ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5
ПРОЦЕСИ ОБРОБКИ ЛЕЗОВИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи: Вивчення основних вимог до технологічного обладнання для процесів високопродуктивного чистового фрезерування.

1. Загальні відомості

Сучасне технологічне обладнання з ЧПК, багатоцільові верстати та автоматичні лінії, а також універсальні верстати підвищеної, високої та особливо високої точності, які забезпечують стійку тенденцію стабільно високих показників якості завдяки своїй жорсткості та вібростійкості, є однією з об'єктивних передумов використання надтвердих матеріалів для чистової багатолезової обробки плоских поверхонь. У зв'язку з цим вважається обґрунтованою доцільність подальшого більш широкого використання чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь деталей з чавунів та загартованих сталей інструментом із надтвердих матеріалів. Разом з тим не завжди на виробництвах забезпечується раціональний технологічний процес, при якому досягається висока якість обробки. В ряді випадків причиною можуть бути фактори, пов'язані саме з технологічним обладнанням (геометричні, кінематичні, динамічні, теплові, зношування тощо).

Для успішної експлуатації багатолезових інструментів з НТМ для чистової обробки плоских поверхонь технологічне обладнання повинне відповідати таким вимогам:

– мінімальна подача – не вище 0,01 мм/об, частота обертання шпинделя – 600 хв$^{-1}$ і вище;

– радіальне биття шпинделя – не більше 5 мкм, а при підвищених вимогах до точності обробки – не більше 2 мкм;

– відсутність зовнішніх джерел вібрацій і коливань.

До найбільш використовуваного у виробничій практиці технологічного обладнання для чистового фрезерування плоских поверхонь інструментом з композитів 01 та 10 необхідно віднести:

– багатоцільові свердлильно-фрезерно-розточувальні горизонтальні та вертикальні верстати мод. 2202ВМФА, 2Р800МФ4, 22К16РМФ4, 2252ВМФ4, 2Е450АМФ4, 24К70АМФ4 та ін.;

– багатоцільові вертикально-фрезерні верстати мод. 6Т13МФ4 та ін.;

– координатно-розточувальні та координатно-фрезерно-свердлильно-розточувальні вертикальні та горизонтальні верстати з ЧПК або з попереднім набором і цифровою індикацією мод. 2430СФ1, 34К40СФ1, 2455АФ2, 24К58АФ1, 2А59МФ4 та ін.;

– горизонтально-фрезерні консольні верстати мод. 6Р11ФЗ, 6Т11ФЗ, 6Р13РФЗ, 6Г83Ш1 та ін.;

– координатно-розточувальні вертикальні верстати мод. 2421, 2431, 2Е470ОА та ін.

Крім перерахованих, для чистової обробки плоских поверхонь торцевими фрезами на виробництвах використовуються оброблювальні центри, карусельно-плоскошліфувальні та повздовжньо-шліфувальні верстати.

На Московському заводі координатно-розточувальних верстатів виконувались дослідження чистового торцевого фрезерування інструментом, оснащеним надтвердим матеріалом, з метою встановлення можливостей цього процесу на повздовжньо-шліфувальних верстатах високої точності 8*Z*2500 (Німеччина), ЗА530 (Росія), 3508 (Білорусія). Оброблювались напрямні столи координатно-розточувального верстата з чавуну СЧ32 торцевою регульованою фрезою ∅0,125 мм, оснащеною ножами з композиту 10. При режимах фрезерування: V = 300...1800 м/хв, $S_{хв}$ = 2...10 м/хв, t = 0,1...0,5 мм досягалась шорсткість R_a = 0,45...2,5 мкм за один прохід.

Додаткові 1...3 проходи виходжування суттєво не впливають на R_a. Зважаючи на великі швидкості різання та хвилинну подачу, штучний час обробки був менший, ніж при плоскому шліфуванні. Дослідження підтвердили високі можливості жорстких високошвидкісних верстатів для чистового фрезерування плоских поверхонь. Але в більшості випадків при фрезеруванні на плоскошліфувальних верстатах двигун привода шпинделя шліфувальної бабки працює при навантаженнях, близьких до його номінальної потужності 3...8 кВт. При таких

навантаженнях на плоскошліфувальних верстатах класів П та В можлива поява вібрацій при використанні фрез з малим числом ножів або при низькій якості заточування інструмента.

Однією з переваг торцевого фрезерування як чистової обробки перед шліфуванням є і те, що при відповідному технологічному обладнанні можна одночасно обробляти декілька плоских поверхонь фрезами, встановленими на заданий розмір. Приклад такого процесу чистового фрезерування – обробка каретки верстата мод. 16К20 на чотиришпиндельних повздовжньо-шліфувальних верстатах мод. МШ-17 та МШ- 18, – нижніх (призматичних та двох плоских) та верхніх (дві напрямні типу "ластівчин хвіст") напрямних. Шорсткість $R_a \leq 1{,}25$ мкм.

На лубенському верстатобудівному заводі "Комунар" обробка деталей з чавуну СЧ21 для верстата мод. ЗУ142 фрезами, оснащеними різцями з Ельбору-Р, здійснюється на фрезерному верстаті мод. 6Р13ФЗ. Шорсткість $R_a \leq 1{,}25$ мкм.

Шпиндельний вузол верстата з-поміж інших вузлів є таким, що визначає точність та якість обробки плоских поверхонь чистовим торцевим фрезеруванням. Сукупність параметрів шпиндельного вузла, що впливають на точність його функціонування, поділяються на дві основні групи: конструктивні та експлуатаційно-технологічні. До конструктивних належать параметри шпиндельного вузла, закладені в його конструкцію при проектуванні: розміри валів, види та розміри підшипників, відстань між опорами, жорсткість стиків та з'єднань тощо. До експлуатаційно-технологічних параметрів відносять режими різання, зазори в конструкції, встановлену при експлуатації температуру, в'язкість робочої рідини, динамічну жорсткість та ін. Значення параметрів шпиндельного вузла є випадковими величинами. При виготовленні вони можуть мати будь-які значення в межах допусків, а в процесі експлуатації випадковим чином змінюються під дією багатьох зовнішніх та внутрішніх факторів.

Основні вимоги до них та показники точності обертання, жорсткості, вібростійкості визначають і область застосування технологічного обладнання. У ряді випадків високі технічні характеристики шпинделів верстатів

забезпечують неспецифічні для даного обладнання технологічні операції, наприклад, чистове фрезерування на верстатах шліфувальної групи тощо.

Дослідження показують, що точність обертання, яка характеризується радіальним биттям переднього кінця шпинделя, для більшості типів верстатів для чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь знаходиться в межах 0,8...2,0 мкм. Жорсткість шпиндельного вузла, що визначається відхиленням осі шпинделя від номінального положення під дією сили різання як самостійний фактор точності та шорсткості обробленої плоскої поверхні, не регламентується стандартами, а вибирається на основі технологічних вимог та норм жорсткості всього верстата. Податливість як обернена величина для верстатів підвищеної точності за даними не перевищує $0{,}2 \cdot 10^5$ мм/Н. Вібростійкість як вимога до верстатів, що здійснюють фінішні операції (в тому числі чистове торцеве фрезерування), характеризується амплітудою коливань переднього кінця шпинделя і не повинна перевищувати 3...7 мкм. У зв'язку з цим особливі вимоги висуваються і до форми, і до точності розмірів кінцевої частини шпинделя (різевої, фланцевої, з внутрішнім або зовнішнім конусом), пов'язаної з необхідністю точної установки інструмента, якістю опор (підшипників) основних типів шпиндельних вузлів.

2. Перспективи розвитку процесів обробки багатолезовими інструментами з надтвердих матеріалів

Сучасне машинобудування характеризується тим, що деталі обробляються в умовах дрібносерійного та крупносерійного виробництв зі значним перевишенням долі основного часу відносно допоміжного.

Тому, за думкою більшості ведучих верстатобудівних та металооброблюючих фірм, подальше підвищення продуктивності верстатів з ЧПК вимагає скорочення основного технологічного часу.

Це пояснюється тим, що за останні роки значну увагу приділено раціоналізації інструментального і затискного

оснащення та пристроїв автоматичної заміни інструменту, введенням сучасних систем управління та маніпулювання. Таким чином, резерви скорочення допоміжного часу постійно і неухильно зменшуються, що призводить до необхідності пошуку альтернативних методів підвищення продуктивності обробки. Одним з головних резервів зменшення основного часу обробки є форсування режимів різання – шляхом значного підвищення швидкості різання.

Це обумовлює необхідність більш ширшого застосування методів високошвидкісної обробки багатолезовими інструментами. Зона високошвидкісної обробки при цьому різна для оброблюваних матеріалів. Так, для обробки титанових сплавів вона складає в межах 300–1200 м/хв, для сталі 300–1700 м/хв, а для алюмінію 2500–6500 м/хв. При цьому застосування високошвидкісної обробки ставить додаткові вимоги до інструменту, обладнання і процесу підготовки виробництва. Так, обладнання для високошвидкісної обробки повинно мати підшипники з високою швидкістю обертання, велику потужність, велику жорсткість та можливість демпфування виникаючих вібрацій.

Одним із резервів розвитку процесів багатолезової обробки є конструювання інструментів з врахуванням особливостей обробки (чорнова, напівчистова, чистова) з раціональною геометрією різальних частин. В останній час виникає необхідність проектування спеціального інструменту для обробки великого класу переривчастих поверхонь та обробки деталей з глибинами різання 4–6 мм.

Необхідність формування поверхонь з заданими фізико-механічними характеристиками (знак та рівень залишкових напруг, структура поверхневого шару тощо) викликає необхідність пошуків шляхів інструментального забезпечення технологічних процесів. Виконані дослідження дають можливість зробити висновок, що шляхом подальшого розвитку багатолезових інструментів є проектування торцевих фрез, оснащених НТМ, зі ступінчастими схемами різання та окремим формоутворюючим ножем, що здійснює рух за заданою траєкторією. Значні переваги мають також комбіновані торцеві фрези, які за один робочий цикл здійснюють різання та поверхневе пластичне деформування.

Важливою задачею є розширення області застосування

багатолезових інструментів з НТМ для обробки важкооброблюваних матеріалів та сирих сталей.

Для методів чистової обробки актуальною проблемою є створення високоточної оснастки та адаптивного контролю точності поверхонь (особливо великих розмірів).

Завдяки розвитку програмного забезпечення збільшилися можливості управління процесами металообробки, оптимізації конструкцій вузлів верстатів, інструментів. При цьому залишається невирішеними ряд питань щодо виконання структурного аналізу основних елементів технологічної системи та використання сучасних програмних продуктів, що реалізують графоаналітичні моделі динамічних систем.

3. Порядок виконання роботи.

1. Навести основні вимоги до обладнання, що використовується для чистової обробки плоских поверхонь.
2. Встановити особливості використання металообробного обладнання для процесів фрезерування інструментами, оснащеними надтвердими матеріалами.
3. Визначити перспективи розвитку процесів обробки багатолезовими інструментами.
4. Розглянути можливості використання процесів багатолезового фрезерування для обробки деталей на базовому виробництві.

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

1. **Який матеріал вважається еталоном твердості (10 за Моосом) при виготовленні інструментів?**
   А) Ельбор
   Б) Алмаз
   В) Карбід вольфраму
2. **Як називається синтетичний надтвердий матеріал на основі нітриду бору?**
   А) Кубічний нітрид бору (КНБ/Ельбор)
   Б) Корунд
   В) Твердий сплав ВК8
3. **Яка головна перевага ельбору перед алмазом при обробці сталі?**
   А) Вища твердість

Б) Хімічна інертність до заліза (не вигорає при високих температурах)
В) Нижча ціна

4. **За якої температури починається інтенсивне окиснення (руйнування) алмазу на повітрі?**
   А) 400-500°С
   Б) 700-800°С
   В) 1200-1500°С
5. **Який метод обробки найчастіше використовується для інструментів з НТМ?**
   А) Шліфування та лезове точіння
   Б) Кування
   В) Литво
6. **Що таке «алмазна паста»?**
   А) Мастило для верстатів
   Б) Суміш алмазного порошку зі сполучною речовиною для доведення та полірування
   В) Охолоджувальна рідина
7. **Для обробки яких матеріалів НЕ рекомендується використовувати алмазний інструмент?**
   А) Скло та кераміка
   Б) Низьковуглецеві сталі (через дифузію вуглецю)
   В) Кольорові метали
8. **Яка термостійкість кубічного нітриду бору (КНБ)?**
   А) До 600°С
   Б) До 1100-1200°С
   В) До 2000°С
9. **Маркування алмазного круга містить цифри 125/100. Що вони означають?**
   А) Діаметр круга
   Б) Зернистість алмазного порошку в мікронах
   В) Твердість зв'язки
10. **Який тип зв'язки алмазного круга найкраще підходить для чистового шліфування?**
    А) Органічна (бакелітова)
    Б) Металева
    В) Керамічна
11. **Чи можна використовувати охолоджувальну рідину (ЗОР) при роботі з НТМ?**
    А) Ні, це зіпсує інструмент
    Б) Так, це обов'язково для відведення тепла та вимивання

шламу
В) Тільки при роботі з деревом

12. **Який матеріал використовують для правки шліфувальних кругів з електрокорунду?**
А) Сталевий різець
Б) Алмазний олівець
В) Наждачний папір
13. **Як називаються інструменти, де кристали НТМ закріплені на корпусі за допомогою гальванічного методу?**
А) Гальванічні інструменти
Б) Спечені інструменти
В) Клеєні інструменти
14. **Яка основна мета застосування НТМ у машинобудуванні?**
А) Зменшення ваги деталей
Б) Підвищення точності та якості поверхні при високій продуктивності
В) Зміна хімічного складу деталей
15. **Який параметр шорсткості поверхні можна досягти при алмазному вигладжуванні?**
А) Ra 12.5
Б) Ra 0.1 – 0.02
В) Ra 2.5
16. **Що відбувається з алмазом при нагріванні понад 1000°C у вакуумі?**
А) Він плавиться
Б) Перетворюється на графіт
В) Вибухає
17. **Який колір зазвичай має синтетичний ельбор?**
А) Прозорий
Б) Від жовтого до темно-коричневого/чорного
В) Зелений
18. **Як називається процес відновлення різальної здатності алмазного круга?**
А) Загартування
Б) Правка (або відриття)
В) Відпал
19. **Для чого використовується полікристалічний алмаз (PCD) у різцях?**
А) Для обробки алюмінієвих сплавів і пластику на високих швидкостях

Б) Для обробки чавуну з ударом
В) Тільки для прикрашання інструменту

20. **Який інструмент забезпечує найвищу точність отворів у загартованих сталях?**
А) Свердло зі швидкорізальної сталі
Б) Розгортка або хон з брусками з ельбору
В) Напилок