важливо забезпечити якість навчання працівників, щоб вони могли користуватися новими технологіями та максимально використовувати їхній потенціал для покращення своєї роботи.

Список літератури

1. «Цифрова трансформація бізнесу в Україні: у Київській ТПП презентували результати дослідження» https://kiev-chamber.org.ua/uk/17/2628.html

УДК 621.91.01: 621.91.02: 621.923.5

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОБРОБКИ ТОЧНИХ ОТВОРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

О. Люльченко, зд. гр. ГМ(МВ)-21М1,9
О. Скібінський, канд. техн. наук, доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

Корпусні деталі призначені для розміщення та відповідної орієнтації інших деталей, які входять до складу виробу. Корпусні деталі в основному складаються з торцевих поверхонь, зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь (отворів), різьбових поверхонь, канавок, бобишок, уступів, ребер жорсткості та інше.

Отвори можуть бути кріпильними, такими що не спряжуються із поверхнями інших деталей, можуть слугувати для подачі робочої рідини і мають невисокі вимоги по точності та якості. А є отвори в корпусних деталей до яких пред’являються високі вимого по точності розмірів, форми, їх орієнтації та якості. Такі отвори призначені: для встановлення в них підшипників кочення та ковзання, які визначають положення валів, шестерень та інших деталей; для встановлення в них зубчастих передач внутрішнього зачеплення; для встановлення штифтів (при використанні посадок з натягом), базових втулок, які визначають положення деталей, які приєднуються; для розміщення в них інших деталей гідроапаратури (золотники, поршні, розподільники), а також ущільнювачів.

Зазвичай вимоги по точності розмірів відповідальних отворів корпусних деталей відповідають IT6, IT7 квалітетам точності, а вимоги по шорсткості можуть складати Ra 1,6-0,32. Крім того до даних поверхонь пред’являються високі вимоги по відхиленням форми та взаємного розташування.

Третину від загальної механічної обробки складає обробка отворів. З розвитком науки і техніки вимоги до точності та якості отворів зростають. Зазвичай більшість отворів корпусних деталей не є наскрізними, тому маємо напівзакрите різання, проблеми з видаленням стружки, складнощі з подачею змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) в зону різання тощо.

Тому на виробництві потрібно ефективно використовувати відомі способи, інструменти, верстати для забезпечення обробки отворів різної конфігурації із необхідними показниками точності та якості.

Основними особливостями обробки отворів є:

- Розміри інструмента обмежуються діаметром, довжиною та формою отвору, тому інструменти мають недостатню жорсткість при консольному закріпленні. Механічна обробка може призвести до деформації інструменту та появи вібрацій, що має прямий вплив на точність та якість обробки;
- Мають місце складнощі при видалені стружки. Для покращення видалення стружки необхідно збільшувати стружкові канавки, що призводить до зниження міцності та жорсткості інструменту;
- Складнощі з подачею ЗОР в зону різання, тертя між інструментом, оброблюваною поверхнею отвору і стружкою дуже велике, температура в зоні різання

висока, особливо під час обробки глибоких отворів, тому ЗОР відіграє важливу роль при обробці отворів. Правильний підбір ЗОР має суттєвий вплив на якість обробки, стійкість інструменту та ефективність різання;

- Неможливо безпосередньо спостерігати та контролювати процес різання, особливо під час обробки глибоких отворів невеликих діаметрів. Виникають проблеми пов'язані з автоматичним моніторингом та контролем;
- Складнощі контролю параметрів точності та якості оброблених отворів.

В майбутньому технологія обробки отворів повинна розвиватися в напрямку надійності, довговічності та високої ефективності. Потрібно використовувати ефективні, продуктивні довговічні інструментальні матеріали, такі як дрібнозернистий цементований карбід, цементований карбід з покриттям, порошкова швидкорізальна сталь, металорізальна кераміка, полікристалічний алмаз, полікристалічний кубічний нітрид бору. При цьому можна буде використовувати високі швидкості різання, подачі, що дасть можливість підвищити продуктивність обробки.

Для виготовлення точних отворів існують різні способи і потрібно обирати найбільш економічний, який відповідає вимогам креслення.

Зазвичай корпусні деталі мають призматичну форму, або неправильну геометричну форму, точні отвори розташовуються не по вісі симетрії деталі, тому в більшості випадків при обробці отворів деталь нерухома, а головні рухи різання виконує різальний інструмент.

Розрізняють обробку лезовим інструментом (свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвертання, протягування, прошивання, розточування, фрезерування), абразивним інструментом (шліфування, хонінгування, притирання) та способи обробки без зняття стружки (калібрування, розкатування).

Протягування та прошивання при обробці точних отворів корпусних деталей в більшості випадків не використовують у звязку із неможливістю здійснення процесу обробки виходячи із форми, розмірів та жорсткості корпусу. Це ж стосується і методів обробки без зняття стружки.

Інструмент, який використовується для обробки може бути мірним та немірним.

Розміри мірного інструмента відповідають розмірам оброблюваного отвору, точність виготовлення інструмента напряму впливає на точність формуємого отвору. До обробки отворів мірним інструментом відносяться свердління, розсвердлювання, зенкерування, розгортання, хонінгування та притирання.

При обробці отворів не мірним інструментом розміри різального інструменту є меншими ніж розміри оброблюваного отвору. До обробки отворів не мірним інструментом відносяться розточування, фрезерування та шліфування.

Самими поширеними способами лезової обробки є свердління, розгортання, розточування та фрезерування з коловою інтерполяцією кінцевої або торцевої фрези.

Розглянемо новинки в області сучасних способів та інструментів для обробки точних отворів.

Розточування – використовується для збільшення попередньо просвердленого або відлитого, штампованого отвору, але при цьому підвищується точність його розмірів, форми, взаємного розташування та якості. Розточування може бути чорновим, чистовим та тонким. В залежності від використовуємої кінематичної схеми інструмент може працювати на розтяг та на стиск. Розточуванням можна обробляти глухі та наскрізні отвори, суцільні та переривчасті. Метою чорнового розточування є виправлення положення вісі попередньо обробленого отвору та зняття основної частини припуску при підвищеній продуктивності процесу. Метою чистового розточування є забезпечення правильної геометричної форми, точності розміру, якості оброблюваної поверхні при збереженні положення та прямолінійності вісі отвору отриманого на попередній операції.

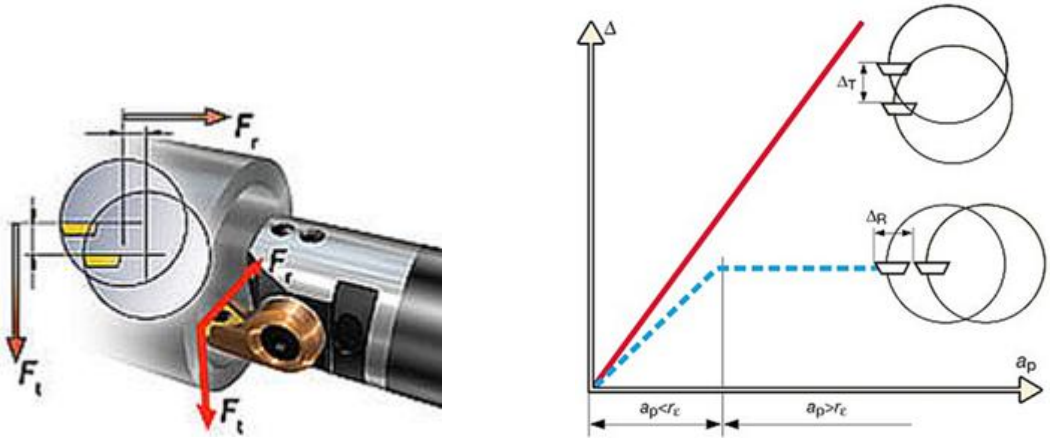
Тонке розточування призначене для особливо точної обробки при малих глибинах різання 0,05-0,3 мм, малих значеннях подачі та високій швидкості різання. Забезпечує досягнення отворів правильної геометричної форми з точним розташуванням вісі отвору і

параметрами якості Ra 0,63…0,063. Розточування дозволяє виправити похибки попередньої обробки та забезпечити високу точність позиціонування (відхилення вісі IT7-IT9).

Як правило чорнове розточування виконують багатолезовим інструментом, найчастіше з двома або трьома пластинами, а чистове та тонке розточування – однолезовим інструментом.

Для зменшення вібрації при обробці глибоких отворів використовують антивібраційні адаптери [1]. Вібрації є причинами погіршення якості обробки, зниження точності, продуктивності, підвищеного зносу інструмента та верстату, появи шуму.

При розточуванні тангенціальна і радіальна складові сили різання прагнуть відхилити інструмент від заготовки (рис. 1). Тангенціальна складова прагне змістити інструмент вниз від осі симетрії. При цьому задній кут інструменту зменшується. Будь-яке радіальне відхилення приводить до зменшення глибини різання і товщини стружки, що викликає схильність до вібрацій.



ap - глибина різання; Δ - величина віджимання; червона лінія - тангенціальне віджимання; синя лінія - радіальне віджимання

Рисунок 1 – Віджимання інструменту при чистовому розточуванні голівкою оснащеною пластинами із заднім кутом

Незбалансованість, викликана несиметричним інструментом або значним биттям, створює сили, що впливає на розточувальний інструмент. У більшості областей застосування сила, створювана незбалансованістю, дуже мала в порівнянні з силами різання. На високих швидкостях, особливо при значних вильотах, незбалансованість може викликати вібрацію і тому впливає на якість обробки отвору. На величину тангенціальної і радіальної складових сил різання впливає глибина різання, радіус при вершині і головний кут в плані.

Віджимання в радіальному напрямку впливає на діаметр оброблюваного отвору. Тангенціальне відтискання викликає відхилення ріжучої кромки пластини вниз, в сторону від осі. Чистові розточувальні інструменти оснащені антивібраційними адаптерами із механізмом регулювання та механізмом регулювання діаметру з точністю до 2 мкм.

Компанія Walter розробила конструкцію оправки [2] для точного розточування отворів (рис. 2).



Рисунок - 2 Розточувальні оправки з цифровим налаштуванням

Оправка оснащена електронним механізмом налаштування розміру, що дає можливість забезпечити абсолютну точність обробки. Використання цифрового індикатора дає можливість запобігти виникненню похибок при налаштуванні інструмента. Вбудований механізм балансування інструмента та висока якість його виготовлення дають можливість підвищити режими різання та забезпечити високу якість оброблених отворів.

Регульована розгортка з однією змінною різальною пластиною [3] (рис. 3) забезпечує високу точність обробки. Завдяки трьом металокерамічним направляючим накладкам і системі точного регулювання за допомогою даних розверток вдається досягти допуск на отвір IT6 і якості поверхні Ra 0,25. Розвертки є високорентабельними, оскільки їх змінна різальна пластина має дві різальні кромки. Відрізняються високою універсальністю завдяки оптимізованій геометрії, для різних оброблюваних матеріалів та двом варіантам подачі ЗОР: при обробці наскрізних отворів (стружка просувається вперед) або глухих отворів (стружка штовхається назад).



Рисунок - 3 Регульована розгортка з однією змінною різальною пластиною

До сучасних методів обробки високоточних отворів відноситься нанохонінгування [4], яке заключається в наступному:

- Виконується попередня механічна або лазерна обробка отвору для створення необхідної шорсткості та базового профілю оброблюваної поверхні (рис. 4) з метою забезпечення високої міцності щеплення нанесеного в подальшому покриття;

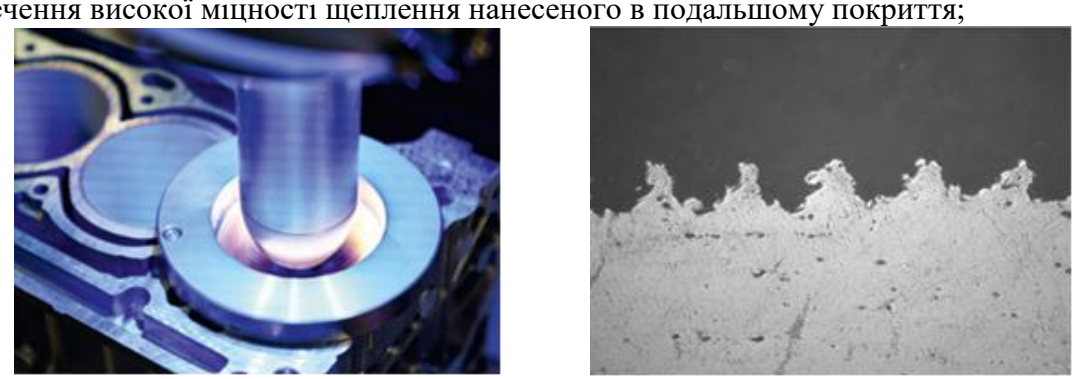


Рисунок 4 - Профіль поверхні після лазерного структування (створення базового профілю)

- Виконується нанесення покриття термічним розпиленням за допомогою дуги з енергією плазми (рис. 5). Дріт з матеріалу, який відповідає матеріалу нанесеного покриття розплавляється, а потім розпилюється на стінки отвору створюючи міцне, зносостійке покриття з підвищеною твердістю. Нанесене покриття легко піддається механічній обробці;

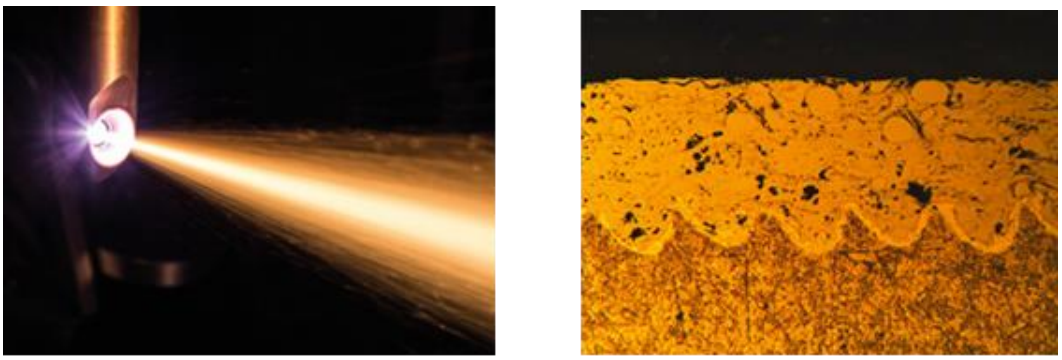


Рисунок 5 - Профіль поверхні після нанесення покриття

- Виконується гідро струменеве видалення частинок надлишкового попереднього розплавленого матеріалу з одночасним охолодженням деталі;
- Виконується остаточне хонінгування шару мінімальної товщини, яке складається з чорнового, напівчистового та чистового хонінгування. На рис. 6 показано стан оброблюваної поверхні після виконання циклу хонінгування.



Рисунок 6 - Оброблювана поверхня після хонінгування

Така технологія дозволяє створити отвір з високою точністю розмірів, форми, якості із підвищеною твердістю, зносостійкістю, меншим коефіцієнтом тертя.

Дослідження сучасних способів та інструментів для обробки точних отворів корпусних деталей дає можливість їх застосування при розробці технологічних процесів, що приводить до підвищення точності та якості обробки, підвищення гнучкості технологічного процесу та зменшенню собівартості виготовлення деталей.

Список літератури

1. Silent Tools for boring: веб-сайт. URL: https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools/tooling-systems/turning-centres-and-lathes/silent-tools/silent-tools-boring (дата звернення: 31.05.2023)
2. Walter PrecisionDIGITAL: веб-сайт. URL: https://www.walter-tools.com/en-gb/tools/standard-tools/holemaking-tools/holemaking/precision-boring-tools/b4035-digital (дата звернення: 31.05.2023).
3. BIFIX - SINGLE BLADE ADJUSTABLE REAMER: веб-сайт. URL: https://www.secotools.com/article/m_7190?pf=true&language=en (дата звернення: 31.05.2023)
4. COMPONENTS OF NANO HONING: веб-сайт. URL: https://www.gehring-group.com/en-ww/coating (дата звернення: 31.05.2023).