У цьому випадку досягнуто максимальний інгібувальний ефект, який становить 62 %.

Захисна дія екстрактів та інгібіторів на основі екстрактів рослинної сировини, зокрема, дубової кори, полягає у формуванні на поверхні сталі хемосорбційної плівки, що забезпечує гальмування електродних реакцій. Поверхня зразків набуває характерного для танатів заліза чорного забарвлення, а утворена захисна плівка міцно зчеплена з поверхнею металу. Основною діючою речовиною в цих екстрактах є суміш природних танінів – поліфенольних сполук із молекулярною масою від 500 до 3000. Інгібіторний ефект природних танінів посилюється ще й іншими складовими екстрактів рослин: поліфенолами, флавоноїдами, диглюкозидами, стероїдами, пігментами та інш. Речовини формують на поверхні металу адсорбційні шари, фазові танатні сполуки, що й зумовлює їх інгібіторні властивості.

УДК 621.941

Давидюк М.О., магістр, 1 курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
 Науковий керівник – Яновський В.А., доц.
 Житомирський державний технологічний університет

МЕТОДИ ВІБРАЦІЙНОГО СВЕРДЛІННЯ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ У ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛАХ

Свердління глибоких отворів та отворів малого діаметра є технологічно складним механічним процесом обробки матеріалів різанням, особливо під час свердління в'язких тугоплавких матеріалів таких як нержавіючі сталі, кольорові метали, кобальтові та вольфрамові сплави, через утворення безперервної (зливної) стружки. Головною проблемою цього процесу є ускладнення видалення стружки із зони різання, тому що, зазвичай, стружка не ламається та залишається в оброблюваному отворі, створюючи ефект ущільнення, що призводить до надлишкового напруження та нагрівання інструмента, і може спричинити поломку свердла. Одним із найбільш ефективних методів подрібнення неперервної стружки є застосування вібраційного свердління (вібросвердління), що гарантовано забезпечує подрібнення неперервної стружки будь-якого матеріалу за будь-яких режимів різання. Широке впровадження вібросвердління в матеріалообробці стримується відсутністю простих у виготовленні та експлуатації пристроїв. Тому аналіз існуючих способів і пристроїв для вібросвердління є актуальною науковою та інженерною задачею.

В залежності від частоти вібрації вібросвердління умовно поділяють на: низькочастотне (до 200 Гц), високочастотне (200...15000 Гц) та ультразвукове (понад 15 000 Гц). Ультразвукове вібросвердління використовують для обробки глибоких отворів малого діаметра та отворів високої точності (4–5 класів) у твердих важкооброблюваних матеріалах, оскільки вібрації якісно впливають на механізм стружкоутворення, підвищуючи шорсткість і точність обробки деталі. Низькочастотне вібросвердління використовують для подрібнення неперервної стружки, оскільки під час вібросвердління утворюється сегментна стружка, яка відносно легко видаляється із робочої зони.

Аналіз останніх публікацій показав, що область використання вібраційного свердління за останні 20 років значно зросло. Це пов'язано із появою нових матеріалів та підвищення вимог до точності оброблення отворів. Згідно з результатами досліджень процесу вібросвердління встановлено, що використання вібрації дозволяє зменшити силу різання, необхідну для оброблення матеріалу на 60–70 % та осьове навантаження на інструмент на 25–30 %. Такі висновки зроблені в результаті аналізу проведених експериментальних досліджень, під час яких оброблялись отвори діаметром 9,5 мм, глибиною 20 мм та подачею 0,05 мм/с за частоти до 100 Гц у скляній заготовці. Зменшення сили різання під час вібросвердління дозволяє збільшити довговічність та довжину свердл, що було підтверджено експериментально з використанням свердл довжиною 25 мм. Збільшення довговічності інструмента також підтверджено експериментальними дослідженнями японських вчених під час обробки тонкого листового металу, для виготовлення комп'ютерних плат, товщиною 2,5 мм свердлом, діаметр якого становив 0,7 мм.

Завдяки зменшенню осьового навантаження та крутного моменту на свердло, можлива зміна режиму оброблення шляхом збільшення швидкості свердління. За рахунок більшої подачі без поломки інструмента. Одним свердлом можна виготовити більшу кількість отворів, що підтверджено експериментально. Отримано також результати збільшення довговічності свердла під час вібросвердління за більшої подачі порівняно зі звичайним свердлінням.

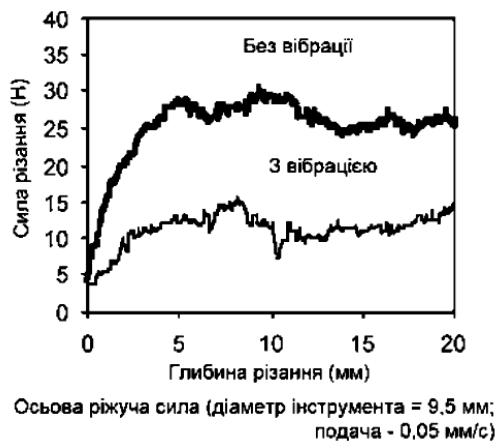


Рис.1. Залежність сили різання від глибини різання під час свердління із застосуванням вібрації і без неї

Дослідженнями, було встановлено, що виконання мікроотворів за допомогою вібросвердління дозволяє отримати більш точні поверхні, ніж під час обробки без вібрацій. Дослідженнями різних авторів доведено доцільність використання вібросвердління для обробки глухих отворів, оскільки під час вібросвердління на дні отвору не утворюються сліди обробки у вигляді концентричних кіл (рис.2), що підвищує точність обробленої поверхні.

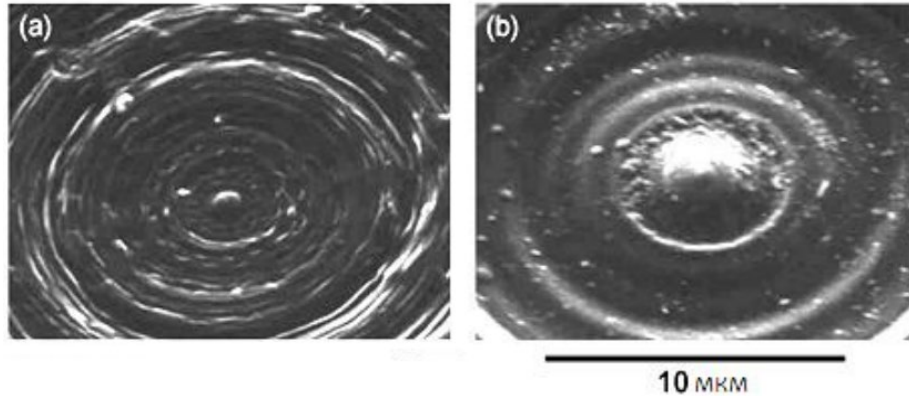


Рис.2. Фотознімки дна глухого отвору під час свердління без вібрацій (a) і з ними (b)

Після обробки отворів звичайним свердлінням на поверхні заготовки утворюються задирки, утворення яких є одним з негативних аспектів процесу свердління. Вібросвердління дозволяє зменшити висоту задирок, що встановлено під час експериментальних досліджень (рис. 3). З фотознімків поперечних перерізів отворів (див. рис. 3) видно, що розміри задирок значно менші у випадку вібросвердління, що є ефективним методом боротьби із задирками, що утворюються під час свердління на вході та виході отвору. Це дозволяє спростити операції зачищення отворів після свердління та зменшити час на виготовлення деталей.

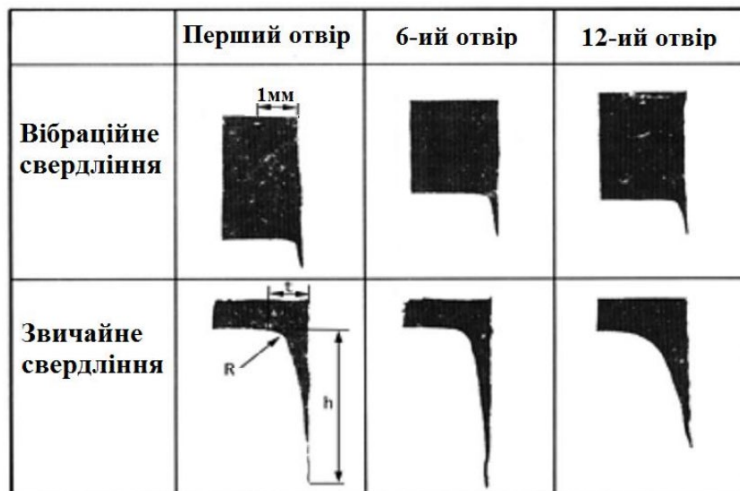


Рис.3. Поперечні перерізи утворених задирок під час свердління з вібраціями та без них

Наведені вище результати досліджень вібросвердління та аналіз способів віброрізання та пристроїв для їх реалізації, показали, що в загальному обсязі використання процесів вібросвердління найбільшу «вагу» має низькочастотне вібросвердління. Пристрої для низькочастотного вібросвердління можуть будуватись з різними типами приводів – механічними, гідравлічними, електричними, електромагнітними та пневматичними. Якщо до процесу вібросвердління не висуваються особливі вимоги, то найбільш швидко можуть бути впроваджені у виробництво прості механічні пристрої типу вібропатронів, які приводяться в дію від шпинделя свердильного верстата.

Висновки. Теоретичними та експериментальними дослідженнями, проведеними зарубіжними та вітчизняними вченими, доведено переваги вібросвердління порівняно з традиційним (безвібраційним). Установлено, що вібросвердління особливо ефективно під час обробки важкооброблюваних матеріалів, яке запобігає утворенню зливної стружки та підвищує точність оброблення. Реалізація вібросвердління може здійснюватись пристроями з різними типами приводів, з яких, за умови відсутності особливих вимог до процесу вібросвердління, найбільш простими та компактними є вібропатрони з механічним приводом від шпинделя свердильного верстата.

УДК 621.91.01

Денисюк О.В., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Яновський В.А., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ДОПОМІЖНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ І ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ ОБРОБКИ

Високошвидкісна обробка — ВШО (High Speed Machining — HSM) і високопродуктивна обробка — ВПО (High Productivity Machining — HPM) є прогресивною технологією для обробки конструкційних та інструментальних матеріалів, що дозволяє скоротити час виробництва, збільшити точність виробів, а також значно підвищити продуктивність. Вона широко застосовується у верстатобудівній, автомобільній, авіаційній та інших галузях машинобудування.

Технологія ВШО передбачає збільшення швидкості обробки зняття металу з оброблюваного матеріалу тільки за рахунок підвищення швидкості різання V , а технологія ВПО — в основному, за рахунок підвищення подач S і (або) глибини різання t .

Переваги ВШО та ВПО визнані у всіх розвинених країнах світу: висока швидкість різання 400 – 3000 м/хв, висока частота обертання шпинделя 10 000 – 40 000 обертів за хвилину, що сприяє зменшенню часу виробничого циклу на 50% і більше, значному підвищенню продуктивності праці, забезпеченню високої якості оброблюваної поверхні (як при шліфуванні).

Високий інтерес технологів-машинобудівників до перспектив розвитку та впровадження технологій ВШО і ВПО визваний наступним:

- 1) необхідністю високопродуктивної і прецизійної обробки деталей з кольорових сплавів, алюмінію, графіту, пластмас та ін., високоміцних легованих і загартованих сталей і сплавів, сплавів з нікелю, титану, керамічних матеріалів, які важко обробляються, тощо.
- 2) необхідністю високопродуктивної і прецизійної обробки деталей малих розмірів для високотехнологічних машин і приладів (так звана мікрообробка);
- 3) появою нових інструментальних матеріалів (кермети, кубічний нітрид бору, полікристалічний алмаз, кераміка на базі нітриду кремнію тощо), стійких до зносу, високих температур та окислення та здатністю працювати на високих швидкостях різання;
- 4) появою нових видів конструкцій різальних пластинок інструментів з універсальними та спеціалізованими багатопаровими Physical Vapour Deposition (PVD – фізичне осадження) і Chemical Vapour Deposition (CVD – хімічне осадження) покриттями, а також інструментів з високою міцністю їх корпусів на згин і розрив, високою стійкістю до дії відцентрових сил, параметри яких оптимізовані до умов технологій ВШО і ВПО.

Підвищенню ефективності технологій ВШО і ВПО сприяє правильний вибір усіх складових факторів задіяних у цьому процесі – CAD/CAM систем, систем ЧПУ з відповідним програмним забезпеченням, конструкції верстата та його шпинделя, допоміжного інструмента (затискні патрони і оправки) для закріплення різального інструмента.

В даний час на машинобудівних підприємствах найбільш розповсюджено високошвидкісне фрезерування кінцевими та торцевими фрезами, свердління, точіння і розточування.

В сучасних умовах технологій ВШО і ВПО інтенсивно впроваджуються у виробництво для обробки деталей складної конфігурації з важкооброблюваних матеріалів. В загальному випадку потрібний рівень швидкості різання v є надзвичайно високим і досягає: для заготовок з кольорових сплавів $v = 7000 \dots 9000$ м/хв.; для заготовок з загартованих сталей $v \leq 2000$ м/хв.; для заготовок з чавуну $v \leq 4000$ м/хв.

Високі швидкості різання потребують проведення досліджень впливу на конструкцію деталі при ВШО та ВПО таких факторів, як величина биття інструмента, вібрації, інерційні навантаження, сили та стійкості інструмента.

Значного зменшення вібрацій інструмента можна добитися не тільки зі збільшенням частоти обертання кінцевого інструмента з виходом на визначенні діапазони частот, але й шляхом регулювання його величини вильоту зі шпинделя в залежності від діаметру, числа канавок, виду кріплення та інших факторів.

У більшості випадків стійкість інструменту пов'язана з величиною биття різальних кромок щодо осі обертання. Биття, що вимірюється навіть сотими частками міліметра, мають суттєвий вплив на стійкість інструменту. Якщо говорити про чистові операції із застосуванням цільних твердосплавних фрез цей вплив особливо великий (кожні 0.01 мм на середньо-розмірних твердосплавних фрез знижує стійкість інструменту в два рази). Ось чому рівень точності інструментальних державок важливий не тільки по відношенню до якості обробки, а й по відношенню до стійкості інструменту та прогнозованості процесу.

Зі збільшенням частоти обертання шпинделя ступінь дисбалансу стає також визначальним фактором. Тому при високошвидкісній обробці величезною перевагою є патрони з індивідуальним балансуванням.

При фрезеруванні процес високошвидкісної обробки можливо організувати при невеликій глибині та високій швидкості різання при малому перетині стружки.

Робота при таких високих обертах висуває підвищені вимоги до застосовування оснащення за величиною дисбалансу. Однак при обертанні на окремі елементи державок осьового інструмента діє відцентрова сила і на високих обертах її значення вже дуже велике.

Для забезпечення високих вимог до встановлення інструменту при ВШО і ВПО для його закріплення в шпинделях сучасних високошвидкісних фрезерних верстатів широко використовують гідропластні (HydroGrip) та гідромеханічні (CoroGrip) затискні патрони і оправки фірми Sandvik Coromat (Швеція).

Гідропластні та гідромеханічні патрони і оправки побудовані на принципі пружних властивостей матеріалу та дозволяють забезпечити високу точність встановлення інструменту та мінімальне його биття. Механізм функціонування таких патронів базується на властивостях пружної деформації тонкостінної сталеві мембрани. Сам гідропласт стискається під дією гідравлічного тиску рідини, яка нагнітається в патрон при закріпленні інструмента поворотом ключа. Гідравлічна оправка, розширюючись, забезпечує центрування фрези, що мінімізує радіальне биття.

На рис.1 наведена конструкція гідропластової оправки (HydroGrip) для встановлення торцевих фрез на сучасних високошвидкісних фрезерних верстатах.

Перевагами такої системи затиску є збільшення в 2-3 рази терміну служби інструменту, мале радіальне биття (0,003 мм), надійна передача обертового моменту при високих швидкостях обробки.

Завдяки балансуванню, надійному закріпленню інструмента та високому зусиллю, що передається такі патрони рекомендуються для використання на частоті до 25 тис. хв⁻¹. Нижче наводиться послідовність встановлення торцевої фрези на високошвидкісній оправці HydroGrip.

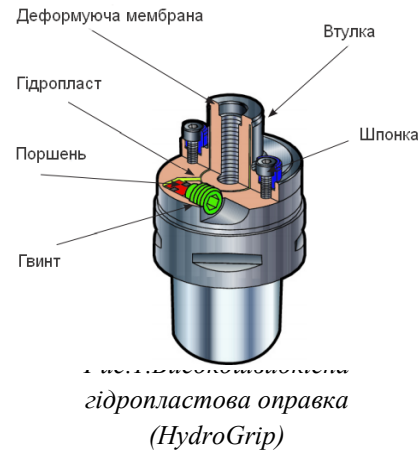
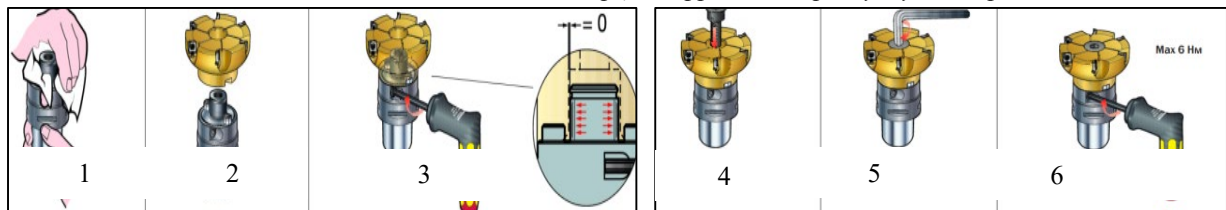


Рис.2 Послідовність встановлення торцевої фрези на оправку HydroGrip:



1. Очистити поверхні фрези і оправки від бруду та задирок; 2. Послабити гвинт на оправці; 3. Насадити фрезу на оправку; 4. Вставити гвинт кріплення фрези; 5. Закрутити гвинт кріплення фрези; 6. Затягнути гвинт на гідравлічній оправці динамометричним ключем (max момент 6 Нм).

Таким чином, перевагами гідропластових патронів HydroGrip є підвищення в 2-3 рази терміну служби інструменту, високоточне встановлення інструменту з радіальним биттям до 0,003 мм; передача високих обертових моментів (до 980 Нм) за допомогою оптимізованої конструкції тонкостінної мембрани та гвинта, що передає високе зусилля затиску; ефективне застосування на високих швидкостях різання; відсутність відцентрових сил через відсутність кріпильних елементів; мінімальне биття, що забезпечує низьку шорсткість обробленої поверхні і стабільність розміру; швидка зміна інструменту; оптимальна стійкість інструмента; гасіння вібрацій завдяки гідропластному середовищу.

Отже, для підвищення ефективності сучасних ВШО та ВПО особливу увагу необхідно звернути на розробку і впровадження нових систем допоміжного інструменту (затискні інструментальні патрони та оправки), які забезпечують надійне кріплення різального інструменту на верстатах є актуальною задачею подальшого розвитку сучасних технологій ВШО і ВПО.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ, ЯКІ ВИЗНАЧИЛИ ВИБІР ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ І КОНСТРУКЦІЇ РІЗЦІВ ДЛЯ ОБРОБКИ СТРУМКІВ ВАЛКІВ РЕЙКО-БАЛОЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

На підприємстві ПАО «Металургійний комбінат «Азовсталь» спільно з фахівцями кафедри технології машинобудування Приазовського державного технічного університету, проведено роботи з впровадження у виробництво технологічного процесу чистової обробки валків рейко-балочного виробництва, на верстаті моделі DXW1250 / з ЧПК CNC- 645.

На основі досвіду чистової обробки валків на металургійних комбінатах «Криворіжсталь», Дніпропетровському металургійному заводі, а також рекомендацій НТК «Институт электросварки Е.О. Патона» НАНУ та фірми WIDIA (Німеччина), можна сказати, що задовільні результати отримані при чорновому точінні калібрів чавунних прокатних валків матеріалу СПХН-49, СШХН-50 інструментальними сплавами ВКЗМ, ВКЗ, ВК6, а для чистової обробки пластинами з мінералокераміки. Впровадження цього інструментального матеріалу стримується несприятливим станом кірки заготовки, такими як пригар, неметалеві включення, раковини. На чистових операціях застосування різальних пластин мінералокераміки хімічно інертної до чорних металів сприяє поліпшенню умов різання і підвищенню якості прокатних валків. Підтвердженням правильності такого вибору служить той факт, що різцями с пластинами цього типу комплектують вальцетокарні верстати провідні верстатобудівні підприємства - «HERKULES» (Німеччина) і КЗТС (Україна). Проведений аналіз, а також вимога низької шорсткості, високої жорсткості деталі і відсутність схильності до вібрацій, дає підставу застосувати для чистового точіння легованих вибілених чавунів (HRC 32...46) різцями оснащеними змінними різальними пластинами круглої форми з мінералокераміки К-91 (г. Киев «КЕРАМТЕХ ЛТД», $\sigma = 750 \div 850$ МПа).

Стійкість цих пластин при обробці сталей, чавунів відповідає стійкості кіборіта, ельбора і в 2...2,6 рази перевищує цей показник для пластин ВОК-71, збільшує його продуктивність в 2,5...5 разів. Для ефективного застосування мінералокераміки розроблені конструкції спеціальних збірних різців (рис. 1) з механічним кріпленням пластин, що мають високоточне і надійне кріплення в адаптері супорта вальцетокарного верстата.

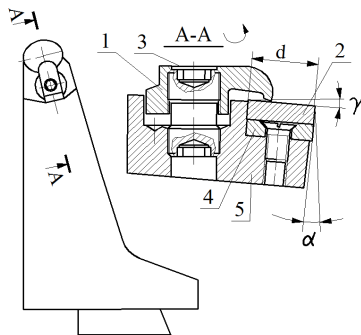


Рис. 1 - Державка різця відігнутого на кут τ , з пластиною круглої

повороту опорної площини різальної пластини. Базові поверхні для установки пластини в державці різця забезпечують точність повторного її позиціонування.

За даними дослідно-промислового виробництва розроблений метод кількісної оцінки точності обробки та виконаний аналіз геометричних параметрів інструменту з урахуванням особливостей вибору режимів різання вальцетокарної обробки.

При обробці різцями, оснащеними мінералокерамікою, слід звертати увагу на стружколоми і видалення стружки із зони різання. Ця особливість повністю відповідає чистовій обробці чавуну, при якій елементарна стружка легко обсипається з передньої поверхні різців. Ефективне застосування інструменту з керамічними пластинами можливе, в першу чергу, на верстатах з ЧПК в умовах жорсткої технологічної системи. Цій вимозі відповідає заготовка валка (маса до 15 т) з базуванням в центрах вальцетокарного верстата.

Висновок. Ґрунтуючись на проведеному аналізі можна зробити висновок, що одним з перспективних шляхів підвищення продуктивності і якості обробки вибілених чавунів є застосування мінералокерамічних різальних пластин. Встановлено, що при однакових умовах різання окисно-карбідна кераміка має значно менший знос задньої поверхні, ніж у твердих сплавів і зовсім немає таких явищ, як поява лунки на передній поверхні.

УДК 621.941

Добровольський Г.Г., д.т.н., проф.
Куліш Ю.І., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР
Наконечний Є.Ю., магістрант, I курс, гр. МБм-135, ФКІТМР
Степчин Я.А., к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ ТОКАРНОЇ ЛЕЗОВОЇ ОБРОБКИ ПРИ НАЯВНОСТІ КООРДИНАТНОГО ЗВ'ЯЗКУ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ОБРОБНІЙ СИСТЕМІ

З розвитком науково-технічного прогресу відбувається постійне зростання продуктивності процесів обробки різанням, що обумовлює більш жорсткі силові та динамічні впливи на обробну систему, основною складовою якої є металорізальний верстат. Одночасне підвищення вимог до точності та рівня шорсткості обробленої поверхні обумовлює необхідність максимально-точної оцінки запасу усталеності реальної обробної системи з визначенням динамічних характеристик пружної системи верстата та процесу різання.

Втрата системою усталеності (або різке зменшення запасу усталеності) може привести до появи вібрацій, «підривання» інструменту, нерівномірного стрибкоподібного переміщення вузлів або їх заклинювання.

Параметри, за якими визначаються якісні показники обробної системи при зовнішніх впливах, вибираються відповідно до конкретних завдань розрахунку або аналізу, тобто за типом завдання і видом критерію для оцінки показників. Такими критеріями є: точність обробки; довговічність (стійкість) верстата, пристосування та інструменту; продуктивність; енергетичні втрати.

При виборі двигуна або системи управління аналіз виконується за параметрами процесів в двигунах (тиск або витрата рідини в гідросистемі; напруга або сила струму в електричних ланцюгах і т. п.).

При виборі конструктивного варіанту верстата, інструменту або пристосування в якості параметрів для оцінки вибираються відносні зміщення або швидкості руху інструменту і заготовки, столу і напрямних; напруги в навантаженій деталі; температури нагріву поверхонь тертя; контактні напруження.

При виборі режимів руху (різання, переміщення вузлів) в якості параметрів вибираються швидкість, глибина різання, подача, тиск на напрямних.

З викладеного вище випливає, що система показників динамічної якості верстата є спільною, оскільки розглядається єдиний динамічний процес незалежно від вимог точності, довговічності або продуктивності, за якими оцінюється той чи інший показник. Різниця полягає лише в параметрах, за якими така оцінка проводиться.

Важливим для оцінки динамічної якості обробної системи є визначення впливу на усталеність процесу обробки координатного зв'язку у пружній системі верстата.

Відомо, що коли пружна система має кілька ступенів вільності (не менше двох) траєкторія результуючого коливального руху різучої кромки інструменту, наприклад різця, щодо оброблюваної деталі при кожному циклі коливань має замкнуту форму, близьку до еліпса (при більшій кількості ступенів вільності n – просторової кривої відповідного порядку). При цьому, в залежності від напрямку руху різця по замкнутій траєкторії відносно заготовки в коливальну систему може надходити енергія, що буде витрачатися на збільшення амплітуди коливань.

Тобто за рахунок координатного зв'язку навіть без врахування динаміки різання обробна система може бути неусталеною.

З метою визначення умов підвищення усталеності обробної системи на основі токарного верстата, як системи з кількома ступенями вільності було розроблено та досліджено її математичну модель у вигляді передаточної функції.

Для підсистеми інструмента (супорт-різцетримач) токарного верстата КА-280 з двома ступенями вільності (рис.1) передаточна функція матиме вигляд:

$$W_{\text{ПС}} = W_1 + W_2 \quad (1)$$

де

$$W_1 = \frac{\cos \alpha_1 \cos(\alpha_1 - \beta)}{c_1} \cdot \left[\frac{1 - T_{12}^2 \omega^2}{(1 - T_{12}^2 \omega^2)^2 + (T_{11} \omega)^2} + j \frac{T_{11} \omega}{(1 - T_{12}^2 \omega^2)^2 + (T_{11} \omega)^2} \right] \quad (2)$$

$$W_2 = \frac{-\cos \alpha_2 \cos(\alpha_2 - \beta)}{c_2} \cdot \left[\frac{1 - T_{22}^2 \omega^2}{(1 - T_{22}^2 \omega^2)^2 + (T_{21} \omega)^2} + j \frac{T_{21} \omega}{(1 - T_{22}^2 \omega^2)^2 + (T_{21} \omega)^2} \right] \quad (3)$$

Усталеність замкненої динамічної системи, утвореної з пружної системи верстата (у розглянутому випадку – підсистеми супорта) і процесу різання можна оцінити за характеристикою розімкнутої системи.

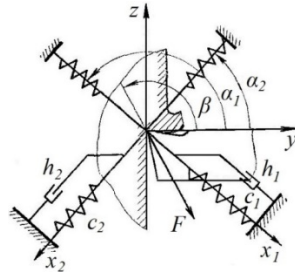


Рис. 1. Розрахункова схема пружної системи супорта верстата з двома ступенями вільності

Якщо враховувати тільки статичну характеристику різання коефіцієнтом K_p тоді після заміни $a_1 = \frac{\cos \alpha_1 \cos(\alpha_1 - \beta)}{c_1}$ та $a_2 = \frac{-\cos \alpha_2 \cos(\alpha_2 - \beta)}{c_2}$

передаточна функція розімкнутої системи матиме вигляд:

$$W_{\text{роз}} = K_p \cdot \left[a_1 \cdot \left[\frac{1 - T_{12}^2 \omega^2}{(1 - T_{12}^2 \omega^2)^2 + (T_{11} \omega)^2} \right] + a_2 \cdot \left[\frac{1 - T_{22}^2 \omega^2}{(1 - T_{22}^2 \omega^2)^2 + (T_{21} \omega)^2} \right] \right] + j \cdot K_p \cdot \left[a_1 \cdot \left[\frac{T_{11} \omega}{(1 - T_{12}^2 \omega^2)^2 + (T_{11} \omega)^2} \right] + a_2 \cdot \left[\frac{T_{21} \omega}{(1 - T_{22}^2 \omega^2)^2 + (T_{21} \omega)^2} \right] \right] \quad (4)$$

З метою оцінки усталеності обробної системи на основі пружної системи верстата і процесу різання за формулами (1) – (4) було визначено передаточні функції складових і побудовано амплітудно-фазові частотні характеристики для узагальненої обробної системи в залежності від вибраних параметрів підсистеми супорта верстата та режиму різання. Значення коефіцієнтів до формул були прийняті таким чином, щоб порівняти вплив на усталеність обробної системи двох варіантів динамічних характеристик пружної системи верстата по відповідним осям.

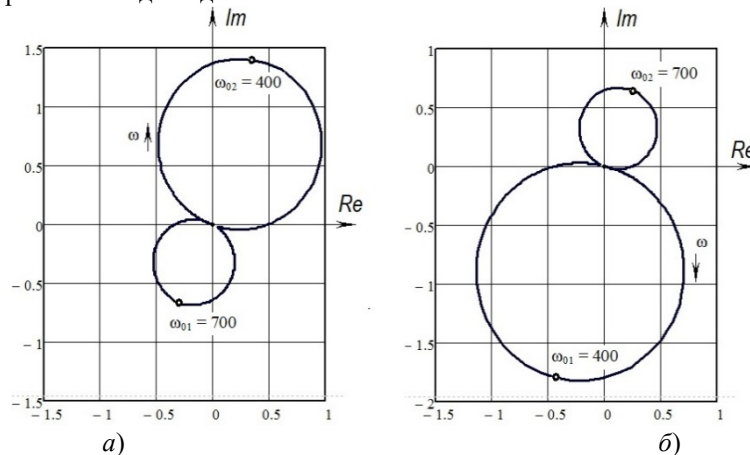


Рис. 2. АФЧХ узагальненої обробної системи на основі підсистеми супорта токарного верстата та процесу різання: а – $c_1 = 1,5 c_2$, $m_2 = 2m_1$, $T_{12} = 2,35T_{22}$; б – $c_2 = 1,5 c_1$, $m_1 = 2m_2$, $T_{12} = 2,5T_{22}$. $\cos \alpha_1 \cos(\alpha_1 - \beta) = 0,73$, $\cos \alpha_2 \cos(\alpha_2 - \beta) = 0,22$. Параметри режиму різання: $t = 4$ мм, $s = 0,5$ мм/об, $v = 120$ м/хв.

На підставі виконаних досліджень розробленої математичної моделі обробної системи можна зробити такі висновки:

4. Важливе значення для визначення умов підвищення усталеності реальної обробної системи з двома ступенями вільності має величина кута між напрямками сили різання та віссю узагальненої координати x_1 та його знак.

5. З результатів теоретичного дослідження слідує, що:

- запас усталеності обробної системи, АФЧХ якої представлено на рис. 2, а, майже в 2 рази більший ніж системи, АФЧХ якої показано на рис. 2, б за рахунок забезпечення виконання двох умов: $\omega_{01} > \omega_{02}$ та $c_1 > c_2$;

- вплив процесу різання на пружну систему призводить до додаткового повороту АФЧХ (крім збільшення масштабу графіка) по годинниковій стрілці, що збільшує запас усталеності для умов з рис. 2, а віддаляючи більшу петлю графіку АФЧХ від точки (-1;0) та зменшує для умов з рис. 2, б, наближаючи більшу петлю графіку АФЧХ до точки (-1;0).

УДК 621.914

Душкевич Д.Д., студ. гр. МБ-6, ФКІТМР
Лисюк К.О., магістрант, 1 курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
Мельник О.Л., к.т.н.
Плисак М.М., аспір.
Житомирський державний технологічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДИФІКОВАНОГО КОНІЧНОГО ХВОСТОВИКА ТОРЦЕВОЇ ФРЕЗИ

Одним з шляхів підвищення жорсткості з'єднання конусних хвостовиків інструментів з шпинделями верстатів є застосування пустотілих та модифікованих хвостовиків. Один з варіантів виконання модифікованого хвостовика показаний на рис.1. Даний хвостовик, запропонований в роботах Глембоцької Л.Є., має ряд переваг, а саме: з'єднання за 2-ма контактними поясками (позиції 1, 2 на рис.1.); різьбове з'єднання хвостовика з шомполом перенесено в бік нижнього пояска, а верхній поясок виконано зі зменшеною площею контакту. При цьому постає питання оптимальних значень довжини контактних поясків, кількості вирізів для зменшення радіальної жорсткості (поз. 5, рис.1) та інших параметрів для максимального підвищення жорсткості з'єднання з таким хвостовиком при цьому не перевищуючи допустимих значень еквівалентних напружень. Тому виконання параметричної оптимізації модифікованого хвостовика є актуальною задачею.

Оптимізація конструкції модифікованого конічного хвостовика в середовищі SolidWorks Simulation полягає у знаходженні таких величин конструктивних параметрів (змінних проектування), при яких цільова функція приймає максимальне чи мінімальне значення. При цьому на дослідження накладаються обмеження по напруженнях, що виникають у хвостовику при зміні значень змінних проектування. Максимально допустиме еквівалентне напруження прийнято 300 МПа.

Цільова функція (кількісний показник якості альтернатив вибору) даного оптимізаційного дослідження – мінімізація радіального переміщення фрези під дією робочого навантаження. Вибір цільової функції обумовлений тим, що мінімізація радіального переміщення це водночас збільшення жорсткості конічного з'єднання шпинделя верстата та фрези.

В якості обмеження використовуються датчик даних (еквівалентні напруження) Simulation, котрий відображає результати моделювання.

Отже, змінними оптимізаційного дослідження виступають 5 параметрів:

- 1 – значення ширини верхнього контактної пояска (поз.1., рис.1), діапазон зміни 15.....45 мм;
- 2 – значення ширини більшого контактної пояска (поз.2., рис.1), діапазон зміни 15.....45 мм;
- 3 – значення радіуса проточки хвостовика біля верхнього контактної пояска (поз.2., рис.1), діапазон зміни 0,5.....1,5 мм;
- 4 – значення радіуса скруглення проточки хвостовика біля нижнього контактної пояска (поз.1., рис.1), діапазон зміни 0,5.....1,5 мм;
- 5 – кількість елементів (поз.1., рис.1) масиву для зниження радіальної жорсткості, діапазон зміни при кроці 2 становить 4....12 штук;

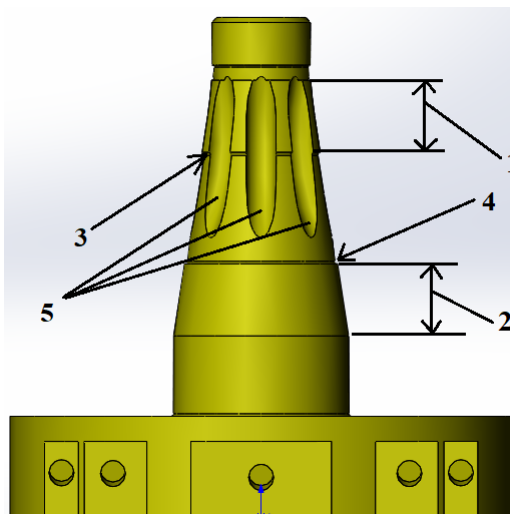


Рис.1. Змінні проектування модифікованого хвостовика

Діапазони зміни змінних оптимізації та отримані оптимальні значення відображені в таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри оптимізації та оптимальні значення змінних проектування

Ім'я	Тип	Діапазон варіювання	Оптимальні значення*	Одиниці вимірювання
Верхній пояс	Діапазон	Мін:20 Макс:40	40	mm
Нижній пояс	Діапазон	Мін:20 Макс:40	30	mm
Верхній радіус	Діапазон	Мін:0,5 Макс:1,5	1	mm
Нижній радіус	Діапазон	Мін:0,5 Макс:1,5	1	mm
Масив	Діапазон при кроці	Мін:4 Макс:10 Крок:3	4	N/A

* - значення є оптимальними для вказаних діапазонів змінних проектування.

Оптимізаційний алгоритм після введення значень параметрів, обмежень та формування цілі генерує 41 ітерацію і запускає розрахунок.

При оптимальних значеннях радіального переміщення складає 0.00048 мм, максимальні напруження, що виникають в хвостовику при цьому становлять 81,786 МПа.

Для виявлення локальних тенденцій були виконані окремі дослідження. За основу досліджень взято оптимальний варіант. Тобто, були взяті оптимальні значення 3-х параметрів з табл. 1, інші 2 параметри варіювалися.

Результати досліджень проектування показані на рис. 2 та 3.

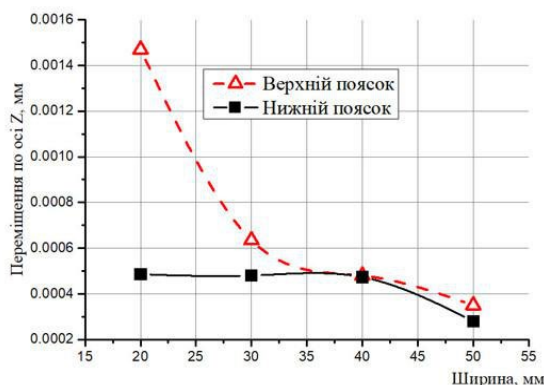


Рис.2. Залежність радіального переміщення від ширини контактних поясів

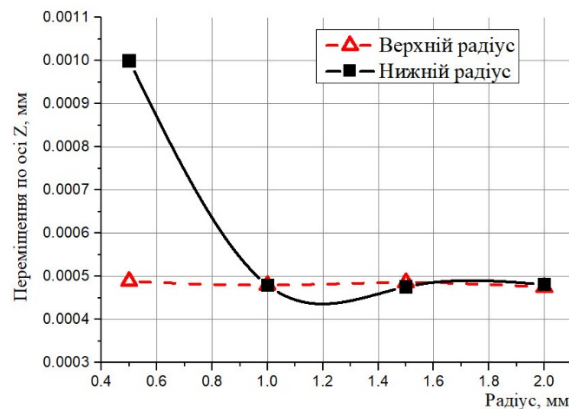


Рис.3. Залежність радіального переміщення від значення радіусів скруглень, котрі визначають глибину проточки між контактними показниками.

Як видно з рис.2 при ширині контактних поясів 50 мм досягається найкращий результат. З рис.3 чітко зрозуміло, що верхній радіус мало впливає на результати, а отримані оптимальні значення 1 мм для обох радіусів будуть оптимальними, що підтверджено додатковим дослідженням проектування.

Проведена параметрична оптимізація конструктивних параметрів модифікованого хвостовика, яка дозволила зменшити значення радіального переміщення з 0,008...0,01 мм до 0,00048...0,0006 мм при інших рівних умовах. Такий результат досягається при наступних значеннях змінних проектування: ширина верхнього контактної пояса 40 мм; ширина нижнього контактної поясу 30 мм; радіуси скруглення, котрі визначають глибину проточки між контактними показниками 1 мм; число елементів масиву вирізів – 4 шт.

Встановлено, що має місце тенденція зменшення радіального переміщення із збільшенням значення ширини контактних поясів; значення радіусів скруглень мало впливає на значення радіального переміщення, після досягнення значення радіусів скруглень 1 мм має місце незначна зміна значення радіального переміщення, котрою можна знехтувати на радіальне переміщення.

УДК 621.91.01

Женжера Ю.М., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Житомирський державний технологічний університет

ЛЕЗОВА ОБРОБКА НАПИЛЕНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ

Одним з найбільш перспективних шляхів підвищення працездатності й довговічності механізмів, машин і устаткування є застосування різних способів наплавлення й напилення робочих поверхонь деталей, що працюють в умовах підвищеного тертя і зношування. Зносостійкі покриття використовують як в основному виробництві, так і для відновлення деталей у ремонтному виробництві.

У той же час зміцнені наплавленням або напилюванням поверхні деталей є більшважкооброблюваними різанням, чим лиття й прокат тої ж твердості й хімічного складу, через нестабільність механічних властивостей, хімічного складу й величини припуску на обробку, наявності твердих включень, дефектів у вигляді раковин і пор.

Залежно від твердості зносостійкі покриття можна умовно розділити на три групи:

1. Матеріал покриття твердістю $HRC \leq 35$. Такі покриття обробляють різальним інструментом із твердих сплавів груп ВК і ТК. Застосування інших інструментальних матеріалів, таких, як безвольфрамовий твердий сплав і полікристалічні надтверді матеріали (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бору (КНБ), дозволяє збільшити стійкість інструмента при підвищенні якості, і продуктивності обробки покриттів.

2. Покриття твердістю $HRC 35...45$. Обробка таких матеріалів твердосплавним інструментом є мало ефективною через його низьку стійкість.

Для наплавлень аустенітного класу, ефективним є застосування трикарбінититанотанталових твердих сплавів, що мають більш високу стійкість і забезпечують підвищену продуктивність у порівнянні з різцями із твердих сплавів груп ВК і ТК. Застосування при чистовій обробці різців таких сплавів забезпечує шорсткість обробленої поверхні $Ra \leq 1,25$ мкм.

Для чистової обробки наплавлених покриттів 2-ої групи також можуть бути використані різці, оснащені ріжучими пластинами з ПНТМ на основі КНБ, такі, як: композити 01, композити 02 і 09, композити 10 і 10Д, двошарові пластини на основі киборита, а також ріжучою керамікою.

3. Наплавлені покриття 3-ї групи з $HRC > 45$ у більшості випадків обробляються шліфуванням абразивними інструментами.

При твердості напиленого покриття $HRC > 40...5$ точіння деталей твердосплавним інструментом утруднено, а при більшій твердості практично неможливо. Підвищити техніко-економічні показники обробки високотвердих напилених покриттів можна шляхом застосування лезового інструмента з ріжучими пластинами з ПНТМ на основі КНБ.

Застосування різців з киборита й томал-10 при точінні напилених матеріалів замість твердого сплаву забезпечує підвищення продуктивності обробки в 3-6 разів, стійкості інструмента в 8-10 разів, зниження витрат на устаткування й одержання необхідного стану (залишкові напруги стиску) поверхневого шару оброблених деталей.

З підвищенням твердості наплавленого металу до $HRC 60...65$ стійкість інструмента із ПНТМ знижується до 20...25 хв, у той же час ефективність його застосування в порівнянні з різцями із твердого сплаву й абразивних кругів значно зростає.

Впровадження різців з киборита й томал-10 на фінішних переходах дозволяє отримувати оброблену поверхню із шорсткістю $R_a = 0,7...1$ мкм, і практично відмовитися від операції шліфування. Інструмент спеціальної конструкції із круглими доведеними ріжучими елементами при оптимізації геометричних параметрів і режимів різання забезпечує шорсткість обробленої поверхні $R_a = 0,16...0,32$ мкм.

Застосування інструмента з ПНТМ при виробництві та ремонті (відновленні) деталей зі зносостійкими захисними покриттями дозволяє значно підвищити працездатність і довговічність машин і устаткування заводів.

При високій теплонапруженості процесу різання наплавлених (напилених) покриттів, що виникає за рахунок зміни швидкості різання, подачі і глибини різання, або їх одночасного впливу, на передній і задній поверхнях пластин з'являються тріщини, по яких може відшаровуватися частина ріжучого шару з утворенням у ньому значних дефектів. Оскільки ці тріщини виникають поза зоною контакту й безпосереднього впливу навантажень, можна припустити, що вони викликані температурними напругами, обумовленими розходженням коефіцієнтів лінійного й об'ємного розширення ріжучого шару й підкладки. Даний фактор важливо враховувати при виборі геометрії ріжучого клина й режимів механічної обробки двошаровими пластинами. Тому двошарові пластини доцільно застосовувати для тонкого й чистового точіння.

УДК 621.793

Китаєв О.М., студ., гр. ТМ-136, ФКІТМР
Краснюк І.І., студ., гр. ТМ-136, ФКІТМР
Малишев І.П., студ., гр. ТМ-136, ФКІТМР
Ночвай В.М., к.т.н., доц.

Погорильчук В.А., студ., гр. ТМ-136, ФКІТМР
Житомирський державний технологічний університет

РОЗРОБКА ЗНОСОСТІЙКИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ МІДІ

Вирішення проблеми надійності – це значний резерв підвищення ефективності виробництва. Кожна вимушена зупинка машини внаслідок пошкодження окремих елементів спричиняє значні матеріальні збитки. Проблема надійності пов'язана з усіма етапами життєвого циклу машини: формування ідеї та обґрунтування створення нової машини, проектування, виготовлення, експлуатації та її списання.

Використання зносостійких та антифрикційних газотермічних покриттів на стадії виготовлення деталей верстатів, машин і механізмів відкриває принципово нові можливості підвищення ресурсу роботи деталей, які швидко спрацьовуються. Тому дана робота присвячена розробці та дослідженню властивостей антифрикційних газотермічних покриттів для підвищення надійності та довговічності деталей актуальна і має велике народногосподарське значення.

Правильний вибір покриттів та технології їх нанесення в залежності від конструкції деталі дає можливість добитися високої зносостійкості робочої поверхні при мінімальній собівартості покриття.

При розробленні технологічного процесу отримання антифрикційних газотермічних покриттів складено перелік основних технологічних операцій: підготовка матеріалів (просушування, просіювання порошку); підготовка деталі (очищення від бруду та мастила; зняття залишків нерівномірного спрацювання; знежирювання поверхні; активація і формування шорсткості поверхні); нанесення шару покриття; механічна обробка зміцненої поверхні деталі; вихідний контроль якості.

Для газополуменевого напилювання антифрикційних покриттів вибрані порошкові сплави на основі міді марок: БрКМц3-5; БрА10; БрАЖ10-1,5. В якості підшару покриття застосовано порошок марки ПТ-НА-01.

Порошкові матеріали перед напилюванням просушували при температурі 100...120 °С на протязі 2 годин. Розділення порошкових матеріалів на фракції виконано з використанням механічного сита моделі 029. Для отримання покриттів використано порошки з розміром частинок 40...160 мкм.

При підготовці деталей та дослідних зразків для нанесення покриттів виконано очищення від забруднень, зняття залишків нерівномірного спрацювання, знежирювання поверхні, активація і формування шорсткості поверхні шляхом абразивно-струменевої обробки поверхонь корундом в герметичній камері при тиску повітря 0,5...0,6 МПа і відстані сопла до поверхні 80...100 мм.

Дослідження та оптимізація технологічних режимів газополуменевого напилювання виконано з використанням газополуменевої установки моделі Л5405А.

Деталі типу «вал» закріплювали в центрах установки КНПА 1, а плоскі деталі розміщували на робочому столі. Пістолет-розпилювач установки Л5405А встановлювали на супорті установки КНПА 1.

Після попереднього нагрівання виробу палом'ям пістолета-розпилювача до температури 150...250 °С, вмикання подачі порошку та вмикання привода горизонтального переміщення пістолета-розпилювача, виконано напилювання підшару покриття товщиною 0,3...0,5 мм та основного шару покриття товщиною 1...1,5 мм. Робочими газами вибрано кисень, пропан-бутан та стиснуте повітря. Оптимізовані технологічні режими газополуменевого напилювання антифрикційних покриттів наступні: тиск кисню 0,5 МПа; тиск пропан-бутану 0,1 МПа; тиск стиснутого повітря 0,1 МПа; витрати кисню 40 л/хв.; витрати пропан-бутану 18 л/хв.; витрати стиснутого повітря 17 л/хв; витрати порошкових матеріалів 3 кг/год; дистанція напилювання 200 мм.

При оптимізації режимів нанесення та обробки покриттів, покриття наносили, як на деталі машин та верстатів, так і на зразки-свідки для досліджень їх властивостей.

Токарну обробку отриманих покриттів виконано на наступних режимах:

- чорнова обробка: $V = 20...25$ м/хв; $S = 0,15...0,2$ мм/об; $t = 0,3...0,4$ мм; матеріал різального інструменту – тверді сплави, ВК3, ВК4, гексаніт;
- фінішна обробка: $V = 25...30$ м/хв; $S = 0,1...0,15$ мм/об; $t = 0,15...0,2$ мм; матеріал різального інструменту – тверді сплави, гексаніт, ельбор-Р);

Обробку шліфуванням виконано із застосуванням корундових кругів на м'якій основі зернистістю 46-60 марки Е60СМ; режими шліфування: швидкість круга $V_k = 25...30$ м/с; швидкість руху деталі $V_{дет} = 10...20$ м/хв; глибина різання $t = 0,015...0,03$ мм; подача $S = 5...10$ мм/об.

Вихідний контроль деталей з антифрикційними покриттями полягає в наступному: візуальний огляд; контроль твердості покриттів; контроль розмірів; контроль шорсткості поверхонь; контроль форми.

Дослідження порівняльної зносостійкості зразків еталонних деталей та антифрикційних покриттів проводились на машині тертя мод. М22П. Схема контакту зразків при терті ковзанням: вал – пальчиковий зразок.

Блок нерухомих зразків виготовлено зі сталі. Робочу поверхню блока оброблено циліндричною фрезою з окружним кроком не більш 3 мм діаметр якої відповідає діаметру контр зразка. Після цього напилено покриття на ввігнуту поверхню. Потім вирізано із блока нерухоми зразки для випробувань.

Контрзразок виготовлено із гартованої сталі 45 по ДСТУ 1050-74, твердістю HRC 45...50 по ДСТУ 22975-78. Для знежирювання і промивання зразків використано бензин.

Оцінка зносостійкості базових та напилених зразків виконано при терті ковзання їх по циліндричній поверхні рухомих зразків. Змащування виконано мастилом ТЕП-15.

По середньоарифметичним значенням дослідів побудовані графіки залежності лінійного зносу зразків від часу випробувань (рис. 1) та графіки залежності зміни зносу від навантаження зразків (рис. 2).

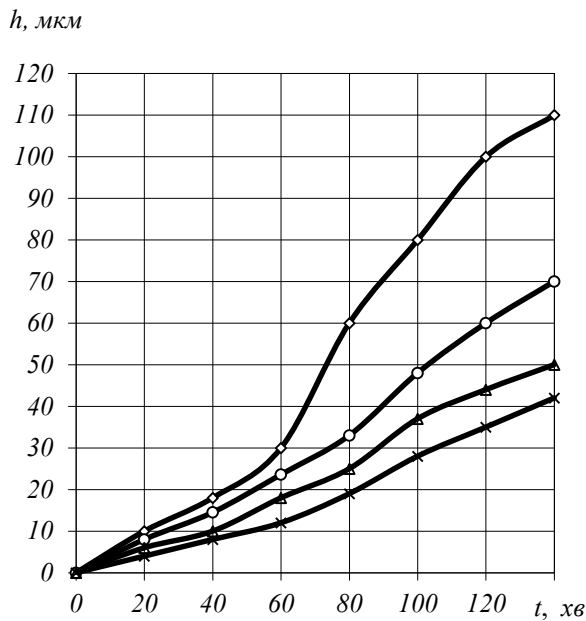


Рис. 1. Залежність лінійного зносу зразків від часу випробувань:

◇ – базові зі сталі 20Х; ○ – напилене покриття БрКМц3-5; ▲ – напилене покриття БрА10; х – напилене покриття БрАЖ10-1,5

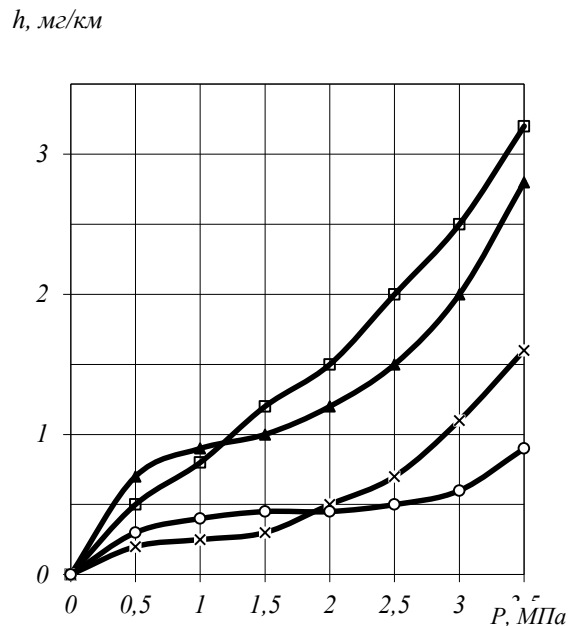


Рис. 2. Зміна зносу від навантаження рухомих зразків зі сталі 45 (□, ▲), випробуваних відповідно з нерухомими зразками (○, х) зі сталі 20Х та покриттям БрКМц3-5

Найменшу зносостійкість показали базові зразки, а найбільшу – газотермічні покриття з БрАЖ10-1,5. Отримані залежності зносу, приведені до 1000 метрів шляху, підтверджують кращу зносостійкість напилених покриттів. З аналізу приведених залежностей встановлено, що зносостійкість покриттів з БрАЖ10-1,5 збільшилась в 3...4 рази, БрА10 – в 2 рази, а БрКМц3-5 зменшує знос зразків в 1,5 рази.

Зносостійкість покриттів з БрАЖ10-1,5 більша в 3...4 рази, БрА10 – в 2 рази, БрКМц3-5 – в 1,5 рази за зносостійкості базових матеріалів.

При екстремальних режимах тертя зразків більше впливає на знос швидкість ковзання, ніж питоме навантаження. Цей факт пояснюється тим, що висока швидкість ковзання характеризується більшою концентрацією тепла в поверхневих шарах зразків, в той час як при невеликій швидкості має місце більш рівномірне температурне поле. Збільшення навантаження при постійній швидкості ковзання приводить до незначних змін температурного градієнта.

Порівняльним вивченням зносостійкості зразків з покриттями на основі сплавів БрАЖ10-1,5, БрАЖ10, БрКМц3-5 та зразків деталі з Ст. 20Х встановлено, що в досліджених режимах випробувань зразків з покриттями знос менший, ніж базових.

Ваговий знос зразків із захисними покриттями менший, ніж ваговий знос зразків без покриттів.

Розроблені антифрикційні покриття на основі бронз відповідають сучасному рівню і можуть бути рекомендовані для отримання захисних покриттів на деталях при їх серійному випуску та відновленню спрацьованих деталей в різних галузях машинобудування.

Ковальчук О.В., студ., гр. ПМ-137, ФКІТМР
Шостачук А.М., к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ЕЛІПТИЧНІСТЬ ШАТУННОЇ КРИВОЇ КРИВОШИПНО-ПОВЗУНКОВОГО МЕХАНІЗМУ

Механізм є основою будь-якої машини. Коротко можна означити так: механізм – це пристрій для перетворення механічного руху твердих тіл. Прикладом механізмів, де використовується група II класу II виду є кривошипно-повзунковий механізм, призначений для перетворення обертального руху в поступальний. Ланки цього механізму мають таку назву: кривошип – ланка, яка робить повний оберт відносно нерухомої вісі, яка проходить через точку O ; шатун – ланка, яка робить складний плоский рух і з'єднана тільки з рухомими ланками; повзун – ланка, яка робить зворотно-поступальний рух; стояк, тобто нерухома ланка (рама, корпус). Застосовується цей механізм у двигунах внутрішнього згоряння, у поршневих насосів (виконавчий механізм), у манометрах (передавальний механізм).

При дослідженні кривошипно-повзункового механізму кінематичним методом, ми розглядаємо його рух без урахування сил, які діють на них, тобто розглядається рух ланок з геометричної точки зору, з урахуванням тільки фактора часу. Як видно на рис.1, точка A шатуна AB належить також кривошипу I і буде здійснювати обертальний рух, а точка B належить шатуну AB і здійснює поступальний рух. Точка C , яка належить шатуну і знаходиться між точками A і B , буде описувати деяку замкнену криву, яка наближається до кола при наближенні точки C до точки A і переходить в пряму при суміщенні точки C з точкою B . Відомо, що такі шатунні криві є кривими четвертого порядку для кривошипно-повзункових механізмів і кривими шостого порядку для чотириланкових механізмів з обертальними парами. Очевидно, буде існувати таке положення точки C на шатуні, яке буде визначати шатунну криву, найбільш наближену до еліпса.

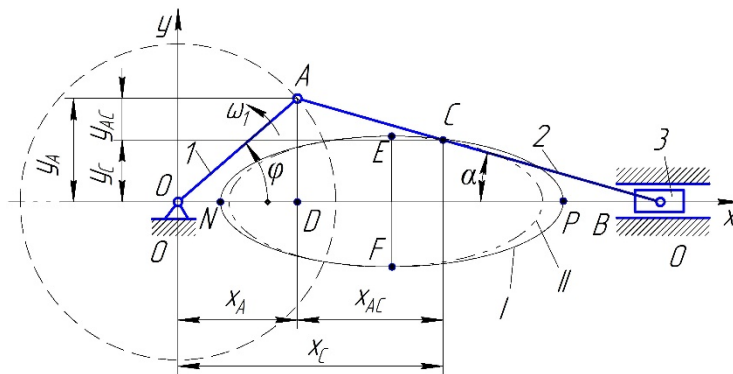


Рис.1. Дійсна I та теоретична II шатунні криві точки C шатуна

Розглянемо кривошипно-повзунковий механізм з наступними розмірами: довжина кривошипу $OA = 0,2$ м, довжина шатуна $AB = 0,7$ м, розташування точки C на шатуні: $AC = 0,25$ м. Повний оберт, який здійснює кривошип, було розбито на 12 рівних частин, відповідно було розраховано 12 положень точки C на шатунній кривій для кожного розташування точки C на шатуні AB . Для отримання шатунної кривої аналітичним методом було складено рівняння проекцій координати точки C на вісі x та y :

$$\begin{cases} x_C = x_A + x_{AC} = OA \cos \varphi + AC \cos \alpha \\ y_C = y_A - y_{AC} = OA \sin \varphi - AC \sin \alpha \end{cases} \quad (1)$$

В системі (1) невідомою величиною є кут α , який знаходимо з прямокутного трикутника ADB :

$$\sin \alpha = \frac{AD}{AB} = \frac{OA \sin \varphi}{AB}, \quad (2)$$

звідки:

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{OA \sin \varphi}{AB} \right). \quad (3)$$

Підставляючи вираз (3) в систему (1), та, враховуючи, що $\sin \arcsin \left(\frac{OA \sin \varphi}{AB} \right) = \frac{OA \sin \varphi}{AB}$ та виносячи в другому рівнянні системи вираз $OA \sin \varphi$ за дужки, отримуємо:

$$\begin{cases} X_C = OA \cos \varphi + AC \cos \arcsin \left(\frac{OA \sin \varphi}{AB} \right) \\ Y_C = OA \sin \varphi \left(1 - \frac{AC}{AB} \right) \end{cases} \quad (4)$$

У результаті перенесення знайдених значень на координатну площину oxy вийшла еліптична крива, з значенням малої піввісі $b = EF/2$, та великої піввісі $a = NP/2$, яка описує траєкторію руху точки C , що належить шатуну AB . Через те, що точка C лежить на шатуні, її траєкторію називають шатунною кривою. Тобто, при русі ланки 1 – кривошипа, яка робить повний оберт відносно нерухомої вісі, еліптична крива буде описувати рух точки C . На рис.1 показана експериментальна I та теоретична II криві.

Знайдемо наближеність графіка шатунної кривої, яка відповідає системі рівнянь (4) еліпсом, що, як відомо, описується рівнянням

$$1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}, \quad (5)$$

де a і b – велика та мала піввісі еліпса. Ступінь наближеності будемо оцінювати за співвідношенням

$$k = \frac{a}{a_1}, \quad (6)$$

де a_1 – половина відстані NP кривої, яка визначається системою рівнянь (4); при цьому дотримується рівність $b=b_1$ (рис.2).

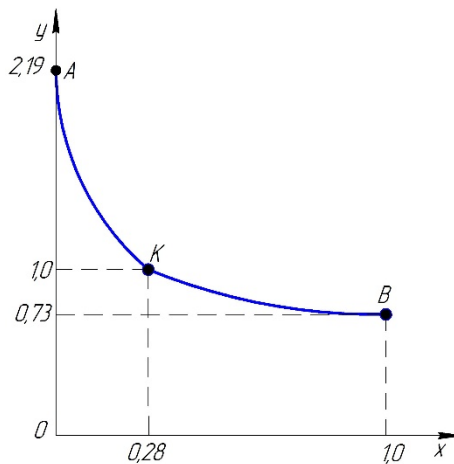


Рис.2. Дослідження наближення шатунної кривої до еліпса

Таким чином, було знайдено точку шатуна, яка описує шатунну криву, найбільш наближену до еліпса у відповідності за вищезазначеним критерієм. Більш точні результати можна отримати, якщо за формулою (6) обраховувати не тільки результати за двома точками шатунної кривої, які знаходяться на великій піввісі теоретичного еліпса, а за кількома додатковими точками цієї кривої, сформулювавши новий критерій, який би враховував більшу кількість досліджених точок. Також представляє інтерес дослідити порядок шатунних кривих нових структурних груп, приєднаних до розглядуваного механізму в інших точках шатуна, включаючи точку K (див. рис.1).

УДК 621.91.01

Ксюковський М.В., магістрант, І курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Головня В.Д., к.пед.н.
Житомирський державний технологічний університет

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ КОМБІНОВАНОЮ ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЮ ОБРОБКОЮ

В сучасних умовах якість виготовленої продукції з використанням перспективних технологічних процесів, які забезпечують скорочення енергоресурсів та отримання високих експлуатаційних властивостей, є важливим критерієм виходу вітчизняних товаровиробників на світовий ринок.

Поліпшення якісних показників поверхневого шару деталей, зокрема які працюють в екстремальних умовах, є однією із важливих задач в машинобудуванні. Такі умови характерні для деталей, що працюють при високих швидкостях, високих контактних питомих тисках, під дією абразивних і агресивних середовищ, циклічно змінних температур. Використання високоміцних та зносостійких матеріалів, в тому числі і високолегованих сталей, для підвищення ресурсу роботи обладнання і виробництва матеріалів не завжди задовольняють експлуатаційні властивості та економічно не вигідні. Перспективними є розробка та реалізація наукоємних технологічних процесів поверхневої зміцнювально-оздоблювальної обробки (ЗОО) деталей.

Вимоги, які пред'являються до фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик деталей настільки високі, що використання традиційних методів ЗОО не завжди дозволяє отримати необхідні якісні показники поверхневого шару, та не в повній мірі відповідає сучасним умовам їх експлуатації, а також вичерпує свої можливості для підвищення зносостійкості деталей машин та виробів, які працюють в екстремальних умовах.

У зв'язку з цим в сучасному виробництві стали частіше використовуватися перспективні методи ЗОО, а саме гібридні та комбіновані термодформаційні процеси, які поєднують, дії поверхнево-пластичної обробки (ППО) з термічним нагріванням лазерним, електронним та плазмовим джерелами енергій. Серед відомих методів ППО частіше використовується обкатування кулькою або роликком, а також ультразвукова обробка (УЗО). Останній метод є найбільш ефективним, легко поєднується в технологічні процеси термічної обробки поверхонь висококонцентрованими потоками енергії для поліпшення мікрорельєфу та підвищення фізико-механічних властивостей поверхневого шару. В основі даного підходу лежить ідея комплексного використання переваг і нівелювання недоліків різних методів при одночасному або послідовному проведенні різноманітних технологічних процесів.

Процес лазерного зміцнення поверхонь деталей лазерним випромінюванням ґрунтується на локальному нагріві ділянки поверхні під впливом випромінювання і наступного охолодження з надкритичною швидкістю. Лазерні методи зміцнення доцільні також для створення поверхневого зміцнення значних площ шару складної конфігурації, деформація яких повинна бути мінімальна, а також при зміцненні важкодоступних порожнин, заглиблень, куди лазерний промінь вводиться за допомогою спеціальних оптичних пристроїв. Але водночас після лазерної обробки (ЛО) в поверхневому шарі формується нерівномірний розподіл залишкових напружень, під областю напружень стиску розташована область напружень розтягу, що сприяє зародженню і розповсюдженню тріщин. Складний розподіл залишкових напружень по глибині зони термічного впливу поверхневого шару лазерним променем та вихід напружень розтягу на поверхню є причиною зниження зносостійкості, контактної втоми, тріщиноустійкості і, як результат, перешкодою для більш широкого використання лазерних технологій в промисловості.

При зміцненні з використанням методів поверхнево-пластичної обробки як статичними методами, так і динамічними, в поверхневому шарі відбуваються структурні зміни, які пов'язані з підвищенням густини дислокацій, подрібненням блоків, виникненням макро- та мікронапружень, а також зі значним зменшенням параметрів мікрорельєфу поверхні. Однак відомо, що отримані властивості поверхневого шару деталей шляхом зміцнення поверхнево-пластичним деформуванням частково або повністю зникають при підвищенні температури в процесі експлуатації. Використання методів ППО доцільне для вже зміцнених поверхонь деталей іншими методами в якості фінішної обробки.

Для нівелювання недоліків ЛО та УЗО доцільно застосувати поверхневу комбіновану лазерно-ультразвукову зміцнювально-оздоблювальну обробку (ЛО+УЗО). Такий термодформаційний процес гарантує найбільш повну реалізацію всіх механізмів зміцнення та оздоблювання, а також компенсує залишкові напруження розтягу після ЛО напруженнями стиску та створить більш сприятливий їх розподіл в поверхневому шарі оброблюваних деталей після УЗО. Слід відзначити, що запропонована комбінована технологія зміцнення та оздоблювання деталей не погіршує переваг лазерної обробки, а навпаки дозволяє отримати характеристики поверхневого шару, що перевищують рівень якісних параметрів, які досягнуто ЛО або УЗО.

УДК 146.378

Лисюк К.О., магістрант, 1 курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
Райковська Г.О., д.пед.н., проф.
Ремесник І.С., магістрант, 1 курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
Житомирський державний технологічний університет

ІНЖИНІРИНГОВА ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Сьогодні постало питання щодо професійної підготовки інженерно-технічних фахівців, а саме: «Чи потрібна інжинірингова підготовка в технічних закладах вищої освіти?». Це питання актуальне не тільки для технічних закладів вищої освіти, а також для підприємств машинобудівної галузі.

Забезпечення вітчизняної промисловості кваліфікованими інженерно-технічними кадрами, взаємодія закладів вищої освіти (ЗВО) і підприємств в області інженерно-технічної співпраці, необхідність підвищення кваліфікації викладачів інженерно-технічних дисциплін, розвиток матеріально-технічної бази ЗВО – від вирішення цих питань залежить якість вищої технічної освіти і конкурентоздатність молодих фахівців в умовах сучасної економіки.

Створення концепції майбутнього виробу – найважливіший і найскладніший етап, на якому здійснюється перехід від усвідомлення або відкриття потреби в деякому продукті до його концептуальної моделі. Інжиніринг прискорює розвиток машинобудування, дає можливості утримуватися на сучасному ринку, де виграють нові товари і послуги. Прискорити появу інновацій дозволяє комп'ютерний інжиніринг.

Ера креслень відходить в минуле. Ставка у всьому світі робиться на технології цифрового виробництва, і зокрема комп'ютерні системи CAD і CAE. Перша відповідає за конструювання і дизайн, друга – за розрахунки і інженерний аналіз. Якщо раніше при проектуванні нової моделі могли бути задіяні сотні чоловік, зараз завдання вирішують одиниці.

Ключовим поняттям системного інженерного проектування є Життєвий Цикл Виробу (ЖЦВ). Життєвий цикл промислових виробів складається з низки етапів, розпочинаючи з появи ідеї нового продукту до утилізації по закінченню терміну його експлуатації.

Отже, сучасні технології віртуальної інженерії пропонують нові підходи як до проектної та і до виробничої діяльності. Вони дозволяють: оцінити можливість виробництва різних варіантів конструкції (включаючи оцінку якості збирання або експлуатаційних характеристик проєктованих виробів); оптимізувати виробничий процес (методом цифрової імітації); легко налаштувати продукт під вимоги замовника; ефективно накопичити широку базу знань; забезпечити основу для колективної розробки проєктів.

Основними компонентами віртуального виробництва є віртуальне проектування, цифрова імітація, віртуальне прототипування та віртуальний завод. Віртуальне проектування надає можливість створювати компоненти, модифікувати їх, управляти різними пристроями і взаємодіяти з віртуальними об'єктами в віртуальному середовищі. Конструктор може бачити стереоскопічне зображення віртуальних об'єктів і чути просторовий реалістичний звук.

Часто для того, щоб скоротити час та вартість розробки продукту, команді розробників постійно необхідно оптимізувати свої концепції проектування. Адже використання лише 2D чи 3D концепцій при створенні продукту менш ефективніше ніж їх взаємодія.

Для певних типів конструкцій 2D-кресленик моделі є більш ефективними, оскільки: швидко забезпечують «рівень критичної інформації»; дозволяють легко вносити великі, непередбачені зміни, оскільки немає необхідності враховувати структуру та створені залежності; 3D зазвичай вимагає попереднього опрацювання структури та зв'язків. Організація 3D CAD-моделювання в масштабах всього підприємства: дозволяє задіяти велике коло робітників в процесі розробки, забезпечує користувачів вибором метода моделювання.

Також слід відмітити, що сучасний етап розвитку програмного забезпечення САПР характеризується постійним розширенням функціональності систем. Чим складніше використовуване програмне забезпечення, тим вище вимоги до кваліфікації спеціалістів, що працюють з даним програмами.

У зв'язку з розповсюдженням «важких» САПР загострюється кадрова проблема на підприємствах, оскільки: утримання висококваліфікованих фахівців, які володіють навичками роботи з системами, обходиться підприємству недешево; формується залежність колективів від таких спеціалістів. Отже, кваліфікованих фахівців досить складно підібрати, забезпечити роботою, яка потребує спеціальних навичок і здібностей.

УДК 621.9

Мельник О.Л., к.т.н.
 Отаманський В.В., асист.
 Ремесник І.С., магістрант, 1 курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
 Романов П.С., магістрант, 1 курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
 Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ НАПРЯМНИХ НА ЇХ ЗНОШЕННЯ ТА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Напрявні металорізальних верстатів грають важливу роль у забезпеченні взаємного положення та траєкторії переміщення інструменту відносно оброблюваної заготовки. Напрявні – це сукупність поверхонь тертя різної форми, які мають забезпечувати прямолінійність руху робочого органу, витримувати навантаження від ваги супорту (столу) разом з інструментом або заготовкою та від сил різання в процесі обробки. Також до основних вимог відносяться: довговічність по точності (зносоустійкість), рівномірність руху та точність встановлення на розмір, вібростійкість, ремонтпридатність.

Точнісні характеристики напрямних наведені у стандартах на норми точності верстатів. Для найпоширеніших плоских поверхонь напрямних повинні бути виконані умови площинності або прямолінійності переміщення робочого органу у заданій площині. Для досліджуваного токарно-гвинторізного верстата мод. КА-280 – нормальної точності, у якого відстань між центрами 1000 мм, допуск прямолінійності переміщення супорту по напрямним дорівнює 25 мкм, а допуск площинності напрямних – 40 мкм. Слід зазначити, що форма напрямних повинна бути опуклою.

В реальних умовах обробки на несучі поверхні напрямних діє змінне навантаження, яке залежить від значення сил різання. Так при чорновій обробці навантаження більше ніж при чистовій. Крім того розподіл навантаження між передньою та задньою напрямною нерівномірний, що призводить до нерівномірного розподілу зношення їхніх поверхонь.

В ЖДТУ на лабораторному токарно-гвинторізному верстаті мод. КА-280 було проведено вимірювання прямолінійності переміщення робочого органу. Вимірювання проводилося за допомогою бульбашкового рівня А-5194 з ціною поділки 0,02 мм на 1 м. З отриманих значень побудовано графіки зображені на рис. 1.

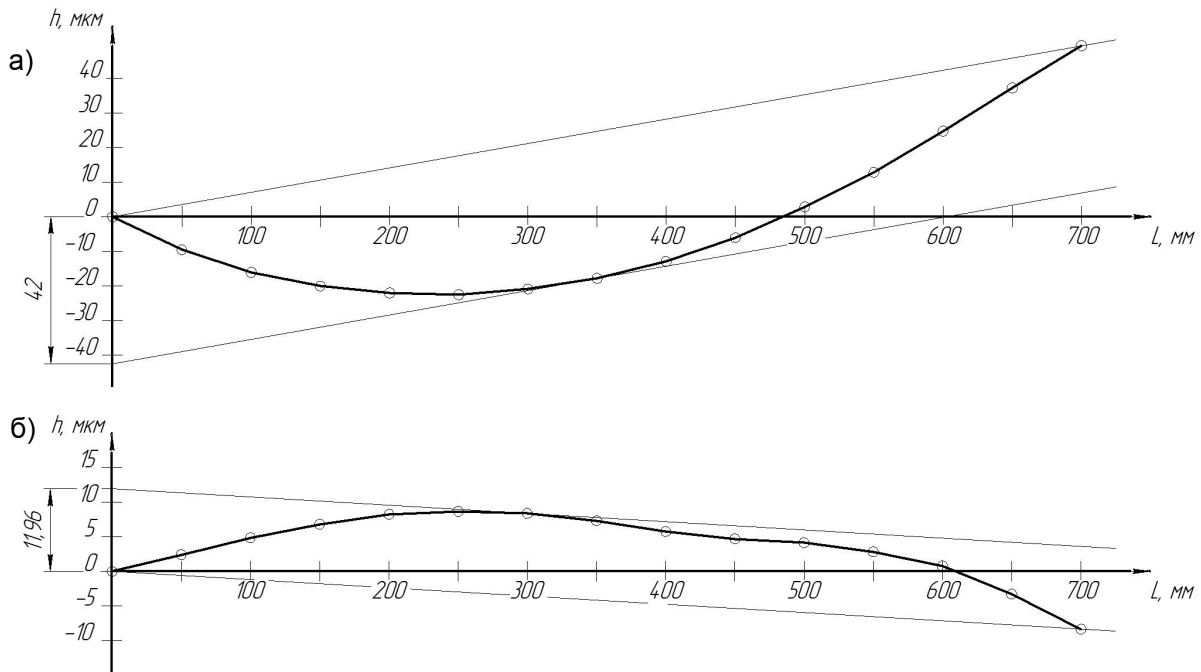


Рис. 1. Відхилення прямолінійності поздовжнього переміщення супорту верстата мод. КА-280: а) у вертикальній площині, б) у горизонтальній площині.

З графіків видно, що при нерівномірному зношуванні різних поверхонь напрямних відбувається поворот супорту навколо осі обертання шпинделя. Проведемо геометричні розрахунки впливу не прямолінійності переміщення робочого органу на точність обробки (рис.2.). Так для отриманих даних при

обточуванні поверхні номінальним діаметром 40 мм на відстані 300 мм від шпинделя за рахунок не прямолінійності переміщення у вертикальній площині (42 мкм) розмір збільшиться до 40,0001 мм. Якщо ж врахувати відхилення у горизонтальній площині (поворот супорту), яке дорівнює 11,96 мкм, то номінальний розмір набуває значення 40,0146 мм.

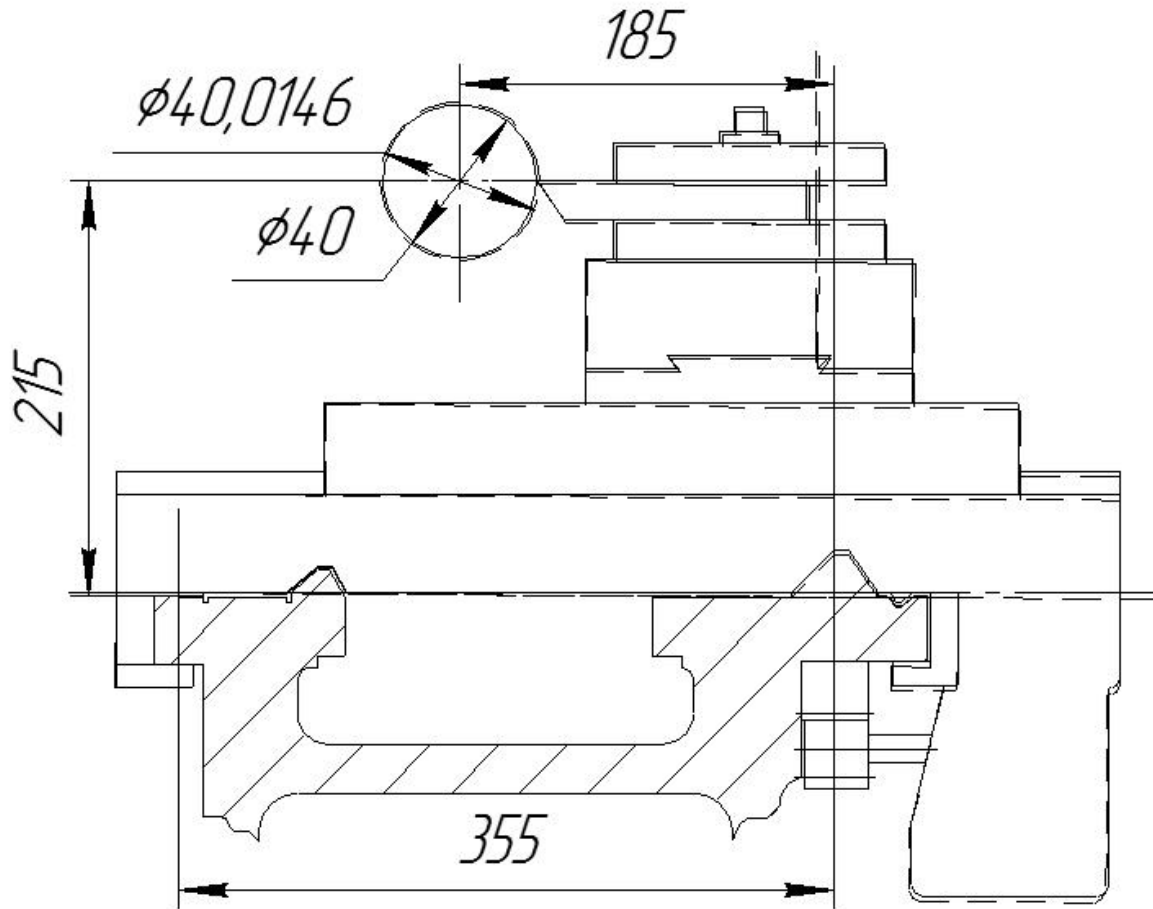


Рис. 2. Поворот супорту навколо вісі X на відстані 300 мм від шпинделя: — - вихідне положення супорту, - - - - з врахуванням зношення напрямних.

Слід зазначити, що на вимірювання прямолінійності переміщення робочих органів також впливає і деформації станини. В процесі обробки на несучі системи версту діють сили різання, що призводить до збільшення вище наведених розрахункових значень.

Для рівномірного завантаження граней напрямних і, в подальшому, їх оптимального зношування при конструюванні верстатів рекомендується:

1. доцільно обирати ширину напрямних та їх тип;
2. зміщати вісь шпинделя назад (від робочого), чим забезпечується збільшення навантаження на задню напрямну;
3. зміщення центра ваги супорта до осі центрів, за рахунок полегшення фартуху;
4. зменшення величини відношення висоти центрів до відстані між напрямними, та збільшувати довжину салазок.

Отже, нерівномірне завантаження напрямних металорізальних верстатів значною мірою впливає на їх зношення та точність обробки деталей. Слід проводити подальші дослідження деформацій, які виникають під час обробки з використанням сучасних комп'ютерних програм.

УДК 621.01:621.77.04

Мельничук П.П., д.т.н., проф.
Коваленко Я.П., магістр, ФКІТМР
Житомирський державний технологічний університет

ОБРОБЛЕННЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ІЗ ЖАРОМІЦНИХ СТАЛЕЙ

В сучасних умовах розвитку машинобудування велика увага приділяється проблемам обробки поверхневих шарів заготовок деталей, які під час робочих процесів характеризуються високими показниками швидкостей переміщень, температур в зонах контакту, силових навантажень тощо. Тому, у зв'язку з цим більш затребуваними являються жароміцні сталі та сплави, які можна експлуатувати при взаємодії із зовнішніми високими температурами.

До цієї групи відноситься велика кількість високолегованих матеріалів на основі:

1. заліза (ХН38ВТ, ХН28МАБ, 36ХНТЮ, ХН35ВТЮ, ХН32Т), які включають в себе вміст С (0.06-0.12), Si (<0.8), Mn (<0.7), Cr (20-23), Ni (35-39), Ti (0.70-1.20), Al (<0.5), W (2.8-3.5);
2. нікелю (ХН60В, ХН77ТЮ, ХН72МВКЮ, ХН60МВТЮ, АНВ-300, ХН82ТЮМВ), які включають в себе вміст С (<0.10), Si (<0.8), Mn (<0.50), Cr (23.5-26.5), Ni (осн.), Ti (0.30-0.70), Al (<0.5), W (13-16);
3. кобальту (сплави закордонного виробництва Inconel 600, 601, 604, 625) вміст Ni (70), Cu (-), Cr (14-17), Al (-), Fe (6-10);
4. титану (ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ-1Л), що включає вміст Ti (осн.), Si (0,08), Fe (0,15), O (0.10), H (0,008), N (0,04), C (0,05);

Жароміцні сплави можна поділити на 3 категорії :

Таблиця 1. Матеріали, що входять до групи жароміцних сплавів

Матеріал		Стан	Твердість
Жароміцні сплави	На основі заліза	Відпущені	200
		Структуровані	280
	На основі нікелю або кобальту	Відпущені	250
		Структуровані	350
		Лиття	320
Титан та титанові сплави		Технічно чистий	-
		α і β	-

Одними з найбільш жароміцних є хромонікелеві сталі, які використовують при виготовленні клапанів випуску авіаційних поршневіх моторів, лопаток газових турбін турбокомпресорів наддування авіамоторів і робочих лопаток реактивних двигунів. Сталі на основі заліза застосовуються для кріпильних деталей, дисків, роторів. Сплави титану широко використовуються в авіаційній техніці, у суднобудуванні, транспортному машинобудуванні. Оброблюваність титанових сплавів нижча порівняно з конструкційними сталями, що пред'являє особливі вимоги до матеріалів різальних інструментів та їх конструкцій. У титані низька теплопровідність. Водночас його міцність зберігається при високій температурі, що вимагає великого різального зусилля при сильному нагріванні різальної кромки.

Підвищений вміст легуючих елементів забезпечує підвищену міцність і жароміцність, стійкість на розтяг і стійкість до корозії. Серед найважливіших проблем при обробленні жароміцних матеріалів є підвищення продуктивності, якості і точності обробки поверхонь. Актуальним завданням при цьому стає поліпшення інструментальних матеріалів, що мають підвищену зносостійкість, високу міцність і здатність чинити опір значним температурним, циклічним ударним навантажанням. Традиційний метод підвищення властивостей інструмента легуванням у даний час стримується дефіцитом ряду легуючих елементів, і внаслідок цього важливою науково-технічною задачею стає пошук науково-обґрунтованих режимів додаткової обробки матеріалів.

Матеріал робочої частини інструменту повинен мати високу твердість і високі допустимі властивості чинити опір напруженням на згин, розтяг, стиск і кручення. Інструментальні матеріали повинні мати високу теплостійкість, тобто зберігати високу твердість при значних температурах нагрівання. Саме це характеризується використанням високолегованих сталей аустенітного класу. Високолеговані інструментальні сталі виготовляють на базі вуглецевих сталей, легуючи їх певними кількостями хрому (Х), вольфраму (Ф), ванадію (В), марганцю (Г), кремнію (С). Після термічної обробки вони мають твердість HRC 62-64, теплостійкість 250-300°C. Допустимі швидкості різання 15-25 м/хв. Високоміцні, високолеговані сталі, що мартенситно старіють, з успіхом можна застосувати як інструментальні, для яких зносостійкість є однією з визначальних властивостей. Тверді сплави – це твердий розчин карбідів вольфраму, карбідів титану і карбідів танталу в кобальті. Тверді сплави застосовують у вигляді пластинок

визначеної форми й розмірів, виготовленими методом порошкової металургії. Пластинками оснащують різці, свердла, фрези та інші інструменти.

В конструкціях деталей машин зустрічаються багато видів пазів та уступів різного профілю, до яких пред'являють різні технічні вимоги в залежності від призначення, серійності виробництва, точності розмірів, точності розташування і шорсткості поверхні. Всі ці вимоги визначають методи оброблення. На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні та похилі поверхні, фасонні та пази різного профілю. Паз – це уступ в деталі, який обмежений площинами або фасонними поверхнями. Пази поділяються на: прямокутні, клинові (ластівчин хвіст), т-подібні та шпонкові. Прямокутні пази фрезерують кінцевими і дисковими фрезами на вертикально- і горизонтально-фрезерних верстатах. Клинові пази (ластівчин хвіст) фрезерують на вертикально-фрезерному верстаті за два проходи: прямокутний паз – кінцевою фрезою, потім скоси паза – кінцевою однокутовою фрезою. Т-подібні пази, які мають велике розповсюдження в машинобудуванні як верстатні пази, наприклад, на столах свердильних, фрезерних верстатах, фрезерують зазвичай за два проходи: спочатку паз прямокутного профілю кінцевою фрезою, потім нижню частину паза Т-подібною фрезою. Шпонкові пази фрезерують шпонковими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах. Зокрема у патенті №2476296 було розроблено спосіб обробки пазів фрезеруванням, при якому фрези здійснюють обертання і рух подачі в напрямку, що збігається з віссю її обертання, і виконують робочі ходи фрези в межах призначених меж області обробки паза з утворенням в заготівлі каналів. Виконання робочих ходів здійснюють послідовно з використанням фрез зі зменшуваним діаметром робочої частини, які вибирають в залежності від розрахункового значення діаметра робочої частини за умови забезпечення в процесі обробки максимальної площі поверхні, утвореної різальною крайкою фрези при її контакті з оброблюваною поверхнею заготовки. Технічний результат досягається робочими ходами, що виконуються так, щоб межі каналу, утворені у заготівлі за один робочий хід фрези мали точки дотику з призначеними межами області обробки паза.

Сьогодні налічується кілька десятків різновидів жароміцних сталей, всі вони мають свої характеристики, зокрема високу корозійну стійкість, так як до складу додається велика кількість хрому. Корозійна стійкість до всього іншого істотно підвищує термін експлуатації виробу. Проте складнощі, що виникають при легуванні і подальшому термічній обробці істотно підвищують вартість виробів. Крім цього, жароміцні сплави можуть мати різну кількість легуючих елементів, які можуть надавати матеріалу інші особливі експлуатаційні якості, наприклад, підвищену електропровідність.

Проблеми оброблення різних плоских поверхонь в заготовках деталей із високолегованих сталей досліджені не достатньо глибоко у галузі машинобудівного виробництва. Більшість існуючих способів обробки містять певні недоліки, є великовартісними і економічно не доцільними, або не враховують усіх факторів, що впливають на точність обробки поверхонь. Задля оптимізації цього процесу необхідно розробити методологію визначення оптимальних режимів обробки, умов функціонування параметрів, що гарантують задану точність і продуктивність тощо. Вказані цілі лежать в основі пошуку автора для забезпечення підвищення якості і енергоефективності.

Нечепан Б.М., магістрант, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Юмашев В.Є., к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ ВІБРАЦІЙ НА ШОРСТКІСТЬ ПРИ ЧИСТОВОМУ ТОЧІННІ

Проводилися дослідження впливу вібрацій при чистовому точінні на шорсткість оброблюваної поверхні. Оброблялася конструкційна сталь 45 на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20 різцями з твердого сплаву Т15К6. Різці оснащені напаяними пластинками з наступною геометрією: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 12^\circ$. Вібрації вимірювалися за допомогою датчика ДН-4, закріпленого на різці, в напрямку перпендикулярному до оброблюваної поверхні. Для запису вібрацій використовувався аналого-цифровий перетворювач АЦП Е20-10. АЦП Е20-10 дозволяє записувати частоти вібрацій в діапазоні від 1 Гц до 10 МГц. Обробка сигналу і запис на комп'ютер проводилася за допомогою програми LGraph2.

Вібрації і шорсткість поверхні досліджувалися в залежності від глибини різання, подачі і швидкості різання. Режими різання варіювалися в межах: $t = 0,5 - 1,75$ мм; $s = 0,05 - 0,15$ мм / об; $v = 1,61 - 6,39$ м / с. Після кожного проходу деталь знімалася з верстата, і проводилися вимірювання шорсткості обробленої поверхні за допомогою профілометра мод. 286. При аналізі вібрацій проводився спектральний аналіз за допомогою програми LGraph2, в результаті якого визначалися основні гармоніки вібрації. Визначалися амплітуди високочастотних (Ав) і низькочастотних (Ан) вібрацій і відповідні значення частот (f_b і f_n). Величина амплітуди вібрацій вимірювалася в вольтх, відповідно за вихідними параметрами п'єзоакселерометра ДН-4.

Дослідження показали, що зі зростанням швидкості різання шорсткість поверхні зменшувалася з $R_a = 5,4$ мкм, до $R_a = 1,9$ мкм. При цьому, амплітуди і частоти, як високочастотних так і низькочастотних гармонік вібрацій збільшувалися: Ан від 0,17 в до 1,06 в, f_n від 705 Гц до 3190,8 Гц, Ав від 0,00017 в до 0,00075 в, f_b від 2064 Гц до 31270 Гц. Крім того, було встановлено, що при зростанні швидкості з 3,22 м / с до 4,09 м / с амплітуда і частота високочастотних вібрацій залишалася майже незмінною (Ав = 0,00043 в, $f_b = 29743$ Гц). Подальше збільшення швидкості різання призводило до значного зростання амплітуди і до незначного зростання частоти.

При дослідженні впливу подачі на шорсткість при постійній швидкості різання $v = 4,09$ м / с, було встановлено, що з ростом подачі шорсткість поверхні збільшувалася з $R_a = 2,53$ мкм до $R_a = 4,6$ мкм. Амплітуда низькочастотних вібрацій зростала незначно: від Ан = 0,39 в до Ан = 0,43 в. Частота низькочастотних вібрацій, починаючи з $s = 0,08$ мм / об зростала практично прямо пропорційно від $f_n = 597,2$ Гц до $f_n = 2232$ Гц. Частота високочастотних вібрацій, в цих межах, змінювалася незначно з $f_b = 28135$ Гц до $f_b = 28955$ Гц. Амплітуда високочастотних вібрацій зростала з Ав = 0,00057 Гц до Ав = 0,00085 Гц.

При дослідженні впливу глибини різання на шорсткість і вібрації було встановлено, що зі зростанням глибини різання з $t = 0,5$ мм до $t = 1,75$ мм, шорсткість поверхні спочатку зростала до $R_a = 4,4$ мкм при $t = 0,75$ мм, потім знижувалася до $R_a = 3,27$ мкм при $t = 1,75$ мм. Амплітуда і частота як високочастотної, так і низькочастотної гармонік вібрацій зі зростанням глибини різання зменшувалися: Ав з 0,00039 в до 0,00013 в, f_b з 27647 Гц до 24365 Гц, Ан з 0,48 в до 0,36 в, f_n з 2386 Гц до 605 Гц.

Аналіз отриманих даних показує, що режими різання неоднозначно впливають на шорсткість поверхні. Так, з ростом швидкості різання шорсткість знижується, а з ростом подачі збільшується. Глибина незначно впливає на зміну шорсткості поверхні. Спочатку йде збільшення шорсткості, а потім зниження. Ці результати підтверджують дані, отримані іншими дослідниками.

Відносно вібрацій, то тут не все так однозначно. Експериментальні дані показують, що вібрації, які виникають при точінні, є складними гармонійними коливаннями основна гармоніка яких лежить в високочастотній області. Високочастотні вібрації, які зростають з ростом швидкості різання, не впливають на шорсткість поверхні. З ростом амплітуди і частоти шорсткість поверхні зменшується. Таким чином, зростання високочастотної складової гармонік вібраційного сигналу не погіршує якість обробленої поверхні.

Низькочастотна складова гармоніки вібрації відрізняється більшою амплітудою, в порівнянні з високочастотною. Однак її вплив на шорсткість так само не значно. Кілька більший вплив на шорсткість надає частота низькочастотних вібрацій. До певного моменту, зростання частоти призводить до зростання шорсткості поверхні, а потім до її зменшення.

Для отримання більш повної картини впливу вібрацій на шорсткість обробленої поверхні при точінні необхідне проведення додаткових досліджень з вивченням впливу вібрацій в низькочастотній області.

Новаковський О.Г., аспір.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мороз Р.Ю., магістрант, гр. ЗПМ-18м, ФКІТМР

Науковий керівник – Антонюк В.С., д.т.н., проф.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СТЕНД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЦИЛЯТОРА П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

Маніпулятор - це невід'ємний інструмент який широко використовують в приладобудуванні, електронній, хімічній, медичній галузях тощо. Більшість моторизованих мікроманіпуляторів побудовані за стандартною схемою конвертації обертального руху двигуна (крокової або постійного струму) в поступальний рух лінійної каретки. Ця досить складна схема висувала жорсткі вимоги до вузлів конвертації обертального руху в поступальний. Вони мають обмежений діапазон по швидкості і лінійному переміщенню і практично не піддаються подальшій мініатюризації і здешевленню.

Запропонований мікроманіпулятор виконаний за принципово новою схемою з безпосереднім зв'язком п'єзоелектричного актюатора з прецизійною стандартною направляючою, яка була елементом самого двигуна. Всі корпусні елементи мікроманіпулятора виготовлені з використанням технології 3D друку. Напрямна виконана на базі трьох лінійних підшипників LM3U.

Мікроманіпулятор представляє три лінійних двигуна, які з'єднані між собою за допомогою перехідних кронштейнів. Це значно зменшило розмір маніпулятора і розширило його діапазон переміщення. Дві нижні координати X і Y, а верхня - Z. Двигуни оснащені лінійними енкодерами з рівнем здатності 2 мкм. Кожна координата встановлена безпосередньо на направляючу або основу відповідного двигуна. Таким чином, основою маніпулятора основа нижнього двигуна (координата X), другий двигун (координата Y) був встановлений на направляючу першого двигуна. Третій двигун (координата Z) встановлений на направляючу другого двигуна. Робочою платформою маніпулятора є напрямна третього двигуна - координата Z. Така компоновка забезпечила значне зменшення масо-габаритних параметрів (маса 180г), жорсткість конструкції і стабільність руху в мікропросторі.

На практиці якість п'єзоелектричного двигуна перевіряється шляхом вимірювання параметрів його електричного резонансу, тобто вимірювання залежності струму споживання двигуна від частоти збудження п'єзоелектричного резонатора. Цей параметр в значній мірі визначає як швидкість п'єзоелектричного двигуна, так і його момент або силу. Залежно від резонансної характеристики вибирається частотна робоча точка двигуна - лівий або правий її схил. Також ця залежність є головним параметром для драйвера п'єзоелектричного двигуна. Всі ці властивості в значній мірі залежать як від матеріалу п'єзоелектричного резонатора, так і його геометричних розмірів.

При серійному виготовленні п'єзоелектричних резонаторів в значній мірі важливо знати допуски на геометричні розміри при виготовленні резонатора.

Тому, в пропонованій роботі розглядається стенд для контролю резонансних характеристик осциляторів (резонатор з елементами кріплення в складі двигуна) з метою виявлення впливу геометричних допусків резонаторів при їх виготовленні на резонансну характеристику.

Стенд включав в себе послідовно з'єднані персональний комп'ютер, перетворювач USB-UART, мікроконтролер, підсилювач сигналів генератора збудження, двигун з досліджуваним осцилятором. Вимірювач струму підключений до підсилювача сигналів генератора збудження і мікроконтролера.

Робота стенду здійснювалася наступним чином. Персональний комп'ютер посилав параметри вимірювання на МК PIC16F18325, таких як діапазон заданих частот, крок зміни частоти генератора і час утримання частоти генератора. Після цього мікро контролер генерував сигнал збудження для п'єзоелектричного двигуна з початковою частотою, що відповідає правій межі заданого діапазону частот.

Цей сигнал надходив на блок посилення сигналів генератора збудження для посилення вихідної потужності, а далі на двигун. Вимірювач струму споживання двигуна реалізований на шунтового резистори з подальшим посиленням напруги на ньому по використанню операційного підсилювача LMV321LT. Після завершення вимірювання персональний комп'ютер виконував розрахунки струму, зберігав отримані дані в файл і будував графік залежності струму від частоти збудження п'єзоелектричного двигуна.

В роботі досліджували прямокутні плоскі резонатори малогабаритного п'єзоелектричного двигуна РМ-510R з характерними розміром резонатора 10 мм. Досліджували дві групи резонаторів: група I з допуском виготовлення резонаторів 50мкм і група II з допуском виготовлення резонаторів 200 мкм.

Як показали результати досліджень розбіжність по резонансній частоті резонаторів групи не перевищувала 1,5 кГц, а розбіжність резонансних частот групи I і групи II складала близько 5 кГц, що добре узгоджувалося з теоретичними оцінками.

Таким чином, підтверджено працездатність стенду для застосування його при серійному виробництві п'єзоелектричних двигунів, а конструкція мікроманіпулятора підтвердила можливість його використання в якості мікророботів для різних застосувань в області мікротехнологій.

Онушко О.О., магістрант, II курс, гр. ЗМБ-18м, ФКІТМР
Райковська Г.О., д.пед.н., проф.
Шишкова О.А., магістрант, I курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
Житомирський державний технологічний університет

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

Машинобудування характеризується складною структурою і великою кількістю галузей, і галузева структура машинобудування України залишається достатньо різноманітною, провідне місце посідають сільськогосподарське машинобудування, автомобілебудування, електротехніка, важке і тракторне машинобудування. Розвинене також приладобудування: виробництво засобів автоматизації й управління, верстатобудівна та інструментальна галузі промисловості, які слід віднести до галузей високої технології.

Проблеми, тенденції та перспективи розвитку верстатобудування в Україні є предметом наукових досліджень багатьох провідних науковців, намагаючись наблизити теоретичні напрацювання до прикладного використання їхніх висновків.

В умовах глобалізації економіки, що супроводжується масштабними трансформаціями організаційно-економічного механізму господарювання в Україні, машинобудування виявилось однією із галузей, яка дуже сильно постраждала в процесі реформ. Особливо багато проблем накопилось у підгалузі машинобудівного комплексу верстатобудування. За роки незалежності темпи розвитку машинобудівного комплексу сповільнювалися за причини морального та фізичного зносу основних та оборотних засобів і це призвело до того, що низька якість та собівартість виготовленої продукції зробила товари на ринку не конкурентоздатними, також існує проблема у переоснащенні виробничих потужностей сучасними верстатами, які б відповідали ринковим і технічним вимогам сьогодення, необхідні зрушення у розробці та впровадженні інновацій та наукових розробок у даній галузі. Постійно зростаючі ціни на сировину, вимагають з підприємств збільшувати рівень продуктивності свого технічного оснащення, тим самим зменшуючи свої витрати. Необхідність розвитку галузі машинобудування пояснюється тим, що саме тут створюються засоби виробництва, закладаються темпи зростання продуктивності праці, чинники енергозбереження, зниження матеріаломісткості і нової якості кінцевого продукту.

В Україні верстатобудування було достатньо розвинуто та за рівнем виробництва продукції до 1991 року займало 11 місце в світі. Після розвалу СРСР українське верстатобудування пройшло разом з економікою країни через всі етапи кризи, через усі провалилися експерименти над промисловістю.

І на даний час однією із найпривабливіших характеристик українських верстатів залишається ціна. Тим не менше, вже створений цілий ряд нових вітчизняних моделей верстатів для плазмової та лазерної різки аркушевого металу, такі як виробляє ЗАТ (закрите акціонерне товариство) «Верстатінпром» (Харків). Модернізуються і традиційні аркушеві ножиці. Прикладом такого заводу є ВАТ «Стрийський завод ковальсько-пресового устаткування». Завод «Веркон» (Київ) також не стоїть осторонь, представляючи нові моделі металообробного устаткування.

Розвиток верстатобудівної галузі – один із найважливіших чинників модернізації машинобудування, проте виробництво нових верстатів, необхідних для системних зрушень, серйозно відстає від запитів ринку. Існує проблема у переоснащенні виробничих потужностей сучасними верстатами, які б відповідали ринковим і технічним вимогам сьогодення, також необхідні зрушення у розробці та впровадженні інновацій та наукових розробок у даній галузі.

Забезпечення основних експлуатаційних властивостей виробу (зносостійкості, втомної міцності, мастилоутримуючих і антикорозійних властивостей функціональних поверхонь і т. ін.) значною мірою обумовлюється не тільки призначеними конструктором нормами точності та якості окремих поверхонь виробу, але й такими важливими чинниками, як мікротопологія поверхонь, залишкові напруження і деформації поверхневого шару тощо. Формування цих характеристик виробу залежить від структури та параметрів технологічного процесу його виготовлення і не може бути апіорно пронормоване конструктором. Тому без реалізації зв'язків технологічного етапу підготовки виробництва з попередніми етапами конструкторського та інженерного аналізу неможливо врахувати вплив напружено-деформованого стану деталі на формування кваліметричних показників роботи виробу в цілому. Слід відмітити, що верстатобудування – фондоутворююча галузь промисловості, яка відіграє особливу роль в технічному переозброєнні машинобудівного комплексу і, в кінцевому результаті, визначає рівень конкурентоспроможності промисловості.

Сьогодні провідні підприємства машинобудівної галузі ведуть постійний пошук і розробку новітніх методів проектування обладнання, застосування нових матеріалів і комплектуючих, що дозволяє їм виходити в лідери.

У Прогнозі економічного і соціального розвитку України на 2019-2021 роки (схваленого постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2018 р. № 546) зазначається, що додатковим стимулюючим фактором у машинобудуванні виступатиме виконання державного оборонного замовлення з метою забезпечення послідовного переозброєння Збройних Сил, налагодження виробництва комплектуючих для локалізації крупновузлового складання локомотивів (угода між ПАТ «Укрзалізниця» та американською компанією

«General Electric») з метою оновлення та модернізації локомотивного парку. Поряд з цим, значну роль у нарощуванні обсягів виробництва машинобудівної продукції відіграватиме розвиток авіакосмічного машинобудування, а також налагодження повномасштабного серійного виробництва сучасних вітчизняних літаків та покращення фінансового стану підприємств авіаційної та космічної галузі.

У цілому, зростання виробництва у машинобудуванні з урахуванням посилення позицій України на світовому ринку середньо- та високотехнологічної продукції, у 2019-2021 роках передбачається, що в середньому становитиме 8,9 відсотка (у 2019 році – на 8 відсотків) і буде найвищим показником зростання серед усіх галузей промисловості.

Оцінюючи ситуацію, яка є сьогодні в машинобудівній галузі, розуміємо, що серійне виробництво фрезерних, агрегатних, шліфувальних, деревообробних верстатів відродити складно. Тому необхідно направити зусилля на комплексну модернізацію існуючих потужностей підприємств.

Як зазначають науковці, прискорений наздоганяючий технологічний розвиток машинобудування можливий лише за умови реалізації сучасної промполітики за ефективною участі держави, зосередженій на найбільш перспективних секторах промисловості, зокрема, верстатобудуванні, а також збільшення впровадження наукових розробок. Із технологічних факторів впливає, що необхідно: модернізувати всю промисловість України, що значно розширить внутрішній ринок; оцінити наявний науково-виробничий потенціал у передових напрямках науки і техніки та визначити інноваційні шляхи розвитку; розробити заходи з підвищення інноваційної активності; провести масштабні НДР і ДКР з оновлення продукції, що випускається, для підвищення її конкурентоспроможності; розробити і реалізувати програми дій з відновлення активної частини основних фондів; популяризувати і стимулювати впровадження сучасних методів менеджменту. Необхідність розвитку машинобудування, зокрема верстатобудування пояснюється тим, що саме тут створюються засоби виробництва, закладаються темпи зростання продуктивності праці, чинники енергозбереження, зниження матеріаломісткості і нової якості кінцевого продукту.

У перспективі верстатобудування повинно зайняти більш вагоме місце як у структурі промисловості, так і у формуванні експорту України. Перш за все, необхідно удосконалити галузеву структуру машинобудування, розширити асортимент його продукції за рахунок підвищення питомої ваги галузей, що виробляють товари народного споживання. Також треба налагодити виробництво високоефективних машин та їх систем для всіх галузей і сфер народного господарства, приладів і апаратів, швидкісної електронно-обчислювальної техніки нових поколінь, виробництва систем зв'язку, засобів управління, автоматизації тощо. Спеціалізацію і кооперування виробництва в машинобудуванні необхідно орієнтувати на вітчизняні підприємства, створювати замкнуті цикли виробництва у середині країни.

На сьогоднішній день інструменти їх реалізації, в основному, зосереджені в галузі інформаційних технологій. Протягом останніх десятиліть для скорочення термінів проектування та забезпечення високої якості випуску продукції все ширше застосовуються інтегровані або локальні системи автоматизованого проектування: системи конструкторського проектування (CAD) (SolidWorks, AutoCAD, NX (Unigraphics), ProEngineer та ін.); системи технологічного проектування (CAPP), що забезпечують можливість багатоваріантного проектування технологічних процесів в автоматичному або інтерактивному режимі, системи автоматизованого програмування для верстатів з ЧПК (CAM) та автоматизовані системи інженерних розрахунків (CAE).

Одним із найгостріших завдань є: забезпечення конкурентоспроможності підприємств сучасного вітчизняного машинобудування; подолання проблем, пов'язаних із відсталою техніко-технологічною базою. Ці питання вимагають залучення значних фінансових та інвестиційних ресурсів, які найчастіше відсутні у наявності підприємств.

Утім, промисловість розвинутих країн ґрунтується на розробках у напрямку автоматизації та роботизації виробництва. Необхідність накопичення значних фінансових ресурсів для здійснення інноваційних проєктів, які відрізняються високими інвестиційними потребами і рівнем ризику, робить інноваційну діяльність доступною лише великим підприємствам. Також слід зазначити, що проблема забезпечення верстатобудування кваліфікованими кадрами робочих спеціальностей, фахівцями з середньою і вищою технічною освітою в останні роки значно загострилася. Особливо складна ситуація з підготовкою кваліфікованих робітників. Крім того, робочі кадри є недостатньо підготовленими для роботи на сучасному високотехнологічному обладнанні.

Отже, за умов проведення на підприємствах вітчизняної промисловості процесів автоматизації та роботизації для забезпечення конкурентоспроможності необхідно вирішувати проблему відсутності кваліфікованих кадрів, які мають досвід роботи із новим обладнанням. І освіта повинна відіграти важливу роль у реалізації розвитку галузі верстатобудування. Підготовка технічно грамотних фахівців, здатних розробляти і впроваджувати у виробництво нові види верстатів, – мета, для досягнення якої потрібно вирішити ряд фундаментальних завдань.

УДК 621.91.01:543.1

Пихонін Я.С., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Поліщук Д.В., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Рудий В.О., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Яновський В.А., доц.
Житомирський державний технологічний університет

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ СВЕРДЕЛ З МІЖЛЕЗОВИМ ГІДРАВЛІЧНИМ ЗВ'ЯЗКОМ ДЛЯ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ

Розвиток промисловості в першу чергу здійснюється за рахунок впровадження у виробництво наукомістких технологій, сучасних металорізальних верстатів та інструментів.

Обробка глибоких отворів осьовим лезовим інструментом є багато складнішою в порівнянні із обробкою зовнішніх поверхонь. Інструмент має меншу жорсткість, а його розміри обмежуються розмірами отвору. При цьому погіршуються умови охолодження зони різання і видалення стружки, а самі поверхні менш доступні для контролю в процесі обробки. Одним із важливих питань є забезпечення допуску на уведення осі отвору від її теоретичного напрямку. Причина уведення осі полягає в миттєвому коливанні навантажень на лезах, що є наслідком зміни миттєвих січень зрізу через різницю твердості матеріалу, наявність автоколивальних рухів інструменту, похибок геометричної форми різальних кромок, тощо. Існуючі конструкції інструментів для глибокого свердління не передбачають механізму міжлезового зв'язку, яким забезпечується автоматичне вирівнювання осьових сил на лезах.

На основі проведеного аналізу конструкцій осьових інструментів та дослідження процесу свердління глибоких отворів можна стверджувати, що найбільш важливою характеристикою, при глибокому свердлінні є забезпечення необхідного допуску на уведення осі отвору.

Практично всі технологічні операції глибокого свердління виконуються з релаксаційними рухами інструменту, що зменшує продуктивність та точність оброблюваних поверхонь. Виключенням можна вважати конструкції свердел ежекторного типу, перових та кільцевих свердел.

Відомі методики дослідження процесу глибокого свердління передбачають необхідність встановлення системних зв'язків конструкторського та технологічного етапів проектування. Для вирішення поставлених задач використовуються основні положення теорії різання, технології машинобудування, математичного моделювання, теорії скінчених елементів при аналізі динамічного стану конструкції, регресійного та кореляційного аналізу, математичної статистики та теорії системного програмування.

Внаслідок нерівномірності навантаження на леза, що викликано наявністю у структурі матеріалу заготовки твердих включень або несиметричністю розташування лез, в свердлі з міжлезовим гідравлічним зв'язком різальні елементи мають можливість взаємно зміщуватись на величину лезових осциляцій. Тоді додаткове навантаження на лезо компенсується додатковою силою, що виникає внаслідок зростання або зменшення глибини різання. Така технологічна схема оброблення передбачає вирівнювання складових сил різання, що діють на леза інструменту і викликає деформацію технологічної системи за рахунок вирівнювання сил в напрямку подачі.

На основі порівняльної оцінки варіантів зв'язків між лезами інструмента встановлено, що раціональним варіантом міжлезового зв'язку є гідравлічний зв'язок. Конструкція збірного свердла з гідравлічним міжлезовим зв'язком наведена на рис.1. В корпусі 1 свердла виконані повздовжні ступінчасті циліндричні отвори, в яких встановлені плунжери 2 і 3, кінці яких вільно проходять в отворах втулок 4 і 5, жорстко з'єднаних з корпусом. Дані втулки поряд з циліндричними пальцями 6 і 7 являються напрямними елементами для лез 8 і 9, які є різальними елементами збірного свердла. Для обмеження відносного зміщення лез по відношенню до напрямних елементів призначені циліндричні пальці 10 і 11. В конструкції передбачені отвори для плунжерів, що гідравлічно з'єднані між собою кільцевою канавкою 12.

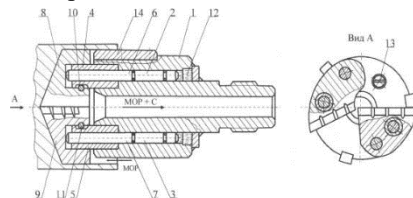


Рис.1. Конструкція збірного свердла з гідравлічним міжлезовим зв'язком

Для заливки рідини використовується отвір в корпусі свердла, який закритий різьбовою конічною пробкою 13. Для базування свердла в отворі використовуються три твердосплавні напрямні пластини 14.

В процесі обробки отвору автоматичне вирівнювання навантажень між лезами інструменту здійснюється за рахунок відносного зміщення плунжерів, зусилля на яких внаслідок прямого гідравлічного зв'язку залишається однаковим.

На основі теоретичних даних встановлено, що оптимальні параметри точності та шорсткості отворів, що оброблюються знаходяться в межах стандартних геометричних показників свердел, що оснащені твердосплавними пластинками, тобто $2\varphi = 120...130^\circ$; $\alpha = 12...16^\circ$; $\gamma = 4...6^\circ$.

Аналіз графічних залежностей висоти мікронерівностей Ra від швидкості різання V при обробці традиційним жорстким свердлом та свердлом з міжлезовим гідравлічним зв'язком (рис.1) показав, що найбільше зростання величини шорсткості Ra для жорсткого інструменту спостерігається при швидкості різання $V = 40 - 60$ м/хв., а для свердел з міжлезовим гідравлічним зв'язком активне збільшення величини мікронерівностей відбувається при швидкості $V \leq 75$ м/хв. Це має місце в зв'язку зі зростанням сил різання та неефективними умовами розташування та виводу стружки із зони різання, а покращені умови подрібнення стружки для свердел з міжлезовим гідравлічним зв'язком спричинюють більш активний її рух та менші розміри. Цим пояснюється менша імовірність вм'ятин та подряпин на робочій поверхні отвору, що відповідає меншій шорсткості поверхонь.

Дослідження впливу подачі свердла на показники точності T та шорсткості Ra отворів при їх обробці інструментом з міжлезовим гідравлічним зв'язком та жорсткими свердлами проводилися при швидкості різання $V = 78,5$ м/хв. в діапазоні $S = 0,05...0,35$ мм/об. Найбільший ефект від впровадження інструменту з міжлезовим гідравлічним зв'язком спостерігається для параметрів уведення свердла та відхилення діаметру отвору. Так, наприклад, на подачі $S = 0,25$ мм/об ці параметри порівняно з жорсткою схемою зменшуються в 1,8 рази; висота мікронерівностей Ra - в 1,2 рази, а похибка форми - в 1,1 рази.

Дослідження розмірів та форми стружки проводились із застосуванням методики ситового аналізу. Фракційний склад стружки дозволив встановити коливання її розмірів, стабільність подрібнення при різних схемах та режимах різання, а відтак визначити раціональні умови роботи свердла з точки зору стружкоподрібнення.

Порівнюючи стружку, утворену внаслідок свердління інструментом з рухомими лезами та жорстким інструментом, можна зробити висновок про те, що середньостатистичний розмір фракцій у першому випадку на 12% менший, стабільність подрібнення вища в середньому на 22%. Цим зумовлюється можливість роботи свердел з міжлезовим гідравлічним зв'язком на більш інтенсивних режимах різання. При цьому уникають явища забивання відвідного каналу та налипання дрібних фракцій на леза інструменту.

Враховуючи багатокритерійність функції мети при виборі оптимальних значень геометричних параметрів свердел з міжлезовим гідравлічним зв'язком, скористаємося узагальненим адитивним критерієм оптимальності:

$$R_{\Sigma} = \sum_i k_{mi} \times k_{mi} \times R_i \quad [1]$$

де k_{vi} – ваговий коефіцієнт i -го критерію. Цей показник, як правило, носить суб'єктивний характер і може змінюватись в залежності від умов виробництва та конструкторських вимог до виробу в цілому;

k_{mi} – масштабний коефіцієнт i -го критерію:

$$k_{mi} = \frac{R_i}{R_{min}} \quad [2]$$

R_i – значення i – го критерію оптимізації.

Це можна пояснити тим, що точність отвору T можна підвищити в результаті виконання чистових операцій, шорсткість поверхні Ra зменшується внаслідок виконання чистових, фінішних та суперфінішних операцій, а уведення f свердла практично змінюється на 5-10% при наступних технологічних переходах, і тому саме цей показник має пріоритет перед попередніми.

Встановлено, що оптимальні параметри оброблюваних поверхонь забезпечуються при дотриманні кутів $2\varphi = 134^\circ$; $\alpha = 14^\circ$; $\gamma = 5^\circ$.

Залежності точності отворів та шорсткості поверхонь від геометричних параметрів різальної частини свердла з рухомими лезовими елементами описуються аналітично регресійними рівняннями. Аналітичні залежності параметрів точності та шорсткості отворів при різних кутах різальних лез свердел з міжлезовим гідравлічним зв'язком є достатньо адекватні проведенням експериментальним значенням. Коефіцієнти кореляції знаходяться в межах 0,8 - 0,9, а отже існує суттєвий вплив геометричних параметрів лез свердла з міжлезовим гідравлічним зв'язком на точність та шорсткість отвору.

Проведений аналіз особливостей свердління глибоких отворів показав, що найбільш важливою характеристикою глибокого свердління є забезпечення високого допуску на уведення осі отвору. Конструкції свердел з міжлезовим гідравлічним зв'язком, суттєво зменшують уведення осі свердла в процесі обробки глибоких отворів та покращують якісні параметри свердління і розсвердлювання.

УДК 621.9.025.7

Поліщук В.О., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Чепинець А.С., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Ярмошук І.В., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Полонський Л.Г., д.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ НА ОПЕРАЦІЯХ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ

Одним з перспективних способів підвищення працездатності різального інструменту є нанесення на його робочі поверхні зносостійких покриттів. З розроблених в нашій країні методів нанесення покриттів найбільш широке застосування отримав метод конденсації речовини у вакуумі з іонним бомбардуванням (метод КІБ). Метод КІБ універсальний з точки зору нанесення зносостійких покриттів різного складу і будови, що дозволяє змінювати властивості поверхневого шару як твердосплавного, так і швидкоріжучого інструменту в широких межах. Застосування покриттів, отриманих методом КІБ, дозволяє істотно підвищити період стійкості різального інструменту при обробці заготовок з конструкційних матеріалів. В останні роки розвиток технології КІБ направлено по шляху розробки багатошарових покриттів, які є найбільш перспективними і знаходять все більше застосування в інструментальному виробництві.

Незважаючи на широке застосування в промисловості зносостійких покриттів КІБ, в тому числі і багатошарових, питання їх конструювання і вибору складу залишаються відкритим. Відсутність науково обґрунтованих принципів формування багатошарових покриттів призводить до того, що часто одні й ті ж покриття рекомендуються для різних умов обробки, і, навпаки, в одних і тих же умовах різання використовуються різні конструкції покриттів.

Приведемо розгляд можливих шляхів підвищення ефективності ріжучого інструменту з покриттям на операціях торцевого фрезерування.

З огляду на те, що контактні процеси, які протікають на робочих поверхнях різального інструменту, залежать від умов різання, вимоги до зносостійкого покриття повинні визначатися видом механічної обробки. Так, при безперервному точінні в першу чергу необхідно забезпечити високу твердість покриття, його інертність по відношенню до оброблюваного матеріалу. У той же час при переривчастому різанні, формуванні дискретних стружок, коливанні припуску на перший план виходять такі вимоги, як висока втомна міцність і ударна в'язкість матеріалу покриття. Беручи до уваги те, що основними причинами руйнування ріжучого інструменту з покриттям при торцевому фрезеруванні є утворення сітки тріщин в обсягах покриття та інструментальної основи і відшарування покриття в результаті впливу змінних теплових і силових навантажень і відділення застійної зони при виході інструмента з контакту з заготівлею, можна виділити наступні основні напрямки підвищення ефективності інструмента:

1) підвищення тріщиностійкості і міцності матеріалу покриття і композиції «покриття - інструментальна основа» в цілому, що можна забезпечити шляхом удосконалення та оптимізації технологічного процесу його нанесення, зміни складу і конструкції покриття;

2) зниження адгезійної взаємодії контактних майданчиків інструменту з оброблюваним матеріалом шляхом вибору матеріалу покриття або спрямованого зміни його властивостей, що дозволить знизити інтенсивність процесів викришування обсягів інструментального матеріалу в результаті відділення стружки від передньої поверхні при виході інструмента з контакту з заготівлею;

3) зниження величини змінних теплових і силових навантажень, що впливають на інструмент, що може бути забезпечено за рахунок зміни контактної взаємодії робочих поверхонь інструменту з оброблюваним матеріалом шляхом вибору матеріалу покриття або спрямованого зміни його властивостей.

Тобто для максимального підвищення ефективності ріжучого інструменту при торцевому фрезеруванні необхідно створити покриття, що одночасно володіє високою міцністю і тріщиностійкістю, низькою адгезією до оброблюваного матеріалу і властивістю максимально знижувати рівень теплових і силових навантажень на інструмент.

Відповідно, механічні властивості покриття визначаються його складом і структурними параметрами (розмір зерна, фазовий склад, дефектність, текстура, величина залишкових напруг), які в свою чергу визначаються технологічними параметрами процесу осадження.

Так, в роботах науковців Б'якова А.В., Верещака А.С., Моїсєєв В.Ф. досліджено вплив тиску реакційного газу на мікротвердість і тріщиностійкість покриття TiN, міцність його зв'язку з основою, величину залишкових напруг. Показано, що шляхом зміни тиску реакційного газу неможливо домогтися одночасно найбільших мікротвердості і пластичності покриття, міцності зчеплення його з основою,

максимальної величини залишкових стискаючих напружень в покритті і мінімальної адгезії його до оброблюваного матеріалу (рис. 1). Аналогічні результати отримані дослідником Табаков В.П., який досліджував взаємозв'язок температури конденсації зі структурою, залишковими напруженнями, мікротвердістю покриття, міцністю його зв'язку з основою і працездатністю інструменту (рис. 2). Встановлено, що зі збільшенням температури конденсації зростає міцність зчеплення покриття з основою, однак зменшуються мікротвердість покриття, рівень стискають залишкових напружень.

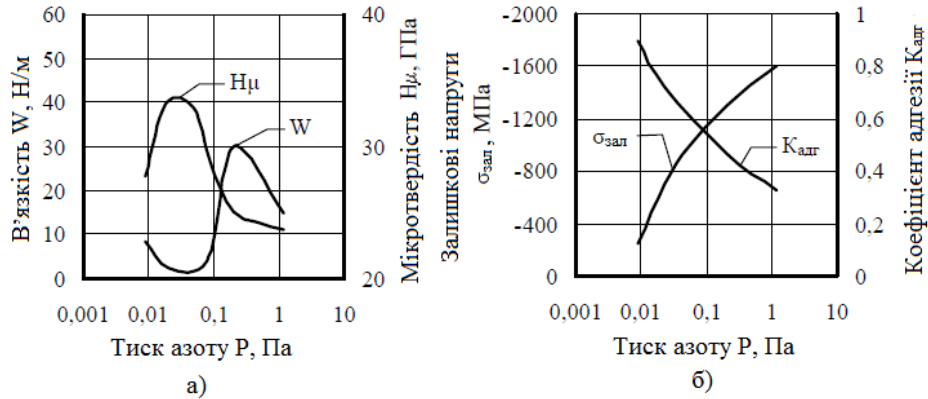


Рис.1. Вплив тиску азоту на мікротвердість і в'язкість руйнування (а), залишкові напруги і коефіцієнт адгезії до оброблюваного матеріалу (б) для покриття TiN

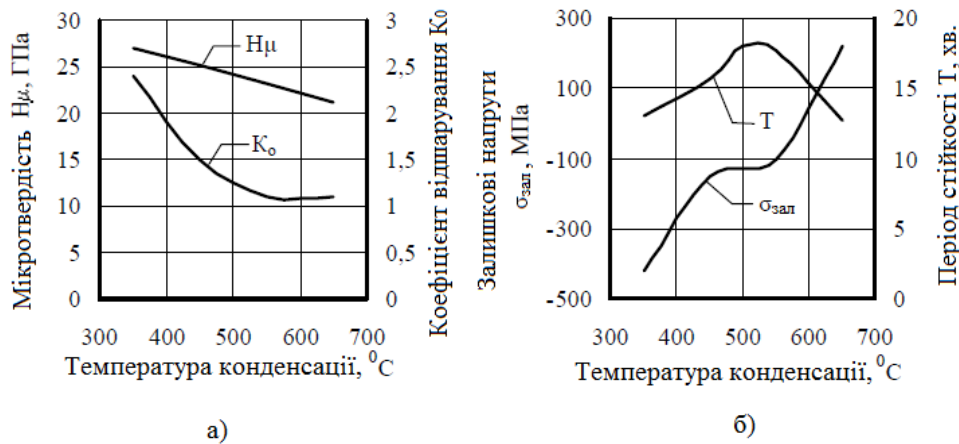


Рис.2. Вплив температури конденсації покриття TiN на мікротвердість і коефіцієнт відшарування (а), величину залишкових напруг і період стійкості інструменту з покриттям (б)

Структура, властивості покриттів і працездатність інструменту залежить від товщини покриття. Проведеними дослідженнями встановлено, що зі зменшенням товщини покриття збільшується його пластичність, міцність зчеплення з основою, зменшується кількість дефектів і розмір зерна, а також змінюється рівень залишкових напружень. Вплив товщини покриття на його властивості відбивається на її оптимальною величиною для різних умов різання.

Більш перспективним напрямком підвищення міцності і тріщиностійкості композиції «покриття - інструментальний матеріал» є створення композиційних покриттів. Покриття складного складу дозволяють більш широко варіювати властивості композиції «покриття - інструментальний матеріал» і підвищувати ефективність ріжучого інструменту при різних видах обробки і різанні різних матеріалів. Це пов'язано з тим, що складні сполуки мають високу термодинамічної стійкістю, твердістю і міцністю, широкою областю гомогенності, що дозволяє змінювати їх властивості в широких межах шляхом зміни складу.

Можливість підвищення працездатності різального інструменту з покриттям на операціях переривчастого різання шляхом зниження адгезійної взаємодії інструменту з оброблюваним матеріалом, а також рівня циклічних теплових і силових навантажень, що діють на інструмент, за рахунок вибору складу покриття практично не досліджено.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПРЯМНИХ СТАНИН МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ТОКАРНОЇ ГРУПИ

Витрати на ремонт і технічне обслуговування металорізальних верстатів в декілька разів перевищують їх вартість. Тому проблема забезпечення надійності і довговічності верстатів при їх виготовленні і ремонті сьогодні носить актуальний характер. Один з напрямків її вирішення безпосередньо пов'язане з підвищенням зносостійкості напрямних станин.

Знос напрямних обумовлений їх неповним захистом від попадання стружки, піску і абразиву і малими швидкостями переміщень, які не дозволяють забезпечити утворення масляних клинів. Напрямні головного руху в основному виходять з ладу через заїдання.

У металорізальних верстатах застосовують два основних типи напрямних: ковзання і кочення.

Напрямні ковзання класифікуються по різних режимах тертя, а саме граничним, гідродинамічним, гідростатичним та змішаним. Найбільшого поширення набули напрямні зі змішаним режимом тертя. Їх перевага полягає в тому, що вони володіють великою навантажувальною можливістю, жорсткістю і здатністю демпферувати. До негативних сторін відноситься сильне тертя, яке обмежує переміщення вузлів і механізмів, що веде до швидкого зносу напрямних.

Напрямні кочення розрізняються типом тіл кочення (ролики або кульки), конструктивними формами, видами кінематики. Вони володіють малим тертям, забезпечують високу плавність переміщень, допускають високі швидкості і прискорення переміщень. Їх основними недоліками є відносно низьке демпферування, підвищена чутливість до забруднення, а також висока вартість.

Можливі випадки застосування комбінованих напрямних, у яких по одним гранях використовується ковзання, за іншими – кочення.

Напрямні верстатів виконують переважно заодно з литою станиною з чавуну різних марок: сірий чавун - СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ35; високоміцний чавун - ВЧ45-5.

Сталеві зварні станини застосовують при відносно простих формах, в індивідуальному і дрібносерійному виробництві, а також при великих навантаженнях. Необхідну зносостійкість зварних станин можна забезпечити за допомогою накладних направляючих. Зазвичай їх виготовляють зі сталі з зміцненням до високої твердості (59 HRC), що підвищує їх зносостійкість.

На рис. 1 показані напрямні токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62, де поверхні 4 ... 6, по яких переміщається задня бабка, значно менше зношуються, ніж поверхні 1...3, 7 і 8. Відповідно, при зносі поверхонь 4, 5 і 6 на 0,03 мм поверхню 8 виявилася зношеною на 0,10 мм, поверхня 7 - на 0,08 мм, поверхня 1 - на 0,05 мм, поверхня 3 - на 0,25 мм і поверхня 2 - на 0,35 мм. Внаслідок такого великого зносу при ремонті доводиться поглиблювати канавки 10, а поверхні 9, 11 і 12 використовувати як базові. Виявлено, що напрямні 2, 3, 7 для переміщення каретки супорта більш навантажені, ніж напрямні для переміщення задньої бабки.

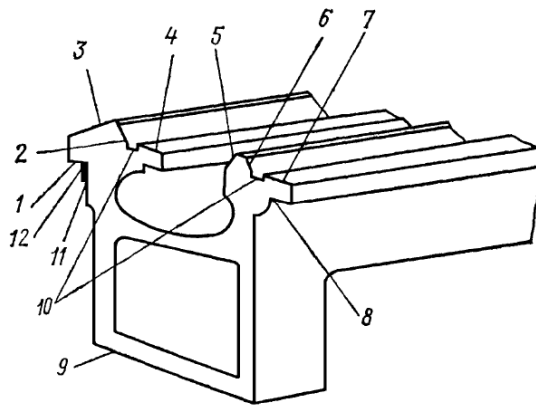


Рис. 1. Напрямні станини токарно-гвинторізного верстата мод. 1К62

Однак швидкості зношування напрямних залежать також і від характеру виконуваних робіт - в патроні або в центрах. В останньому випадку зношуються інтенсивніше і напрямні переміщення задньої бабки.

Відповідно до ГОСТ 18097-93 при ремонті станин токарних верстатів допускається непрямолінійність (в сторону випуклості) не більше 0,02 мм на довжині 1000 мм.

З метою підвищення зносостійкості напрямних станин верстатів застосовується поверхнево-пластичне деформування матеріалу. Обкатка кульками (роликами) плоских поверхонь забезпечує поверхневе

деформування мікронерівностей, зміцнення поверхневого шару деталі і призводить до зниження шорсткості оброблюваної поверхні ($Ra = 0,1 \dots 2,0$ мкм).

Обкатка проводиться на поздовжньо-стругальні верстати після чистового стругання. Негативними факторами, що обмежують використання обкатки кульками (роліками) напрямних, є перенаклеп поверхневих шарів, отримання занадто гладкої поверхні, здатної утримувати масло, нерівномірне протікання в деяких випадках пластичного деформування, пов'язане з неправильним налаштуванням інструменту.

Віб्राційне накатування і вигладжування з утворенням тонкого пластично деформованого зміцненого шару напрямних станин застосовують з метою створення регулярних мікрорельєфів сферичного профілю. Вібронакатування сталевими загартованими кульками застосовують при обробці плоскої поверхні з твердістю до 40 HRC. Вібровигладжуванням з використанням сферичного наконечника з алмазу або іншого надтвердого матеріалу можна обробляти поверхні високої твердості до 50 ... 60 HRC.

При вібраційному накатуванні відбувається створення системи канавок, яка сприяє збільшенню маслоємності поверхні. Зносостійкість напрямних станин верстатів, оброблених, наприклад, способом вібронакатуванням, в 1,6 раз вище в порівнянні з шабрувальними напрямними.

Однак, разом з перевагами, процес вібронакатування має і суттєві недоліки: процес є малопродуктивним і не забезпечує зміцнення всієї оброблюваної поверхні (площа канавок становить лише близько 40%); створена система канавок, крім мастила, утримує тверді частинки, що викликають абразивний знос.

Слід також зазначити, що виготовлення спеціальних кульок з певного матеріалу з заданою точністю для вібраційного накочування надзвичайно ускладнене, а виготовлення сферичних наконечників з будь-якого матеріалу нескладно. Тому вібровигладжування є методом, що має більш широкі технологічні можливості в порівнянні з вібронакочуванням, але в багатьох випадках поступається йому по продуктивності.

Для зміцнення поверхні напрямних використовують статикоімпульсну обробку (СІО). Її особливістю є комбіноване статичне і динамічне навантаження осередку деформації. Основний деформаційний вплив відбувається за рахунок динамічної складової навантаження, яка формується в ударній системі і повідомляється в осередок деформації у вигляді імпульсу.

Технологія зміцнення СІО включає наступні етапи: попереднє статичне і подальше періодичне імпульсне навантаження інструменту. СІО здійснюється за допомогою спеціального розробленого високочастотного генератора механічних імпульсів, що дозволяє регулювати енергію і частоту імпульсів в широкому діапазоні. Перевагами СІО перед іншими способами ППД є високий коефіцієнт передачі енергії зміцнюючої поверхні, можливість впливу на зміцнюючу поверхню керованим імпульсом, компактність пристрою для зміцнення, можливість установки його на металообробне обладнання.

Однак при такому способі обробки можливий перенаклеп поверхні заготовки, що може мати негативні наслідки в процесі експлуатації.

Новим процесом для зміцнення плоских поверхонь є імпульсно-ударна пневмовібродинамічна обробка (ПВДО). Вона призначена для фінішної безабразивної обробки напрямних станин металорізальних верстатів з метою підвищення їх зносостійкості в 1,5...2,0 рази в порівнянні з шліфуваними поверхнями.

Сутність ПВДО полягає в різноспрямованого багаторазовому імпульсно-ударному впливі деформуючих кульок, які отримують ударні імпульси від кульок, на вихідний мікрорельєф оброблюваної поверхні. Джерелом енергії для призводять куль є стиснене повітря, який спрямовується тангенціально розташованими по окружності соплами при його адіабатичному закінченні. Завдяки турбулентному кільцевому потоку стисненого повітря всі кульки інтенсивно охолоджуються, що обумовлює їх значну стійкість.

Використання ПВДО для ремонту направляючих токарного верстата має такі переваги:

- зниження трудомісткості обробки напрямних в 5...6 разів у порівнянні з застосовувалися раніше шліфуванням без охолодження і в 2...3 рази по порівнянню з шліфуванням з використанням охолодження;
- відсутність шаржування оброблюваної поверхні абразивними мікрочастинками;
- відсутність задрів під час підробітки поверхонь пари тертя;
- відсутність мікротріщин, що є осередками руйнування поверхні і корозії і присутніх на поверхні після традиційних способів обробки різанням;
- зменшення коефіцієнта тертя між контактуючими поверхнями на 20%;
- наявність деформаційного зміцненого шару на глибину до 0,1 мм з твердістю на поверхні до 42 HRC в результаті ударної дії сталевих кульок;
- підвищення маслоємності поверхні на 30% за рахунок створення на ній сітки мікролунок, які є одночасно мікропідшипниками.

Аналіз представлених методів підвищення зносостійкості напрямних станин показав, що найбільш прийнятним остаточним способом обробки є поверхневе пластичне деформування, що дозволяє отримати зміцнений поверхневий шар з підвищеними фізико-механічними властивостями і збільшити маслоємність поверхні без значних матеріальних витрат.

Найбільш ефективною фінішною технологією для обробки напрямних станин верстатів токарної групи при їх виготовленні і ремонті на підприємствах є ПВДО, яка містить в собі всі переваги ППД, призводить до зниження зносу і підвищення терміну служби напрямних.

УДК 621.01:621.77.04

Поставенська М.Ю., студ., III курс, гр. ПМ-137, ФКІТМР
Науковий керівник – Мельничук П.П., д.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

ОБРОБЛЮВАНІСТЬ ЖАРОМІЦНИХ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ: ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ

Інтенсивний розвиток енергетики і газотурбінної техніки в першій половині XX століття викликало необхідність у винайденні нового класу матеріалів – жароміцних сталей та сплавів. Такі матеріали мають працювати при високих температурах протягом заданого періоду часу в умовах складно-напруженого стану та володіти достатнім опором до корозії в газових середовищах.

Зазначені вище властивості були отримані за рахунок високого легування хрому, нікелю, вуглецю, марганцю та інших компонентів. Так, сплав жаростійкий і жароміцний на основі нікелю ХН75МБТЮ має в своєму складі <0,1% вуглецю, <0,4% марганцю, <0,8% кремнію, 19-22% хрому, 1,8-2,3% молібдену, 0,35-0,75% титану, 0,35-0,75% алюмінію, <3% заліза. Прикладом також є марки ХН35ВТ, ХН38ВТ, ХН32Т, ХН56ВМТЮ, ХН55МВЮ та інші. Сталі та сплави групи жароміцних широко застосовують при виготовленні деталей ракетно-космічної техніки, в газових турбінах двигунів літаків, кораблів, енергетичних установок, в нафтохімічному обладнанні. До таких деталей можна віднести робочі лопатки, турбінні диски, кільця і інші елементи газових турбін, а також камери згоряння, вузли деталей печей і інших виробів, які тривалий час працюють при підвищених температурах.

Проте такі можливості обумовлені одним із головних недоліків, яким є складність їх виготовлення. Жароміцні сталі та сплави виготовляються в дугових і індукційних електропечах. Виплавка термостійкої сталей вимагає особливих умов та спеціальне обладнання, які не потрібні при виробництві стандартних марок. У складі також має бути достатній вміст вуглецю, щоб забезпечити продукції необхідний рівень міцності. Тому в якості палива використовується газоподібний кисень. Це дозволяє швидко нагрівати метал до високої температури, необхідної для плавлення. Залізо і хром кладуть в піч одночасно, решту компонентів додають в кінці процедури. Протікає процес плавлення при температурі близько 1800 градусів за Цельсієм. Також при виготовленні потрібно чітко дотримуватися відповідної кількості легуючих елементів і не виходити за задані допуски. Відповідно до Держстандарту 5632-72 жароміцна сталь не повинна містити домішок свинцю, сурми, вісмуту, олова і миш'яку. Це пов'язано з тим, що частина із зазначених металів має невелику температуру плавлення, і їх наявність в структурі матеріалу може негативно позначитися на його жаростійких властивостях.

Окрім складності виготовлення, високоякісні фізико-механічні характеристики цих сталей та сплавів значно ускладнюють їх обробку, а саме поєднання високої межі міцності з великою в'язкістю, здатність до сильного зміцнення (наклепу) і низька теплопровідність при обробці сприяє виникненню великих сил різання, високої температури, інтенсивного зносу ріжучого інструменту. При цьому якість оброблюваної поверхні не досягається бажаної. Для кількісної оцінки оброблюваності використовують коефіцієнт оброблюваності K_o , що визначається відношенням швидкості різання, допустимої при обробці даного матеріалу, до допустимої швидкості різання деякого еталонного матеріалу. Як еталонний матеріал для сталей використовується сталь 45, коефіцієнт оброблюваності якої приймається за одиницю; Так сталі хромисті феритного і мартенситного класів мають коефіцієнт обробки 0,65, в той час як сплави на нікелевій основі жароміцні ливарні - 0,04. Низькі показники показують що питання вимагає рішучих дій до знаходження нових методів покращення обробки. Прикладом є обробка жароміцних матеріалів різанням. Висока контактна температура на поверхнях різального інструменту при великому питомому тиску сприяє «злипання» (схоплюванню), що вельми обмежує застосування інструменту, оснащеного твердим сплавом, і зовсім виключає його застосування при переривчастому різанні. У цих умовах процес різання здійснюється тільки швидкорізальними інструментами зі сталі Р6М3 або швидкорізальної сталі, легуваної кобальтом Р9К5 та Р9К10. Але так як, швидкорізальна сталь витримує температуру тільки до 600 °, то обробку різанням (при переривчастому різанні з ударами) ведуть з обмеженою швидкістю. Підвищити істотно швидкість різання на сьогодні не представляється можливим.

Таким чином, зі зазначених вище наведених даних, потрібно розуміти, що першочергово проблема обробки жароміцних сталей та сплавів повинна вирішуватися через пошук правильно підібраних інструментів, а саме, через покращення їх хімічного складу та фізико-механічних властивостей. Тому, на сьогодні, це питання вимагає більшої уваги усіх молодих науковців, а також є актуальним до більш глибоко вивчення для автора у подальшому майбутньому.

Поставенська М.Ю., студ., гр. ПМ-137, ФКІТМР
Шостачук А.М., к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ СИЛИ ТЕРТЯ НА РЕЗУЛЬТАТИ СИЛОВОГО РОЗРАХУНКУ КРИВОШИПНО-ПОВЗУНКОВОГО МЕХАНІЗМУ

Механізмом називають систему тіл, призначену для перетворення руху і сил, які прикладені до одного або кількох тіл, у необхідні рухи та сили інших тіл. Механізми класифікують за наступними ознаками: по області застосування і функціональному призначенню, по виду передаточної функції, по виду перетворення руху, по руху і розташуванню ланок у просторі, по змінності структури, по виду кінематичних пар, по способу передачі, по конструктивному виконанню і руху ланок. Під час руху механізму в кінематичних парах діють сили, що є силами взаємодії між ланками. Сили взаємодії ланок, що виникають в місцях їх дотику, називають реакціями в кінематичних парах. Навантаженість кінематичних пар реакціями є важливою динамічною характеристикою механізму. Знання сил в кінематичних парах має велике практичне значення для розрахунків ланок механізму на міцність, жорсткість, віб्रोустійкість, стійкість проти спрацювання та для проведення інших подібних розрахунків, що виконуються при проектуванні механізмів. Таким чином силовий розрахунок включає, перш за все, визначення реакцій у кінематичних парах. Зовнішні сили, що прикладені до ланок механізму, як правило, задані. Визначенню підлягає лише зовнішня зрівноважувальна сила (зрівноважувальний момент), що прикладена до вхідної ланки, при якій забезпечується прийнятий закон її руху.

Таким чином, силовий розрахунок механізмів будемо виконувати методом кінетостатики, умовно приклавши до кожної рухомої ланки механізму, крім зовнішніх сил (моментів), головний вектор та головний момент сил інерції. Тоді для кожної ланки можна записати три рівняння кінетостатики. Нагадаємо, для рівноваги довільної плоскої системи тіл необхідно і достатньо, щоб сума проєкцій усіх сил на кожну з двох координатних осей і сума їх моментів відносно будь-якого центра, що лежить у площині дії сил, були рівні нулю.

Як приклад, на рис.1,а наведена кінематична схема важільного механізму, призначеного для перетворення обертального руху вхідної ланки 1 у зворотнопоступальний рух вихідної ланки 3. Застосовується цей механізм у двигунах внутрішнього згоряння, у поршневих насосів, у манометрах. На ланки структурної групи діють сили ваги другої та третьої ланок G_2 та G_3 , сила корисного опору $P_{к.о.}$ і сила тертя $F_{тр.}$.

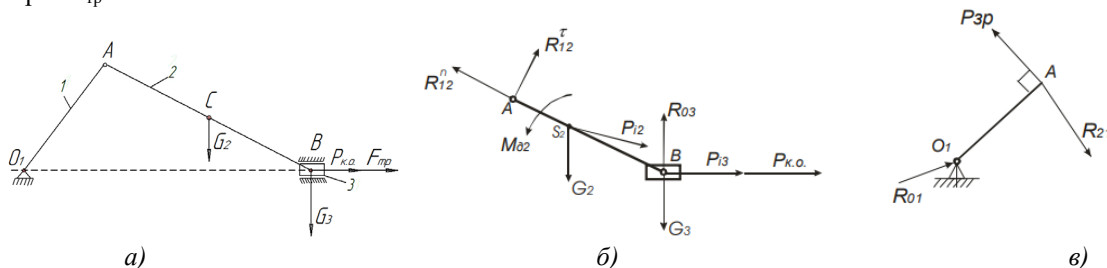


Рис.1. До силового розрахунку кривошипно-повзункового механізму: а – кінематична схема механізму, б – сили, які діють на структурну групу (включаючи сили інерції та моменти від сил інерції), в – сили, які діють на механізм I-го класу

В теорії механізмів і машин досить широке застосування отримав метод силового розрахунку механізмів на основі звичайних рівнянь рівноваги твердих тіл. Суть методу зводиться до застосування рівнянь рівноваги у формі Д'Аламбера. Для цього силу інерції, яка є протидією тіла, що прискорюється, та яка прикладена до тіла, що надає це прискорення, умовно переносять на тіло, що прискорюється. Перенесена сила зрівноважується з усіма зовнішніми силами, в тому числі і з реакціями, що діють на це тіло. Стосовно механізмів суть методу може бути сформульована так: якщо до всіх зовнішніх сил, що діють на ланку (групу Ассура, механізм) додати сили інерції (моменти), то під дією усіх цих сил ланку (групу Ассура, механізм) можна розглядати як таку, що умовно знаходиться в рівновазі. Цей метод дозволяє записати рівняння руху в формі рівнянь рівноваги, тим самим задачу динаміки розв'язати методами статки.

Таким чином, при застосуванні принципу Д'Аламбера до розрахунку механізмів, крім зовнішніх сил, вводяться в розрахунок сили інерції, які виникають при русі ланок і діють як додаткові (фіктивні) сили. Для зручності розрахунків незлічену систему елементарних сил інерції, що відповідають точковим масам, замінюють рівнодійними силами та парами. В загальному випадку, якщо тіло (ланка) здійснює

плоскопаралельний рух, частіше за все елементарні сили інерції зводяться до одного головного вектора сил інерції, прикладеного в центрі мас тіла, та головного моменту сил інерції. Головний вектор сил інерції спрямований протилежно вектору прискорення центра мас. Головний момент сил інерції спрямований протилежно кутовому прискоренню.

Метод силового розрахунку механізму з врахуванням сил інерції та застосуванням рівнянь динамічної рівноваги часто називають кінетостатичним розрахунком механізмів, на відміну від статичного розрахунку, при якому не враховуються сили інерції. У сучасних швидкохідних машинах слід обов'язково враховувати сили інерції ланок механізму, бо значення цих сил можуть значно перевищувати за величиною прикладене зовнішнє навантаження.

На ланки структурної групи (рис.1,б) діють: динамічний момент $M_{д2}$, сили ваги другої та третьої ланок G_2 та G_3 , сили інерції другої та третьої ланок F_{i2} та F_{i3} , сила корисного опору $P_{ко.}$, реакція опори на третю ланку R_{03} , реакція дії першої ланки на другу з нормальною R_{12}^n і тангенціальною R_{12}^t складовими. Тоді векторна сума всіх сил, що діють на ланки буде дорівнювати:

$$\vec{R}_{12}^n + \vec{G}_2 + \vec{F}_{i2} + \vec{G}_3 + \vec{F}_{i3} + \vec{P}_{ко.} + \vec{R}_{03} = 0. \quad (1)$$

Далі розглядаємо первинний механізм рис.1,б. На нього діють: реакція дії опори на першу ланку R_{01} , реакція дії другої ланки на першу R_{21} та зрівноважувальна сила $P_{зр}$. Векторна сума всіх сил, що діють на ланки буде дорівнювати:

$$\vec{R}_{21} + \vec{R}_{зр} + \vec{R}_{01} = 0. \quad (2)$$

Після проведення силового розрахунку, додаємо до всіх сил також силу тертя. Для знаходження сили тертя реакцію сили R_{03} множимо на коефіцієнт тертя:

$$F_{тр} = R_{03} \cdot f_{тр} = 0. \quad (3)$$

Ця сила направлена в тому ж напрямку, що і сила корисного опору $P_{к.о.}$, тобто протидії руху повзуна. Знову будемо векторний силовий багатокутник, проте беручи до уваги $F_{тр}$.

Аналогічно проводимо такий аналіз ще 3 рази і встановлюємо залежність між реакцією опори R_{03} і зрівноважувальною силою $P_{зр}$ від сили тертя, ця залежність представлена на рис.2.

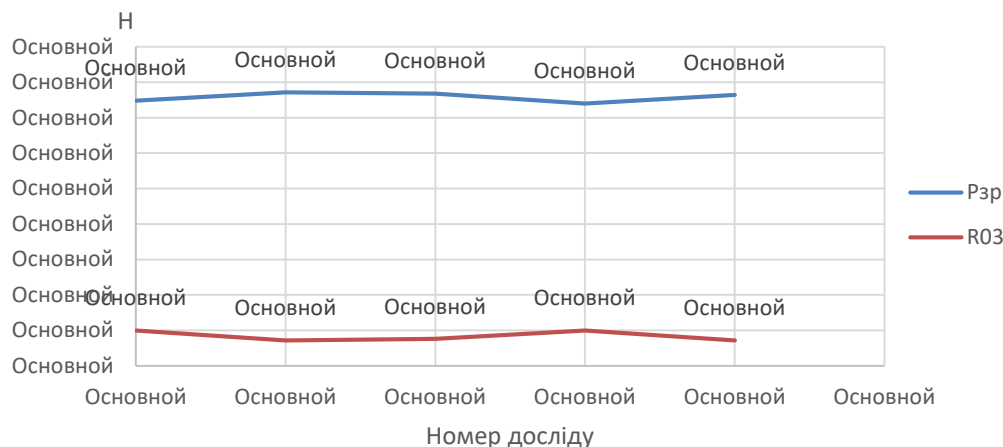


Рис. 2. Графік залежності зрівноважувальної сили $P_{зр}$ та нормальної реакції стояка R_{03} від сили тертя

Висновок: в ході проведення дослідження ми бачимо залежність зрівноважувальної сили від рівнодіючої сили R_{03} . Зі збільшенням сили R_{03} зрівноважувальна сила $P_{зр}$ зменшується. Це пояснюється тим що рівнодійна сила впливає також на величину сили R_{12} (як ми бачимо на плані сил на рис.3), яка в свою чергу є найважливішою складовою при обчисленні зрівноважувальної сили. Тому зі зменшенням R_{03} зрівноважувальна сила збільшується.

Прихожа Д.В., магістрант
Науковий керівник – Антонюк В.С., д.т.н., проф.
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Максименко М.М., магістрант, гр. ЗПМ-18м, ФКІТМР
Назаркевич Ю.А., магістрант, I курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Полонський Л.Г., д.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФРАГМЕНТОВАНОСТІ ЗНОСОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ

Однією з особливостей модифікованих поверхневих шарів конструкційних матеріалів є наявність залишкових напружень у функціональних покриттях, які впливають на робочі характеристики та довговічність деталей та інструменту з покриттями, а також на параметри міцності як самого покриття, так і системи основа-покриття. Тому виникає потреба врахувати ці напруження, з'ясовуючи технологічні фактори та параметри топографії поверхні покриття в залежності від знаку, та розподілу навантаження.

Досвід експлуатації деталей і різального інструменту свідчить про те, що втрата працездатності покриття пов'язана з напруженнями які виникають в поверхневому шарі. Тому розробка науково-обґрунтованих методів формування поверхонь з покриттями, які відповідають вимогам експлуатації і забезпечують їх працездатність, базується на новому технологічному напрямку – інженерії поверхні.

Особливий інтерес становить створення на поверхнях зносостійких покриттів такої структури їх поверхні, яка підвищує працездатність деталей та інструменту. Традиційні суцільні покриття характеризуються високим рівнем залишкових напружень, які в процесі експлуатації призводять до втрати когезійної і адгезійної міцності, тобто вони розтріскуються або відшаровуються від основи.

В зв'язку з цим необхідно визначити можливості врегулювання рівня залишкових напружень в покриттях і досягти цього можна шляхом формування відповідної архітектури поверхні покриттів. Досить простим і доступним з точки зору практичної реалізації є метод формування фрагментованості покриттів з підвищеними характеристиками когезійної і адгезійної міцності, який дозволяє зменшити рівень залишкових напружень у покритті.

По-перше, фрагментованість ділянок покриття з урахуванням пружно-деформованого стану поверхні, обумовленого умовами експлуатації і дозволяє запобігти когезійному розтріскуванню та адгезійному відшаруванню в умовах навантаження. По-друге, такі покриття дозволяють значно підвищити стійкість деталей пар тертя та різального інструменту за рахунок утворення вторинних структур, які, затримуючись у фрагментованих проміжках, виконують роль мастильного матеріалу.

Тому для запобігання адгезійному руйнуванню покриття пропонується обирати розмір фрагментованої ділянки, виходячи з розрахунку кроку тріщин, що виникають у покритті внаслідок дії зовнішнього навантаження і залишкових напружень.

Слід відмітити що основний матеріал деталей та різального інструмента у фрагментованих проміжках не піддається впливу дотичних складових навантаження: дотичні напруження дорівнюють нулю, а нормальні знаходяться за межами сусідніх фрагментованих ділянок і взаємно компенсуються.

Така відносна розвантаженість фрагментованих ділянок інструменту особливо важлива за зоною різання, яка характеризується напруженнями розтягу. Незв'язність ділянок покриття між собою призводить до розвантаження самого покриття від виникаючих в ньому напружень розтягу, якому крихке покриття погано чинить опір. Крім того, напруження розтягу в покритті сильно залежать від коефіцієнта тертя, який знижується для покриттів фрагментованого типу.

Елемент фрагментованої ділянки покриття можна розглядати як балку на пружній основі з жорстко затиснутими кінцями. Як модельне навантаження розглядали силу P , яка діє в напрямку осі z і прикладена в центрі ділянки товщиною H в точці з координатою $x = l/2$ (рис. 1).

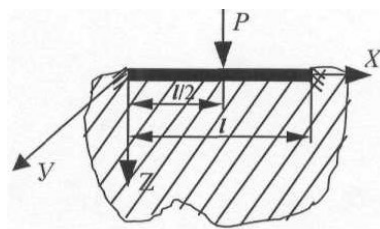


Рис. 1 - Схема ділянки дискретного покриття довжиною l

Переваги покриттів фрагментованого типу пов'язані з тим, що в умовах експлуатаційного навантаження площа контакту «інструмент – деталь» не є постійною: вона змінюється зі зміною контактного тиску, а також залежить від розмірів і матеріалу оброблюваної деталі.

Для PVD-покриттів, як правило, характерним є високий рівень залишкових напружень стиску, з яким пов'язують підвищення їх тріщиностійкості, зносостійкості і корозійної стійкості. Разом із тим, залишкові напруження стиску можуть привести до відшарування покриття з його подальшим розтріскуванням. Формування покриттів дискретного типу дозволяє обмежити величину залишкових напружень стиску, зберігаючи їх на «корисному» рівні, і уникнути відшарування покриття.

Висновки. Запропонований підхід до фрагментизації покриття показав, що в залежності від характеру навантаження і пружних характеристик покриття і основи, існує можливість визначення такого розміру фрагментованої ділянки, яка дозволить мінімізувати максимальні нормальні напруження, що виникають у поверхневому шарі покриття. Таким чином, використання фрагментованості дискретного шару покриття дозволяє вирішити проблему його гарантованої і надійної роботи деталей та інструменту і запобігти їх передчасному руйнуванню.

Райковська Г.О., д.пед.н., проф.
Таргоній К.О., магістрант, I курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
Шишкова О.А., магістрант, I курс, гр. МБМ-135, ФКІТМР
Житомирський державний технологічний університет

ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ФАСОННИХ ДЕТАЛЕЙ

Важливим завданням машинобудування є вдосконалення виробництва. Для цього необхідно покращувати технологію виробництва, шляхом введення прогресивних методів отримання заготовок, вдосконалення їх механічної обробки. Також потрібно пам'ятати про зниження собівартості виробництва продукції і підвищення продуктивності праці. Впровадження безлюдних, безвідходних та енергозберігаючих технологій, економія сировини та енергетичних ресурсів, вдосконалення обладнання дозволять підвищити довговічність виробів і безвідмовність їх роботи.

Таким чином, сьогодні для досягнення успіху на ринку промислове підприємство змушене працювати над скороченням терміну випуску продукції, зниженням її собівартості й підвищенням якості. Стрімкий розвиток комп'ютерних та інформаційних технологій призвело до появи CAD / CAM-систем, які є найбільш продуктивним інструментом для вирішення цих завдань.

Під CAD-системами (computer-aided design – комп'ютерна підтримка проектування) розуміють програмне забезпечення, яке автоматизує працю інженера-конструктора і дозволяє вирішувати завдання проектування виробів та оформлення технічної документації за допомогою персонального комп'ютера.

CAM-системи (computer-aided manufacturing – комп'ютерна підтримка виготовлення) автоматизують розрахунки траєкторій переміщення інструменту для обробки на верстатах з ЧПК і забезпечують видачу керуючих програм за допомогою комп'ютера.

У машинобудуванні більшість деталей, що необхідні для виробництва машин, оброблюються на металообробних верстатах. Ефективність їх виготовлення визначається ефективністю отримання деталей заданої форми, розмірами і якістю поверхні на наявних у підприємства верстатах при мінімально можливих витратах часу, коштів і енергії.

Ефективність токарної обробки залежить від багатьох факторів, зокрема на неї суттєво впливають збурення, які діють під час обробки заготовки. Ці збурення умовно можна розділити на швидкоплинні (сталість процесу різання, точність формоутворення у поперечному перетині деталі, нерівномірність твердості матеріалу заготовки) та повільні (поступове розмірне зношування інструменту, зміна точності формоутворення у поздовжньому напрямку деталі), при цьому суттєвий вплив на вихідні параметри процесу обробки (точність та шорсткість) мають саме швидкоплинні. Основними з них є зміна величини припуску, що знімається, твердість заготовки, що обробляється, і стан інструмента.

Як бачимо, під дією збурень змінюються значення показників ефективності обробки. І одним з можливих шляхів підвищення ефективності є управління, яке здійснюється під час обробки швидкостями робочих рухів верстатів, а також розробка систем управління процесом різання, які підвищують ефективність обробки на верстатах як з числовим програмним управлінням (ЧПУ), так і без нього.

Отже, машинобудівна промисловість потребує підвищення ефективності обробки деталей на токарних верстатах. Проте, це стримується відсутністю відповідних методів управління і принципів побудови систем управління робочими рухами верстатів. І це дає підстави констатувати, що дослідження даного питання є актуальним, науково-прикладною проблемою, вирішення якої сприятиме підвищенню продуктивності, зменшенню собівартості та витрат енергії при виконанні токарної обробки, зокрема фасонних деталей на металообробних верстатах і підвищенню конкурентоспроможності продукції машинобудівної промисловості.

Верстати токарної групи застосовуються найчастіше для обробки тіл обертання. При виконанні робіт на цих верстатах забезпечується отримання зовнішніх і внутрішніх циліндричних та конічних поверхонь, фасонних поверхонь, торцевих площин і ін.

Фасонні поверхні деталей (як зовнішні, так і внутрішні) утворені криволінійною твірною, комбінацією прямолінійних твірних, розташованих під різними кутами до осі деталі, або комбінації криволінійних і прямолінійних твірних обробляють спеціальними фасонними різцями з поперечною подачею супорта.

Розглянемо більш детально існуючі методи утворення фасонних поверхонь на токарних верстатах, а саме: використовуючи ручну поперечну і поздовжню подачу різця відносно заготовки з підгонкою профілю оброблюваної поверхні по шаблону; обробкою фасонними різцями, профіль яких відповідає профілю готової деталі; використовуючи поперечну й поздовжню подачу різця відносно заготовки, а також пристосування та копіювання пристрою, що дозволяють обробити поверхні заданого профілю; шляхом комбінування перерахованих вище методів для підвищення точності й продуктивності обробки.

Основним інструментом для роботи на токарно-гвинторізному верстаті є токарний різець. Їх існує велика кількість, є окремі різці для точіння, підрізання, відрізання конічних та циліндричних поверхонь,

також різці за допомогою яких можна нарізати як зовнішню так внутрішню нарізь. Вони можуть пересуватися поздовж, поперек та під кутом до осі обертання деталі. Поєднання таких рухів деталі та різального інструмента – різця дає змогу отримувати різноманітні поверхні нарізі: циліндричні, конічні, фасонні, гвинтові.

Фасонні різці – це різці в яких ріжуча кромка збігається із криволінійним або східчастим профілем оброблюваної поверхні. З огляду нашого дослідження розглянемо більш детально типи фасонних різців та їх призначення.

Фасонний різець для обробки вогнутої поверхні. Перевага таких різців – простота й порівняно низька вартість виготовлення. Їх істотний недолік полягає в тому що після декількох, а іноді двох-трьох переточувань по передній поверхні (а для збереження профілю їх можна переточувати тільки по передній поверхні) пластинка сточується, висота по центру при установці зменшується й різець стає непридатним для подальшої роботи. Тому стрижневі фасонні різці застосовують переважно в тих випадках, коли робота не має масового характеру й профіль різців простий.

Призматичний фасонний різець. Передньою поверхнею служить торець бруска, з якого виготовлений різець, а задній кут утворюється завдяки похилому положенню різця в державці. Для закріплення в державці призматичний різець по всій довжині (із задньої сторони) має виступ у формі ластівчиного хвоста, що входить у такий же паз державки. Державка надрізана, тому при затягуванні гвинта вона стискується й різець утримується в ній досить міцно. Недолік різця – складність виготовлення.

Дисковий фасонний різець. Передня поверхня дискового різця розташовується нижче його осі на величину h , що створює необхідний задній кут. Якщо це зниження дорівнює $1/10$ діаметра різця, задній кут його виходить близько 12° . Передній кут фасонних різців у більшості випадків рівний 0° . При цій умові спрощується виготовлення різця; крім того, різець не затягується в деталь і оброблювана поверхня виходить якісною. Ширина фасонних різців не перевищує звичайно 40 мм, але іноді застосовуються фасонні різці шириною до 100 мм.

Для одержання правильного профілю оброблюваної поверхні фасонний різець необхідно встановлювати так, щоб його ріжуча кромка була точно на висоті центрів верстата. Положення фасонного різця, якщо на нього дивитися зверху, варто перевіряти за допомогою маленького кутника.

При закріпленні фасонних різців необхідно особливо ретельно виконувати загальні правила закріплення різців.

Подача фасонного різця в більшості випадків здійснюється вручну. Вона повинна бути рівномірною й не перевищувати 0,05 мм/об при ширині різця 10-20 мм і 0,03 мм/об при ширині понад 20 мм. Слід відмітити, що подача повинна бути менша, чим менший діаметр оброблюваної деталі. При обробці ділянки деталі, розташованої близько до патрона (або до задньої бабки), подачу можна брати більшу, ніж при обробці ділянки, розташованої порівняно далеко від патрона (або від задньої бабки).

Обробка фасонних поверхонь при одночасній дії поздовжньої і поперечної ручних подач різця проводиться при невеликій кількості оброблюваних деталей або при порівняно великих розмірах фасонних поверхонь. У першому випадку виготовлення навіть звичайного фасонного різця недоцільно, у другому – потрібен був би дуже широкий різець, робота яким неминуче викликала б вібрації деталі.

Зняття припуску проводиться гостроносим чистовим або прохідним різцем. Для цього переміщують (вручну) поздовжні напрямні вліво й одночасно поперечні напрямні супорта вперед та назад. При обробці порівняно невеликих фасонних поверхонь поздовжню подачу здійснюють використовуючи верхні напрямні супорта, встановленого так, щоб напрямні їх були паралельні центровій лінії верстата; для поперечної подачі застосовують поперечні напрямні супорта. У всіх випадках вершина різця буде переміщатися по кривій. Після декількох проходів різця й при правильному співвідношенні величин подач (поздовжній та поперечній) оброблювана поверхня одержить необхідну форму. Для виконання цієї роботи потрібні навички. Досвідчені токарі, обробляючи фасонні поверхні таким способом, користуються автоматичною поздовжньою подачею, переміщаючи одночасно і поперечний супорт вручну.

Також слід відмітити, що фасонні різці працюють у важких умовах, так як зрізають широку стружку. Тому поперечну подачу для них слід вибирати занижену в межах 0,02-0,08 мм/об залежно від жорсткості деталі. Зважаючи на невеликі глибини фасонного профілю, подачу різця зазвичай здійснюють вручну. Для зачистки обробленої поверхні в кінці робочого ходу різця рекомендується зробити невелику витримку, а потім відвести його від деталі.

Підсумовуючи вище зазначене, можна зробити висновок, що для отримання в процесі токарної обробки фасонної деталі заданої точності необхідно, в кінцевому рахунку, забезпечити сталий відносний формоутворюючий рух заготовки та інструмента, використовуючи CAD / CAM-системи.

Шостачук А.М., к.т.н., доц.
Якимчук Д.М., студ., гр. ПМ-137, ФКІТМР
Житомирський державний технологічний університет

РОБОТИ В ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Перші роботи з'явилися в США в 60-х роках минулого століття. Промисловий робот був оснащений двопальцевим пристроєм для захоплення на пневмоприводі й «рукою» на гідроприводі з п'ятьма ступенями свободи. Його характеристики дозволяли переміщати 12-кілограмову деталь із точністю до 1,25 мм. «Розумна» машина запам'ятовувала координати точок свого маршруту й виконувала роботу згідно з програмою. Такі промислові роботи, яких можна вважати роботами першого покоління, у вартісному вираженні містили 75% механіки і 25% електроніки. Їх переналагодження вимагало часу й обумовлювало простого устаткування. Для перепрофілювання їх з метою виконання нової роботи проводилася заміна програми керування. Друге покоління передбачало більш тонке керування промисловими роботами – адаптивне. Роботи вимагали «впорядкування» середовища, в якому вони працювали. Тому цей етап характеризувався розробкою безлічі датчиків, за допомогою яких робот отримав так звану чутливість. Завдяки їй він отримував інформацію про зовнішнє середовище і у взаємозгодженості із довкіллям вибирав оптимальний варіант дії. Наприклад, взявши деталь, маніпулятор робота самостійно оминав з нею перешкоди. Відбувається така дія завдяки мікропроцесорній обробці отриманої інформації. Операції при їх виконанні підлягають адаптації, тобто ініціюється багатоваріантність для покращення якості виконання будь-якої функції. Адаптивне керування в основному здійснюється програмно й базується на багатоваріантному програмному забезпеченні. При цьому рішення про вибір типу роботи програми приймається роботом на підставі інформації про середовище, описаної детекторами. Характерною рисою функціонування робота другого покоління є попереднє встановлення режимів роботи, кожен з яких активується при певних показниках, отриманих із зовнішнього середовища. Роботи-автомати третього покоління здатні самостійно генерувати програму своїх дій залежно від завдання й умов зовнішнього середовища. У них немає розписаних технологічних дій при певних варіантах зовнішнього середовища. Вони володіють умінням самостійно оптимально вибудовувати алгоритм своєї роботи, а також оперативно реалізовувати його практично. Вартість електроніки такого промислового робота в десятки разів вища його механічної частини. Новітній робот, здійснюючи захоплення деталі завдяки сенсорам, «знає», наскільки вдало він це зробив. Крім того, регулюється сама сила захоплення (завдяки зворотному зв'язку по зусиллю) у залежності від крихкості матеріалу деталі. Можливо, саме тому пристрій промислових роботів нового покоління називають інтелектуальним. «Мозком» такого приладу є система його керування. Найбільш перспективним є регулювання, яке здійснюється відповідно до методів штучного інтелекту. Інтелект цим машинам задають пакети прикладних програм, програмовані логічні контролери, інструменти моделювання.

Маніпулятор – керований пристрій, оснащений робочим органом для виконання рухових функцій, аналогічних до функцій руки людини, під час переміщення об'єктів у просторі. Виконавчий механізм будь-якого маніпулятора – це багатоланковий просторовий механізм, який може мати у загальному випадку поступальні, обертальні, циліндричні, сферичні та сферичні з пальцем кінематичні пари. В залежності від поставленої задачі маніпулятор повинен забезпечувати різне число ступенів вільності захоплювача. Наприклад, для відтворення просторового руху захоплювача у загальному випадку маніпулятор повинен мати шість ступенів вільності, які можна реалізувати за допомогою семиланкового кінематичного ланцюга з виключно обертовими парами. Якщо ж потрібно відтворювати просторову траєкторію лише однієї точки захвату, то необхідне число ступенів вільності зменшується до трьох, тобто з'являються надлишкові ступені вільності, які дають змогу оптимізувати кінематичні, динамічні, енергетичні та інші критерії якості процесу маніпулювання. Надлишкові (зайві) ступені вільності називають також маневреністю маніпулятора, яка є важливою його характеристикою. Збільшення числа ступенів маневреності маніпулятора розширює його можливості при виконанні складних рухів: збільшує робочий простір, зменшує мертві зони, розширює варіантність вибору траєкторій рухів у стиснених умовах. Структура промислового робота (ПР) є наступною: механічна система (маніпулятор), система програмного керування (ЕОМ), інформаційна система. Конструктивно ПР складається з таких вузлів: основа (рама), привід (двигун), передаточні механізми, виконавчий механізм і захватні пристрої.

Різні аспекти застосування промислових роботів розглядаються, як правило, в рамках типових проектів промислового виробництва: виходячи з наявних вимог, вибирається оптимальний варіант, в якому конкретизований необхідний для даної задачі тип роботів, їх кількість, а також вирішуються питання інфраструктури живлення (силові підводки, подача охолоджуючої рідини - у разі використання рідинного охолодження елементів оснащення) та інтеграції у виробничий процес (забезпечення заготовками/напівфабрикатами і повернення готового продукту в автоматичну лінію для передачі

наступній технологічній операції). Промислові роботи у виробничому процесі здатні виконувати основні і допоміжні технологічні операції. До основних технологічних операцій належать операції безпосереднього виконання формоутворення, зміни лінійних розмірів заготовки та ін. До допоміжних технологічних операцій ставляться транспортні операції в тому числі операції з завантаження та вивантаження технологічного обладнання. Серед найпоширеніших дій, виконуваних промисловими роботами, можна назвати наступні: завантаження/розвантаження технологічних машин, верстатів, маніпулювання деталями (наприклад: укладання, сортування, транспортування і орієнтація), переміщення деталей і заготовок від верстата до верстата або від верстата до систем змінних піддонів, зварювання швів і точкове зварювання, збірка механічних і електричних деталей, збірка електронних деталей, фарбування, укладка кабелю, виконання операцій різання з рухом інструменту по складній траєкторії та ін.

Економічна ефективність – один з найбільш переконливих аргументів на користь промислових роботів. Роботи скорочують виробничі витрати за рахунок усунення внутрішніх витрат на компенсацію заробітної плати працівників. Підприємці прогнозують, що їх рентабельність буде збільшуватися після впровадження роботів у виробництво або що у них буде більше фінансової мобільності для інвестицій в нові продукти або технології. Забезпечення якості підвищується з використанням машин у виробництві. Промислові роботи зможуть забезпечити узгодженість продукції, що випускається з масовим виробництвом. Можливість людської помилки, з якою можуть зіткнутися співробітники складальної лінії, буде виключена. Оптимізована ефективність виробництва означає, що генеральний менеджер зможе встановити кількість і стандарти якості, які будуть виконуватися роботами. Квоти на виробництво не будуть наражатися на небезпеку через низьку концентрацію, перерви і травми співробітників. Зниження рівня небезпеки, що надається працівникам на робочому місці, є привабливим для керівників, щоб зберегти репутацію компанії і звести до мінімуму потенційні юридичні зобов'язання.

Втрата робочих місць, безумовно, є найбільш значною позицією, яка часто виникає проти використання роботів в промисловості. Працівники промисловості всіх рівнів, від початкового рівня до ветеранів, турбуються про безпеку свого статусу зайнятості та здатності роботів замінити їх на робочому місці. Як можна компенсувати це масове безробіття і як можна обмежити передбачуваний успіх роботизації від просочування в інші галузі? Збільшення інвестиційних витрат являє собою фінансовий контрапункт для промислової роботизації, з огляду на те, що виробничі компанії вкладатимуть гроші в роботизовані технології. Фірми, які не мають фінансування, можуть навіть збанкрутувати, прагнучи не відставати від галузевих тенденцій, а не продовжувати нормалізовану операційну діяльність. Усунення цілого класу робочої сили, очевидно, має відбуватися, але наслідки цього моменту занадто великі, щоб їх не враховувати. Залучення роботів до виконання роботи для некваліфікованої робочої сили надасть більший тиск на економіку, систему освіти і фінансовий ринок, якщо враховувати тільки кілька факторів. Роботи загрожують ліквідувати деякі аспекти людського населення, взявши на себе виробничі робочі місця.

В майбутньому очевидні принципіальні можливості робототехніки в завершені комплексної автоматизації виробництва. Необхідно вважати перспективним створення нових типів ПР агрегатного типу (модульний принцип побудови ПР), адаптивних роботів більш досконалих ніж ті які випускаються тепер, роботів з штучним інтелектом (III покоління). Будуть розширені області застосування ПР: космос і море, гірнична справа (добуток корисних копалин, підземні води на інших планетах сонячної системи), с/г виробництво, охорона приміщень, обладнання, машини тощо. Можна визначити проблеми, які будуть вирішувати в майбутньому роботи: створення штучного інтелекту високого рівня; створення рухомих роботів; створення самонавчаючих роботів. Одним із важливих факторів, які будуть вирішувати розвиток робототехніки в майбутньому – це мініатюризація (зменшення масштабів ЕОМ) засобів обчислювальної техніки, збільшення швидкодії і підвищення надійності їх роботи. Немалі проблеми викликає задача створення компактних і потужних приводів, які були б швидкодіючі, високоточні і малогабаритні. Великий вплив на проблему створення роботів нових поколінь може мати біоніка, так як вивчення принципів побудови і функціонування біологічних систем з метою створення нових конструкцій ПР роботів дуже важлива. Очевидно, що в майбутньому роботи корінним чином змінять характер трудової діяльності людини, підвищать культуру праці, тобто зроблять наше життя кращим.

Ярмошук І.В., магістрант, І курс, гр. ТМ-135м, ФКІТМР
Науковий керівник – Полонський Л.Г., д.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ НА ОПЕРАЦІЯХ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ

Одним з перспективних способів підвищення працездатності різального інструменту є нанесення на його робочі поверхні зносостійких покриттів. З розроблених в нашій країні методів нанесення покриттів найбільш широке застосування отримав метод конденсації речовини у вакуумі з іонним бомбардуванням (метод КІБ). Метод КІБ універсальний з точки зору нанесення зносостійких покриттів різного складу і будови, що дозволяє змінювати властивості поверхневого шару як твердосплавного, так і швидкоріжучого інструменту в широких межах. Застосування покриттів, отриманих методом КІБ, дозволяє істотно підвищити період стійкості різального інструменту при обробці заготовок з конструкційних матеріалів. В останні роки розвиток технології КІБ направлено по шляху розробки багатошарових покриттів, які є найбільш перспективними і знаходять все більше застосування в інструментальному виробництві.

Незважаючи на широке застосування в промисловості зносостійких покриттів КІБ, в тому числі і багатошарових, питання їх конструювання і вибору складу залишаються відкритим. Відсутність науково обґрунтованих принципів формування багатошарових покриттів призводить до того, що часто одні й ті ж покриття рекомендуються для різних умов обробки, і, навпаки, в одних і тих же умовах різання використовуються різні конструкції покриттів.

Приведемо розгляд можливих шляхів підвищення ефективності ріжучого інструменту з покриттям на операціях торцевого фрезерування.

З огляду на те, що контактні процеси, які протікають на робочих поверхнях різального інструменту, залежать від умов різання, вимоги до зносостійкого покриття повинні визначатися видом механічної обробки. Так, при безперервному точінні в першу чергу необхідно забезпечити високу твердість покриття, його інертність по відношенню до оброблюваного матеріалу. У той же час при переривчастому різанні, формуванні дискретних стружок, коливанні припуску на перший план виходять такі вимоги, як висока втомна міцність і ударна в'язкість матеріалу покриття. Беручи до уваги те, що основними причинами руйнування ріжучого інструменту з покриттям при торцевому фрезеруванні є утворення сітки тріщин в обсягах покриття та інструментальної основи і відшарування покриття в результаті впливу змінних теплових і силових навантажень і відділення застійної зони при виході інструмента з контакту з заготівлею, можна виділити наступні основні напрямки підвищення ефективності інструмента:

1) підвищення тріщиностійкості і міцності матеріалу покриття і композиції «покриття - інструментальна основа» в цілому, що можна забезпечити шляхом удосконалення та оптимізації технологічного процесу його нанесення, зміни складу і конструкції покриття;

2) зниження адгезійної взаємодії контактних майданчиків інструменту з оброблюваним матеріалом шляхом вибору матеріалу покриття або спрямованого зміни його властивостей, що дозволить знизити інтенсивність процесів викришування обсягів інструментального матеріалу в результаті відділення стружки від передньої поверхні при виході інструмента з контакту з заготівлею;

3) зниження величини змінних теплових і силових навантажень, що впливають на інструмент, що може бути забезпечено за рахунок зміни контактної взаємодії робочих поверхонь інструменту з оброблюваним матеріалом шляхом вибору матеріалу покриття або спрямованого зміни його властивостей.

Тобто для максимального підвищення ефективності ріжучого інструменту при торцевому фрезеруванні необхідно створити покриття, що одночасно володіє високою міцністю і тріщиностійкістю, низькою адгезією до оброблюваного матеріалу і властивістю максимально знижувати рівень теплових і силових навантажень на інструмент.

Відповідно, механічні властивості покриття визначаються його складом і структурними параметрами (розмір зерна, фазовий склад, дефектність, текстура, величина залишкових напруг), які в свою чергу визначаються технологічними параметрами процесу осадження.

Так, в роботах науковців Б'якова А.В., Верещака А.С., Моїсєєв В.Ф. досліджено вплив тиску реакційного газу на мікротвердість і тріщиностійкість покриття TiN, міцність його зв'язку з основою, величину залишкових напруг. Показано, що шляхом зміни тиску реакційного газу неможливо домогтися одночасно найбільших мікротвердості і пластичності покриття, міцності зчеплення його з основою, максимальної величини залишкових стискаючих напружень в покритті і мінімальної адгезії його до

оброблюваного матеріалу (рис. 1). Аналогічні результати отримані дослідником Табаков В.П., який досліджував взаємозв'язок температури конденсації зі структурою, залишковими напруженнями, мікротвердістю покриття, міцністю його зв'язку з основою і працездатністю інструменту (рис. 2). Встановлено, що зі збільшенням температури конденсації зростає міцність зчеплення покриття з основою, однак зменшуються мікротвердість покриття, рівень стискають залишкових напружень.

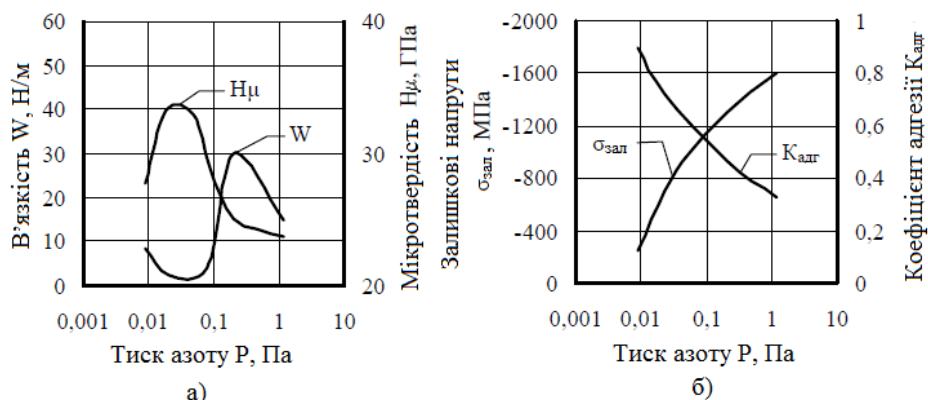


Рис.1. Вплив тиску азоту на мікротвердість і в'язкість руйнування (а), залишкові напруги і коефіцієнт адгезії до оброблюваного матеріалу (б) для покриття TiN

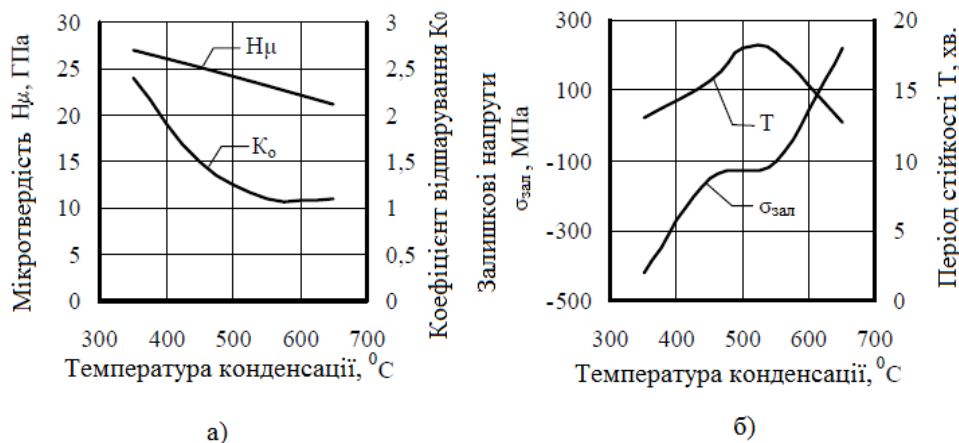


Рис.2. Вплив температури конденсації покриття TiN на мікротвердість і коефіцієнт відшарування (а), величину залишкових напруг і період стійкості інструменту з покриттям (б)

Структура, властивості покриттів і працездатність інструменту залежить від товщини покриття. Проведеними дослідженнями встановлено, що зі зменшенням товщини покриття збільшується його пластичність, міцність зчеплення з основою, зменшується кількість дефектів і розмір зерна, а також змінюється рівень залишкових напружень. Вплив товщини покриття на його властивості відбивається на її оптимальною величиною для різних умов різання.

Більш перспективним напрямком підвищення міцності і тріщиностійкості композиції «покриття - інструментальний матеріал» є створення композиційних покриттів. Покриття складного складу дозволяють більш широко варіювати властивості композиції «покриття - інструментальний матеріал» і підвищувати ефективність ріжучого інструменту при різних видах обробки і різанні різних матеріалів. Це пов'язано з тим, що складні сполуки мають високу термодинамічної стійкістю, твердістю і міцністю, широкою областю гомогенності, що дозволяє змінювати їх властивості в широких межах шляхом зміни складу.

Можливість підвищення працездатності різального інструменту з покриттям на операціях переривчастого різання шляхом зниження адгезійної взаємодії інструменту з оброблюваним матеріалом, а також рівня циклічних теплових і силових навантажень, що діють на інструмент, за рахунок вибору складу покриття практично не досліджено.