

Новіков Ф. В. (Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, м. Харків, Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТА ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ВИСОКОТОЧНИХ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБІВ

Анотація. Обґрунтовано умови суттєвого підвищення точності, якості та продуктивності механічної обробки шляхом зменшення енергоємності обробки – зменшення інтенсивності тертя інструмента із оброблюваним матеріалом. При цьому найбільшого ефекту досягнуто в умовах високошвидкісного різання із застосуванням металорізальних верстатів із числовим програмним керуванням типу «обробний центр» та твердосплавних і керамічних ріжучих інструментів зі зносостійкими покриттями.

Ключові слова: високошвидкісне різання; енергоємність обробки; тертя інструмента; точність обробки; якість обробки; продуктивність обробки; верстати з ЧПК; твердосплавний інструмент; керамічний інструмент; зносостійкі покриття.

Abstract. The conditions for a significant increase in the accuracy, quality and productivity of machining by reducing the energy intensity of machining - reducing the intensity of friction of the tool with the material being machined - are substantiated. The greatest effect is achieved in conditions of high-speed cutting using metal-cutting machines with numerical program control of the "machining center" type and carbide and ceramic cutting tools with wear-resistant coatings.

Keywords: high-speed cutting; processing energy consumption; tool friction; machining accuracy; machining quality; machining productivity; CNC machines; carbide tools; ceramic tools; wear-resistant coatings.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними роботами. Підвищення ефективності механічної обробки деталей машин є одним із основних напрямів розвитку сучасного машинобудування і створення конкурентоспроможної продукції. Особливо це відноситься до встановлення оптимальних технологічних рішень механічної обробки високоточних машинобудівних виробів із застосуванням сучасних металорізальних верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК) типу «обробний центр» та високопродуктивних збірних ріжучих твердосплавних і керамічних інструментів зі зносостійкими покриттями, які набули широкого застосування.

В даний час накопичено значний практичний досвід механічної обробки деталей машин. Однак, наука про різанні матеріалів, як і 100 років тому, заснована на емпіричних знаннях, які не дають узагальнюючих технологічних рішень. У результаті практика випереджає теорію. Це значно звужує можливості розроблення ефективних наукомістких технологічних процесів обробки матеріалів різанням. Крім того, застосування застарілого технологічного обладнання на машинобудівних

підприємствах України і застарілих методів проектування технологічних процесів не дозволяють забезпечити виготовлення конкурентоздатної машинобудівної продукції та вимагають пошуку нових шляхів розвитку сучасного машинобудівного виробництва. Тому актуальним є завдання суттєвого підвищення техніко-економічних показників механічної обробки високоточних машинобудівних виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1, 2] наведено основні теоретичні підходи до розроблення високоефективних технологічних процесів механічної обробки деталей машин із урахуванням вимог до якості, точності, продуктивності, собівартості та трудомісткості. При цьому значну увагу приділено визначенню параметрів силової та теплової напруженості процесу різання [3, 4]. Однак повною мірою це завдання не вирішено із-за його складності. Є лише часткові емпіричні рішення, справедливі для окремих умов обробки. Це пов'язано із тим, що відомі методики визначення параметрів силової та теплової напруженості процесу різання та оптимальних режимів різання засновані на результатах експериментальних досліджень, які не дозволяють в узагальненому вигляді визначити параметри силової та теплової напруженості процесу різання. Показано також, що під час проектування технологічних процесів операційно-маршрутної технології (вибору найбільш ефективних методів обробки) технологи-проектувальники традиційно чисто інтуїтивно спираються лише на свій власний досвід, а не на теорію, що, безперечно, не відповідає сучасним вимогам ринкової економіки щодо створення конкурентоспроможної машинобудівної продукції. Це вказує на те, що і зараз відсутні науково обґрунтовані рекомендації щодо вибору оптимальних методів і параметрів механічної обробки (включаючи процеси різання лезовими і абразивними інструментами) під час проектування операційної та більш складної маршрутної технології [5, 6].

Формулювання невирішених частин загальної проблеми. До недостатньо вирішених частин загальної проблеми слід віднести питання аналітичного визначення з єдиних теоретичних позицій параметрів силової і теплової напруженості процесів лезової і абразивної обробок (сили і температури різання, енергоємності і точності обробки). Це важливо для встановлення та обґрунтованого вибору найбільш ефективних методів механічної обробки і визначення оптимальних умов обробки за критеріями точності, якості, продуктивності та розроблення на їх основі конкурентоздатних технологічних процесів високоточної механічної обробки.

Цілі статті та постановка задачі. Метою роботи є встановлення нових науково обґрунтованих оптимальних узагальнюючих технологічних рішень, які забезпечують вибір найефективніших методів високоточної механічної обробки у широких діапазонах зміни технологічних параметрів, чого не можна досягнути із застосуванням лише експериментально встановлених результатів досліджень.

Задачі дослідження:

1) розроблення математичних моделей механічної обробки та визначення оптимальних методів і параметрів обробки, обґрунтування технологічних можливостей процесів різання лезовими і абразивними інструментами;

2) створення та впровадження у виробництво високопродуктивних та високоточних технологічних процесів обробки матеріалів різанням.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналітично з нових теоретичних позицій [7, 8] визначено сили і температуру різання. Обґрунтовано умови їх зменшення через управління інтенсивністю тертя в зоні різання та вибору раціональних параметрів ріжучих інструментів і режимів різання. Показано, що складові сили різання і енергоємність тим менше, а точність і продуктивність оброблення тим більше, чим більше коефіцієнт різання, який визначається відношенням тангенціальної і радіальної складових сили різання. При цьому визначальним у зменшенні сили і температури різання є суттєве зменшення енергоємності обробки через зменшення інтенсивності тертя інструмента із оброблюваним матеріалом у зоні різання. Найбільший ефект досягається в умовах високопродуктивного високошвидкісного різання із застосуванням сучасних металорізальних верстатів із ЧПК типу «обробний центр» та твердосплавних і керамічних ріжучих лезових інструментів зі зносостійкими покриттями закордонного виробництва. Доведено, що завдяки цьому продуктивність обробки можна збільшити до 10 разів та у стільки ж разів зменшити собівартість обробки за умов забезпечення високих показників якості і точності обробки. Особливо це відноситься до операцій високошвидкісного фрезерування виробів, виготовлених із матеріалів із підвищеними фізико-механічними властивостями. У результаті машинобудівна продукція, що виготовляється, стає конкурентоспроможною й виходить на міжнародні науково-технічні та промислові ринки.

Завдяки теоретично встановленим оптимальним умовам обробки високоточних машинобудівних виробів під час фінішної обробки вдалося виключити із діючих технологічних процесів малопродуктивні операції шліфування та абразивної обробки, замінити їх фінішними високопродуктивними операціями точіння, розточування, фрезерування із застосуванням сучасних ріжучих твердосплавних і керамічних інструментів. Це дозволило суттєво зменшити енергоємність обробки та, відповідно, сили і температуру різання, у 2 – 3 рази зменшити трудомісткість обробки та одночасно підвищити точність і продуктивність, забезпечити бездефектну лезову обробку.

Особливим ефектом обробки стало забезпечення високої точності обробки, чого не досягалося за діючими технологіями. Тому під час виготовлення складних корпусних деталей, які раніше вимагали до 100 операцій механічної обробки (особливо фінішної обробки), завдяки застосуванню нових розроблених технологій та сучасного обладнання кількість операцій скоротилася до 2 разів.

Проведено теоретичне порівняння пружних переміщень, виникаючих під час свердління та розточування отворів, які головним чином визначають точність обробки. Показано, що досягти підвищення точності обробки отворів під час свердління можна шляхом здійснення кожного наступного проходу свердлами більших діаметрів, а під час розточування – шляхом знімання припуску за один або кілька проходів інструменту (для забезпечення точності розміру оброблюваного отвору) та збільшення кількості проходів інструменту (для забезпечення співвісності отвору). Достовірність отриманих теоретичних рішень експериментально підтверджено розробленням ефективних технологічних процесів механічної обробки різбового отвору в горловині балона та високопродуктивного високошвидкісного фрезерування отворів та дугових пазів шириною 2,5...5,0 мм у деталях із загартованих сталей твердістю HRC 51...56 із застосуванням сучасних високооборотних верстатів із ЧПК типу «Рісомат 60». У результаті забезпечено високу точність обробки – відхилення від циліндричності змінюється у межах 0,01 мм, чого не досягалося за діючими технологіями, збільшено у 2,5 рази продуктивність обробки та у 4 рази стійкість кінцевих фрез [9, 10].

На цій основі встановлено оптимальні технологічні рішення механічної обробки високоточних машинобудівних виробів, включаючи оптимальні параметри режиму різання та характеристики ріжучих інструментів, а також нові технологічні рішення щодо структурно-параметричного аналізу і синтезу технологічних процесів, вибору оптимального варіанту технологічного маршруту і параметрів технологічних операцій. Це дозволяє з єдиних позицій аналітично описати основні технологічні процеси механічної обробки матеріалів різанням та на якісно новому фундаментальному рівні розкрити їх фізичні закономірності й обґрунтувати технологічні можливості. Це також дозволяє визначити нові наукові напрями в управлінні, оптимізації і проектуванні технологічних процесів механічної обробки матеріалів, що значно підвищує науково-технічний рівень технологічних процесів обробки матеріалів, які впроваджуються у виробництво, особливо високоточних виробів, виготовлених із важкооброблюваних матеріалів, для авіаційної та інших наукомістких галузей промисловості.

Ефекту обробки досягнуто також завдяки тому, що під час проектування операційно-маршрутної технології (вибору найбільш ефективних методів обробки) технологи-проектувальники почали застосовувати встановлені нові теоретичні технологічні рішення. Тому вирішення питань проектування технологічних процесів обробки завдяки отриманим технологічним рішенням стало надзвичайно важливим саме зараз, коли промислові підприємства отримали сучасні закордонні високооборотні верстати із ЧПУ типу «обробний центр» та комп'ютерну техніку, за допомогою яких можна автоматизувати проектні роботи, розробляти оптимальні варіанти операційно-маршрутної технології, спираючись на нові теоретичні рішення, та виконувати на їх основі

кількісні розрахунки технологічних параметрів обробки. Це також допомогло вирішити важливі питання модернізації виробництва на машинобудівних підприємствах України та їх оснащення новим технологічним обладнанням і механічними технологіями (рис. 1 [5 – 8]).



Рис. 1 – Обкладинки нових монографій з механічної обробки

Результати роботи впроваджено в діяльність Товариства з обмеженою відповідальністю «ВАРІТЕК» (м. Дніпро) та отримали застосування у навчальному процесі Харківського національного університету імені Семена Кузнеця під час вивчення дисциплін технологічного спрямування.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблено високоефективні технології механічної обробки на верстатах із ЧПК типу «обробний центр», що дозволило практично втілити у промислові виробництва високопродуктивний метод обробки – високошвидкісне різання збірними твердосплавними і керамічними ріжучими інструментами зі зносостійкими покриттями. Це забезпечує підвищення до 10 разів продуктивність обробки із забезпеченням високих показників точності та якості оброблюваних поверхонь деталей машин, що є основою проведення модернізації сучасних виробництв машинобудівних підприємств, створення конкурентоспроможної продукції та отримання підприємствами прибутку від її реалізації.

Перспективами подальших досліджень слід розглядати більш точне аналітичне визначення енергоємності механічної обробки, включаючи лезову і абразивну обробку, що визначає основні фізичні і технологічні параметри обробки та найбільше впливає на вибір оптимальних умов обробки.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Технологія машино- та приладобудування: підручник / О. В. Якимов, В. І. Марчук, П. А. Лінчевський, О. О. Якімов, В. П. Ларшин. Луцьк: ЛДТУ, 2005. 710 с.
2. Теплофізика механічної обробки : підручник / О. В. Якимов, А. В. Усов, П. Т. Слободяник, Д. В. Іоргачов. Одеса: Астропринт, 2000. 256 с.
3. Полянський В. І. Основи забезпечення якості та зниження трудомісткості механічної обробки складнопрофільної формуючої оснастки для харчової промисловості : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.02.08. Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". Харків, 2021. 41 с.
4. Лаврінченко В. І. Надтверді абразивні матеріали в механообробці : енциклопедичний довідник / В. І. Лаврінченко, М. В. Новіков / Під заг. ред. академіка НАНУ М. В. Новікова. Київ: ІНМ НАН України, 2013. 456 с.
5. Новіков Ф. В. Інноваційні рішення та технології металообробного виробництва [Електронний ресурс] : монографія / Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх, Д. Ф. Новіков. Дніпро: ЛІРА, 2023. 342 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/29025>
6. Новіков Ф. В. Теоретичні основи фінішної механічної обробки [Електронний ресурс] : монографія / Ф. В. Новіков. Дніпро: ЛІРА, 2023. 340 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/29189>
7. Новіков Ф. В. Оптимальні рішення в технологіях механічної обробки [Електронний ресурс] : монографія / Ф. В. Новіков. Дніпро: ЛІРА, 2024. 360 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/32125>
8. Новіков Ф. В. Технологічне забезпечення високоякісної та високоточної механічної обробки : монографія / Ф. В. Новіков. Дніпро: ЛІРА, 2024. 460 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/34842>
9. Новіков Ф. В. Інноваційні технології та їх застосування : навчальний посібник / Ф. В. Новіков, Д. Ф. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро: ЛІРА, 2024. 628 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/33683>
10. Новіков Ф. В. Технології створення машин : навчальний посібник / Ф. В. Новіков, Д. Ф. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро: ЛІРА, 2023. 484 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/30539>