

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МАШИНОБУДІВНИЙ КОЛЕДЖ ДДМА



Технологічні основи програмування для верстатів з ЧПК
Курс лекцій для III курсу

Краматорськ 2016

Конспект лекцій з дисципліни «Технологічні основи програмування для верстатів з ЧПК» призначений для студентів Машинобудівного коледжу ДДМА за напрямом підготовки 050503 «Машинобудування», спеціальністю 5.05050302 Технологія обробки матеріалів на верстатах та автоматичних лініях (133 Галузеве машинобудування)

Розробник:

Коваленко А.В., викладач другої кваліфікаційної категорії Машинобудівного коледжу ДДМА

РОЗГЛЯНУТО ТА СХВАЛЕНО на засіданні циклової комісії механіко-технологічної підготовки

Протокол від _____ 2017 року № _____

Голова циклової комісії _____ М.М. Пасько

_____ 2017 року

ЗМІСТ

Лекція№ 1. Основні поняття та визначення програмного керування.....	5
Лекція№ 2. Особливості виготовлення деталей на верстатах з ЧПК.....	12
Лекція№ 3. Етапи підготовки керуючих програм.....	15
Лекція№ 4. Структура технологічного процесу.....	18
Лекція№ 5. Технологічна документація.....	26
Лекція№ 6. Системи координат верстата, деталі, інструменту.....	31
Лекція№ 7. Зв'язок систем координат.....	36
Лекція№ 8. Завдання переміщень у абсолютній і відносній системі відліку..	4
Лекція№ 9. Структура технологічного процесу.....	44
Лекція №10. Вибір номенклатури заготівель, оброблюваних на верстатах з ЧПУ.....	46
Лекція №11. Аналіз креслення деталі і можливого технологічного процесу обробки.....	49
Лекція№12. Вимоги до технологічності деталей, що оброблюються на верстатах з ЧПК.....	52
Лекція №13. Методи проектування технологічних процесів обробки деталей на верстатах з ЧПК.....	56
Лекція№14. Розробка маршрутної технології для верстатів з ЧПК.....	64
Лекція№15. Вибір устаткування для обробки різних груп деталей.....	66
Лекція№16. Загальна послідовність робіт на верстатах з ЧПК.....	70
Лекція №17. Процеси обробки отворів.....	73
Лекція№18. Обробка на токарних верстатах з ЧПУ. Особливості обробки.....	77
Лекція№19. Особливості процесів обробки деталей на фрезерних операціях.....	82

Лекція№20. Особливості проектування технологічних процесів механічної обробки на багатоопераційних верстатах з ЧПК.....	86
Лекція№21. Програмування обробки на токарних верстатах з ЧПК.....	89
Лекція№22. Схеми обробки, що використовуються при обробці на токарних верстатах з ЧПК.....	93
Лекція№23. Проектування операційного технологічного процесу обробки на токарних верстатах з ЧПУ.....	100
Лекція№24. Основні положення програмування системи 2P22.....	104
Лекція№25. Програмування лінійної та кругової інтерполяції. Програмування дуг, фасок, галтелей. Розробка КП.....	112
Лекція№26. Цикли обробки різі L1, цикл обробки канавки L2, програмування за циклами L3,L4,L5,L6.....	122
Лекція№27. Програмування за циклами L7,L8,L9,L10,L11.....	133
Перелік використаної літератури.....	143

Лекція № 1. Основні поняття та визначення програмного керування.

План

1. Переваги верстатів з числовим програмним управлінням;
2. Основні поняття та визначення програмного керування.

1. Переваги верстатів з числовим програмним управлінням

Верстат з числовим програмним керуванням – це верстат, який керується автоматично за допомогою комп'ютера (він знаходиться всередині верстата) і програмою обробки (що управляє програмами), розробленою на основі робочого креслення деталі. До винаходу ЧПУ управління верстатом здійснювалося вручну або механічно. Верстати з ЧПУ здатні виконувати найрізноманітніші технологічні операції механічної, електрофізичної та інших видів обробки і не поступаються за цією ознакою універсальним і широкоуніверсальним верстатам з ручним управлінням. При виконанні технологічних операцій виконавчі (робочі) органи цих верстатів управляються електронікою, а не робочі - верстатником.

Перевага верстатів з ЧПУ – можливість автоматизації виробництва. Функція робітника (оператора), обслуговуючого верстат з ЧПУ, зведена до мінімуму і полягає в завантаженні - вивантаженні деталі і натисненні кнопки для виконання наступного автоматичного циклу обробки заготовки. Верстати з ЧПУ можуть працювати практично автономно, день за днем, тиждень за тижнем, випускаючи продукцію з високою якістю. Ця якість дозволяє ввести багато – верстатне обслуговування металорізучого устаткування, коли один оператор виробляє продукцію на двох і більш верстатах одночасно. Верстати з ЧПУ дозволяють виробляти продукцію в цілодобовому режимі і забезпечувати функціонування автоматичних цехів і заводів, т. е. здійснювати безлюдне виробництво.

Верстати з ЧПУ характеризуються виробничою гнучкістю, т.е. здатністю швидко переналагоджуватися на обробку різних деталей. Для цього потрібно всього лише замінити управляючу програму. Вже перевірена і відпрацьована програма може бути використана у будь-який момент і будь-яке число разів. Ці верстати забезпечують вищу геометричну точність оброблених деталей, що пояснюється їх вищою статичною і динамічною жорсткістю, а також більш високою точністю позиціонування і повторюваності траєкторії руху інструменту відносно заготовки, що оброблюється. За однією і

тією ж програмою можна виготовити з необхідною якістю практично будь-яке число ідентичних деталей. Верстати з ЧПУ забезпечують вищу продуктивність технологічних операцій за рахунок вживання максимальних швидкостей виконавчих органів при виконанні холостих установочних переміщень, а також призначення оптимальних режимів різання які не може змінювати оператор, обслуговуючий верстат. Металоріжуче устаткування з числовим програмним управлінням дозволяє обробляти такі деталі, які неможливо виготовити на звичайному універсальному устаткуванні. Це деталі із складними просторовими робочими порожнинами, які мають бути виготовлені не лише з високою точністю геометричної форми і розмірів, але і з низькою шорсткістю, наприклад штампи, прес-форми та ін. Разом з цим верстати з ЧПУ дорогі і вимагають великих витрат на установку і обслуговування, більших, ніж звичайні верстати. Проте їх висока продуктивність, точність обробки, може окупити всі витрати при грамотному їх використанні. У цьому полягає основне завдання технологів, налагоджують і операторів, пов'язаних з обслуговуванням цього вигляду устаткування.

Переміщеннями виконавчих органів верстата з ЧПУ в напрямках координатних осей керує комп'ютер, який прочитує програму, що управляє і видає команди відповідним двигунам. Двигуни змушують переміщатися виконавчі органи верстата: робочий стіл із заготівкою або колону з шпинделем, в якій встановлений ріжучий інструмент. В результаті таких переміщень виконується механічна обробка заготівки. Датчики, встановлені на направляючих, посилають інформацію про фактичну позицію виконавчого органу назад в комп'ютер. Це називається зворотним зв'язком. Як тільки комп'ютер отримає електричний сигнал про те, що виконавчий орган верстата перемістився в потрібну позицію, він подає команду на виконання наступного переміщення. Такий процес продовжується до тих пір, поки читання управляючої програми не підійде до кінця.

По своїй конструкції і зовнішньому вигляду верстати з ЧПУ схожі на звичайні універсальні верстати. Єдина зовнішня відмінність цих двох типів верстатів полягає в наявності у верстата з ЧПУ пристрої числового програмного управління (УЧПУ), яке часто називають стійкою ЧПУ. Одні з головних переваг верстатів з ЧПУ – підвищення і стабільність якості обробки, забезпечення ідентичності деталей всієї партії. На верстатах з ЧПУ точність розмірів і форми обробленої деталі забезпечується жорсткістю і точністю верстата, дискретністю і стабільністю позиціонування, а також можливістю введення корекції на розміри інструменту.

Отвори на цих верстатах обробляють без кондукторів і направляючих втулок. Автоматична обробка на верстатах з ЧПУ забезпечує стабільність якості і розмірів оброблених деталей всієї партії в результаті виключення суб'єктивних чинників, що мають місце при обробці на верстатах з ручним управлінням. Проте при обробці на верстатах з ЧПУ зберігається вплив на точність деталей правильності наладки, а отже, наналадчика. Похибка деталей зменшуються також унаслідок скорочення числа переустановлень заготівки під час обробки.

Пристрій ЧПУ, його структура, спосіб зчитування і введення управляючої інформації, надають вплив на якість і продуктивність обробки, які забезпечуються високими вимогами, що пред'являються до керуючого пристрою.

При використанні верстатів з ЧПУ замість універсального обладнання скорочуються терміни технологічної підготовки виробництва на 50 – 75 %; тривалість циклу виготовлення продукції зменшується на 50 – 60 %; витрати на проектування і виготовлення технологічного оснащення знижуються на 30 – 85 %; продуктивність технологічних операцій підвищується за рахунок скорочення допоміжного і основного часу та інше. Продуктивність праці при обробці на верстатах з ЧПУ зростає в середньому на 15 – 20 %.

2. Основні поняття та визначення програмного керування.

Нижче приведені вживані у науці, техніці і виробництві основні поняття у області систем числового програмного управління металорізальними верстатами, встановлені ГОСТ20523-80.

Дані також деякі терміни з інших областей знань, що використовуються при розгляді програмування обробки деталей на верстатах з ЧПУ і встановлені стандартом скорочення.

Керуюча програма (КП) - сукупність команд на мові програмування, що відповідає заданому алгоритму функціонування верстата для обробки конкретної заготівлі.

Числове програмне управління (ЧПУ) верстатом - управління обробкою заготівлі на верстаті по КП, у якій дані задані у цифровий формі.

Позиційне ЧПУ (позиційне управління) - ЧПУ, при якому робочі органи верстата переміщуються у задані точки, причому траєкторії переміщення не задаються.

Контурне ЧПУ верстатом (контурне управління) - ЧПУ, при якому робочі органи верстата переміщаються по заданій траєкторії із заданою швидкістю для отримання необхідного контуру обробки.

Адаптивне ЧПУ верстатом (адаптивне управління) - ЧПУ, при якому забезпечується автоматичне пристосування процесу обробки заготівлі, що змінюється умовам обробки по визначеним критеріям.

Ручна підготовка УП - підготовка і контроль УП у основному без застосування ЕОМ.

Автоматизована підготовка УП - підготовка і контроль УП із застосуванням ЕОМ.

Програмоносій – носій даних, на якому записана УП. У якості носія даних можуть застосовуватися перфострічка, магнітна стрічка, магнітний диск, носимі накоплювачі інформації (флешки) і т.д.

Програмне забезпечення системи ЧПУ (програмне забезпечення) – сукупність програм і документація для реалізації цілей і завдань системи ЧПУ.

Пристрій числового програмного управління (УЧПУ)– пристрій, що видає дії, які керують виконавчими органами верстата відповідно до УП і інформації про стан керуємого об'єкту.

Апаратний пристрій ЧПУ – пристрій ЧПУ, алгоритми роботи якого реалізуються схемно і не можуть бути змінені після виготовлення пристрою.

Програмний пристрій ЧПУ – пристрій ЧПУ, алгоритми роботи якого реалізуються за допомогою програм, що вводяться в його пам'ять, і можуть бути змінені після виготовлення пристрою.

Система числового програмного управління (СЧПУ) – сукупність функціонально взаємозв'язаних і взаємодіючих технічних і програмних засобів, що забезпечують ЧПУ верстатом.

Кадр програми (кадр), що управляє, – складова частина УП, що вводиться та відпрацьовується як єдине ціле, містить всі дані, необхідні для відновлення процесу обробки заготівки після перерви. Головний кадр УП позначають спеціальним символом.

Абсолютний розмір – лінійний або кутовий розмір, що задається в УП і вказує положення точки відносно прийнятого нуля відліку.

Розмір в прирості – лінійний або кутовий розмір, що задається в УП і вказує положення крапки відносно координат точки попереднього положення робочого органу верстата.

Автоматична робота системи пристрою ЧПУ (автоматична робота) – функціонування СЧПУ (УЧПУ), при якому відрізок УП відбувається з автоматичною зміною кадрів УП.

Робота системи ЧПУ з пропуском кадрів (пропуск кадру) – автоматична робота СЧПУ (УЧПУ), при якій не відпрацьовуються кадри УП, позначені відповідним символом пропуску кадру.

Прискорений відрізок УП (прискорений відрізок) – автоматична робота СЧПУ (УЧПУ), при якій передбачені в УП швидкості подачі автоматично замінюються на прискорену подачу.

Покадрова робота – функціонування СЧПУ (УЧПУ), при якому відпрацювання кожного кадру УП відбувається лише після дії оператора.

Робота системи (пристрою) ЧПУ з ручним введенням даних (ручне введення даних) – функціонування СЧПУ (УЧПУ), при якому набір даних, обмежений форматом кадру, виробляється вручну оператором на пульті.

Виведення УП (вивід) – функціонування УЧПУ, при якому відбувається вивід керуючої програми, що зберігається в пам'яті УЧПУ, на носій даних. При виводі УП можуть вказуватися додаткові дані, що використовуються при відпрацюванні УП і зберігаються в пам'яті УЧПУ, наприклад константи і тому подібне.

Пошук кадру в УП (пошук кадру) – функціонування УЧПУ, при якому на програмоносії або в пристрої УЧПУ, що запам'ятовує, виявляється заданий кадр УП по його номеру або спеціальній ознаці.

Редагування УП (редагування) – функціонування УЧПУ, при якому програму, що управляє, змінює оператор безпосередньо у верстата.

Контурна швидкість – результуюча швидкість подачі робочого органу верстата, вектор якої дорівнює геометричній сумі векторів швидкостей переміщення цього органу уздовж осей координат верстата.

Нульова точка верстата (нуль верстата) – крапка, прийнята за початок координат верстата і яка використовується для визначення положення робочого органу верстата.

Точка початку обробки – крапка, що визначає почало обробки конкретної заготовки.

Нульова точка деталі (нуль деталі) – крапка на деталі, відносно якої задані її розміри.

Плаваючий нуль – властивість СЧПУ (УЧПУ) поміщати початок відліку переміщення робочого органу в будь-яке положення відносно нульової точки верстата.

Дискретність завдання переміщення – мінімальне переміщення або кут повороту робочого органу верстата, які можуть бути задані в УП.

Корекція інструменту – зміна з пульта управління запрограмованих координат (координати) робочого органу верстата.

Корекція швидкості подачі – зміна з пульта оператора запрограмованого значення швидкості подачі.

Корекція швидкості головного руху – зміна з пульта оператора запрограмованого значення швидкості головного руху верстата.

Значення корекції положення інструменту (корекція на положення інструменту) – відстань по осі координат верстата, на яке слід додатково змістити інструмент.

Значення корекції довжини інструменту (корекція на довжину інструменту) – відстань уздовж осі інструменту, що обертається, на яке слід додатково змістити інструмент.

Значення корекції діаметру фрези (корекція на фрезу) – відстань по нормалі до заданого контуру переміщення фрези, на яке слід додатково перемістити центр фрези.

Геометрична інформація – інформація, що описує форму, розміри елементів деталі і інструменту і їх взаємне положення в просторі.

Технологічна інформація – інформація, що описує технологічні характеристики деталі і умови її виготовлення.

Інтерполяція – здобуття (розрахунок) координат проміжних точок траєкторії руху центру інструменту в плоскість або просторі.

Апроксимація – процес заміни однією функціональною залежності іншю з певною мірою точності.

Мікропроцесор – універсальний цифровий електронний блок, реалізований з великою мірою інтеграції, в якому виконується їм функція визначається після виготовлення шляхом програмування.

Опорна точка – точка розрахункової траєкторії, в якій відбувається зміна або закону, що описує траєкторію, або умов протікання технологічного процесу.

Постпроцесор – програма САП, що погоджує, враховує особливості даного верстата і що формує кадр.

Процесор – програма первинної переробки інформації в САП, що формує дані по обробці деталі безвідносно до типа верстата.

Розрахункова траєкторія – теоретична апроксимована відносна траєкторія центру інструменту.

Рукопис програми – інформація, записана у вигляді, зручному для складання мовної або такої, що управляє програми.

Центр інструменту – нерухома відносно державки точка інструменту, по якій ведеться розрахунок траєкторії.

Еквідистанта – лінія, рівновіддалена від чи лінії контуру деталі (заготовки).

Питання для самоперевірки

1. Визначення верстата з ЧПУ. Основні переваги верстатів з ЧПУ;
2. Основні визначення та скорочення програмного керування верстатом;
3. Які технологічні операції здатні виконувати верстати з ЧПУ?

Лекція №2. Особливості виготовлення деталей на верстатах з ЧПК.

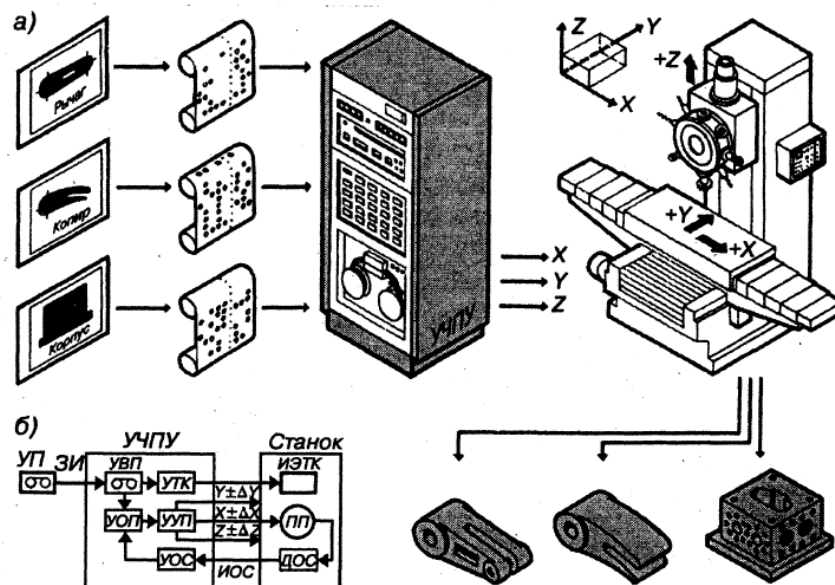
План

1. Принцип дії верстатів з ЧПУ;
2. Основні переваги верстатів з ЧПУ;
3. Особливість технологічної підготовки виробництва.

1. Принцип дії верстатів з ЧПУ.

Основна особливість верстатів з ЧПУ (мал.1.1) полягає в тому, що програма (т. е. дані про величину, швидкості і напрямків переміщень робочих органів) задається у вигляді символів, нанесених на спеціальний програмоносій. Процес підготовки програм для верстатів з ЧПУ відділений від процесу обробки деталі в часі і просторі. На верстаті з ЧПУ для того щоб обробити деталь нової конфігурації, часто досить встановити в УЧПУ (рис. 1.1, б) нову УП, яка містить певну задану інформацію (ЗІ).

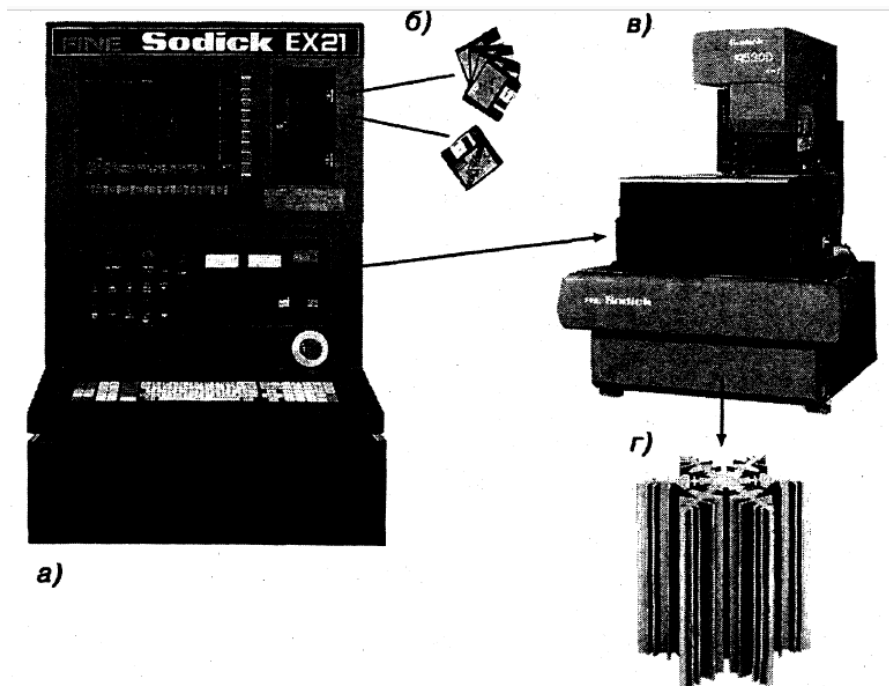
Пристроєм введення програми (ПВП) програма зчитується, т. е. перетворюється в електричні сигнали, і направляється в пристрій відпрацювання програми (ПВП), яке через пристрій управління приводом (ПУП) впливає на об'єкт регулювання - привід подач (ПП) верстата. Задане переміщення (наприклад, по осях X, Y, Z) відбувається порівняння фактичного переміщення вузла подачі з заданим.



Мал. 1.- Верстат з ЧПУ: а- принципова схема виготовлення деталі по УП на перфоленті; б- функціональна схема системи ЧПУ верстатом.

Для виконання додаткових функцій електричні сигнали надходять з ПВП в пристрій технологічних команд (ПТК), яке впливає на виконавчі елементи технологічних команд (ВЕТК). Відбувається включення (виключення) різних двигунів, електромагнітних муфт, електромагнітів та ін.

Сучасне обладнання з ЧПУ дозволяє застосовувати більш просту схему виготовлення деталей (мал.1.2). За такою схемою задається інформація з креслення деталі, або створюється на екрані монітора ПК УЧПУ, або вводиться в УЧПУ з дискет. Після введення в УЧПУ деяких вихідних даних (наприклад, необхідна точність, необхідна шорсткість, матеріал заготовки і інструмента) УЧПУ сама розробляє УП, на її основі управляє верстатом, безперервно контролюючи процес обробки, коректуючи його, при необхідності змінюючи режими і т.п. Природно, під час роботи верстата по одній УП можна на УЧПУ готувати наступну програму.



Мал. 2. - Схема виготовлення деталі на верстаті з ЧПУ (електроерозійний проволочно-різьблений) по УП, що формується в УЧПУ або зчитується з дискети: а - УЧПУ; б - дискети, в - загальний вигляд верстата, г - виготовлена деталь

2. Основні переваги верстатів з ЧПУ.

Застосування верстатів з ЧПУ замість універсального обладнання має суттєві особливості і створює певні переваги: скорочення термінів підготовки виробництва на 50-75%; скорочення загальної тривалості циклу виготовлення продукції на 50-60%; економію коштів на проектування і виготовлення технологічного оснащення на 30-85%; підвищення

продуктивності праці за рахунок скорочення допоміжного і основного часу обробки на верстаті і ін. В умовах ГАП і КВП тільки обладнання з ЧПУ може забезпечити швидкість і гнучкість процесу виготовлення деталей і вузлів, забезпечуючи в умовах автоматизованого виробництва ефективні методи і засоби його коригування і зміни. При цьому можливі зміни не тільки технології, але і самого виробу.

3.Особливість технологічної підготовки виробництва.

Види і характер робіт з технологічної підготовки виробництва з використанням верстатів з ЧПУ, в тому числі і спеціалізованих, істотно відрізняються від робіт, вироблених за допомогою звичайного універсального обладнання. Значно зростають складність завдань і трудомісткість проектування технологічного процесу. Спеціальні знання (в тому числі і математичні), необхідні для складання програми, різко підвищують необхідний рівень кваліфікації технологів, а застосування технічних засобів для розрахунку і складання програм обумовлює появу в системі підготовки виробництва нових спеціальностей (програмістів, математиків, електронників) і потребує вирішення низки організаційних питань.

Для сучасного виробництва є обов'язковим наявність у фахівця хорошою комп'ютерної підготовки, прекрасних знань в області використання загального і спеціального комп'ютерного програмного забезпечення. В умовах КВП технологу необхідні ще і навички у виконанні проектних робіт, а конструктору – хорошою технологічної підготовки. Технологічні роботи, загальні за назвою з роботами, які виконуються для обладнання з ручним управлінням, мають інший зміст при застосуванні верстатів з ЧПУ і вимагають іншого підходу. До таких робіт відносяться, наприклад, опрацювання робочих креслень на технологічність, вибір інструменту та оснастки, вироблення вимог до заготівлі та ін.

У загальному випадку складання програм для верстатів з ЧПУ починається з розробки технологічного процесу на деталь і виділення операцій програмованої обробки. В обраних операціях після технологічної підготовки. уточнення траєкторії руху інструментів, швидкості робочих і холостих ходів і ін. Напрями і величини переміщень встановлюють виходячи з конфігурації оброблюваних поверхонь деталі, швидкості робочих ходів, швидкості холостих ходів. Встановлена послідовність обробки кодується і записується на програмоносій.

Отримана в результаті УП є сумою вказівок робочим органам верстата на виконання в певній послідовності дій, з яких складається весь процес обробки деталі. Отриманням УП завершується перший етап процесу виготовлення деталі на верстатах з ЧПУ, розпочатий з попередньої підготовки даних, необхідних для програмування. підготовлена інформація повинна бути представлена у формі чисел, т. е. у формі, придатній для запису програми даного верстата. Однак не всякі числа можуть висловлювати інформацію для управління верстатами з ЧПУ.

На другому етапі відповідно до програми, записаної на програмоносії, деталь обробляється на верстаті.

Багатоцільові верстати з ЧПУ, що мають поворотні столи-накопичувачі, об'єднані в єдину лінію транспортною системою і системою управління.

Питання для самоперевірки

1. Опишіть принцип дії верстатів з ЧПУ;
2. Назвіть основні переваги верстатів з ЧПУ;
3. Особливість технологічної підготовки виробництва.

Лекція №3. Етапи розробки керуючих програм.

План

1. Етапи технологічної підготовки розробки КП;
2. Етапи розробки керуючих програм.

1. Етапи технологічної підготовки розробки КП.

Технологічна підготовка розробка керуючих програм включає наступні основні етапи:

1. Визначення номенклатури деталей, рекомендованих для обробки на верстатах з ЧПК;

Рациональний підбір номенклатури деталей, призначених для обробки на верстатах з ЧПК, створює передпосилки до отримання найбільшого економічного ефекту від застосування верстатів. Економічний ефект одержується за рахунок ліквідації розмірочних операцій, форсування

режимів різання, зниження трудоемкості збірки (за рахунок підвищення точності), можливість багатостаночного обслуговування.

2. Класифікація деталей по конструктивно-технологічним ознакам. Технологічну підготовку програми для верстатів з ЧПК треба виконувати для групи деталей, об'єднаних конструктивно-технологічними ознаками. Це дозволяє скоротити терміни технологічного проектування та створити переналагоджувану оснастку.

3. Технологічний контроль креслень (аналіз технологічності).

Технологічність деталей є основним фактором, що впливає на працездатність при обробці її на верстаті з ЧПК. Під технологічністю розуміється комплекс властивостей конструкції деталі, що дозволяє застосовувати при її виготовленні найбільш сучасні технологічні процеси та обладнання, забезпечити високу якість при мінімальних затратах праці та часу. Технологічність оцінюється по наступним ознакам:

- а) можливість групової обробки деталей, що знижує затрати на оснастку, інструмент, що зменшує працездатність підготовки програм;
- б) степінь уніфікації обробки деталей, безпосередньо впливаючий на трудоемкість підготовки програми та на число необхідного для обробки інструменту;
- в) можливість повної обробки деталі з мінімальним числом переустановок на верстаті;
- г) степінь уніфікації та стандартизації базових поверхонь, що облегшує встановлення та закріплення заготовки;
- д) жорсткість деталі, мінімальна її деформація в процесі обробки та після;

4. Вибір заготовок.

Заготовками для виготовлення деталей машин можуть служити:

- Відливки чугунці, сталі, з кольорового металу, з пластмас;
- Поковки та штамповки;
- Прокат.

5. Проектування технологічних процесів та оформлення їх на маршрутно-технологічних картах технологічних процесів.

Технологічний процес, що розробляється повинен забезпечувати виконання всіх вимог робочого креслення та технічних умов при мінімальних затратах праці, засобів виробництва та матеріалів. Таким чином, при проектуванні технологічного процесу необхідно користуватися технічними та економічними принципами.

2. Етапи розробки керуючих програм.

Процес розробки КП називається програмуванням. Він складається з наступних етапів:

1 етап. Розділення операцій на установи та позиції, вибір метода закріплення заготовки, вибір баз.

2 етап. Розробка операційної технології:

- Визначення послідовності переходів;
- Вибір технологічної оснастки;
- Визначення зон виробки;
- Розділ переходів на робочі ходи та допоміжні;
- Розрахунок режимів різання;
- Розробка операційної карти

3 етап. Переробка системи координат деталі. Розрахунок та постановка розмірів від однієї бази.

4 етап. Розробка операційної розрахунково-технологічної карти (РТК).

В РТК приводяться дані про режими різання, коди технологічних команд, повний рукопис керуючої програми. До РТК додаються карти ескізів, на яких приводяться: перероблене креслення деталі (з заданням розмірів від однієї бази) з визначенням баз, зажимів, побудови для розрахунку координат опорних точок, циклограми руху робочих органів.

5 етап. Розробка карт наладки інструменту.

Карта наладки інструмента є основним документом наладчика. На ній приводиться креслення деталі з розмірами, проставленими від однієї бази та ескіз інструментальної головки з зображенням закріпленого в ній інструменту та розмірів прив'язки нуля координат інструментальної головки

до нуля координат верстата чи деталі. На карті наладки приводиться схема закріплення деталі.

6 етап. Друк та редагування програми:

- Контроль програмо носія;
- Контроль траєкторії інструменту;
- Редагування КП.

7 етап. Перевірка КП на верстаті.

Внесення необхідних коректив. Після виготовлення та здачі ВТК пробної деталі складається акт введення КП в роботу.

Питання для самоперевірки

1. Визначення номенклатури деталей для обробки на верстаті з ЧПУ?
2. Проектування технологічних процесів;
3. Етапи розробки керуючої програми.

Лекція № 4. Структура технологічного процесу

План

1. Структура технологічного процесу;
2. Характеристики і види машинобудівного виробництва;
3. Використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

1. Структура технологічного процесу

Технологічний процес являє собою сукупність різних операцій, у результаті виконання яких змінюються розміри, форма, властивості предметів праці, виконується з'єднання деталей у складальні одиниці і вироби, здійснюється контроль вимог креслення і технічних умов.

Технологічною операцією називають закінчену частину технологічного процесу, виконувану на одному робочому місці. Вона є основним елементом виробничого планування й обліку. На виконання операцій установлюють норми часу і розцінки. По операціях визначають трудомісткість і собівартість

процесу, необхідна кількість виробничих робітників і засобів технологічного оснащення.

ГОСТ 3.1109—82 визначені основні елементи технологічних операцій. Назва операції визначається найменуванням устаткування (токарна операція, зварювальна операція і т.д.)

Технологічний перехід - закінчена частина технологічної операції, виконувана тими самими засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах і встановленні. При виконанні переходу режими роботи іноді змінюються без впливу робітника, тобто автоматично, наприклад при виконанні переходу на верстатах із програмним чи з адаптивним керуванням. (Наприклад: обробити площину корпусу, зварити дві деталі встик і т.д.), Переходи можуть виконуватися шляхом видалення одного чи декількох шарів матеріалу за один чи кілька робочих ходів.

Однократне переміщення інструмента щодо заготовки, що супроводжується зміною її розмірів, якості і властивостей, є закінченою частиною технологічного переходу і визначається, як робочий хід.

Однократне ж переміщення інструмента щодо заготовки, необхідний для підготовки робочого ходу, являє собою допоміжний хід. (Наприклад: підвести інструмент до деталі, відвести інструмент)

Усі дії робітника, виконувані ним при виконанні технологічного переходу, розділяються на окремі прийоми. Прийомом називають закінчену сукупність дій людини, застосовуваних при виконанні переходу чи його частини й об'єднаних одним цільовим призначенням. Наприклад: взяти заготовку, підвести до патрону, встановити заготовку, включити подачу і т.п.

Закріплення заготовок, зміну інструмента й інші закінчені частини технологічної операції, що складаються з дій людини і (чи) устаткування і не супроводжуються зміною властивостей предметів праці, але необхідні для технологічного переходу, називають допоміжними переходами.

Установом називається частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні заготовки чи складальної одиниці. При одному установі заготовка може займати різні позиції. Позиції — це фіксоване положення, займане незмінно закріпленою заготовкою і складальною одиницею, що збирається, разом із пристосуванням щодо інструмента чи нерухомої частини устаткування при виконанні визначеної частини операції.

Налагодженням називають підготовку технологічного устаткування і технологічного оснащення до виконання технологічної операції. До налагодження відноситься установка пристосування на верстаті,

встановлення на розмір комплекту ріжучого інструмента, і т.д. Сукупність знарядь виробництва, необхідних для здійснення технологічного процесу, називається засобами технологічного оснащення.

Технологічне устаткування — це засоби технологічного оснащення, у яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщують матеріали заготовки чи засоби впливу на них, а також технологічне оснащення (прикладом технологічного устаткування є ливарні машини, преси, металорізальні верстати, печі, гальванічні ванни, випробувальні стенди і т.п.).

У технологічне оснащення включаються засоби технологічного оснащення, що доповнюють технологічне устаткування для виконання визначеної частини технологічного процесу (різальний інструмент, штампи, пристосування, калібри, прес-форми, моделі, ливарні форми і т.д.).

2. Характеристики і види машинобудівного виробництва

Виробництво товарної продукції відноситься до основного виробництва. Для нормального забезпечення функціонування основного виробництва передбачається допоміжне виробництво. Різне технологічне оснащення, що використовується в процесі основного виробництва, виготовляється в інструментальному виробництві. Будь-яке виробництво характеризується рядом показників:

Обсяг випуску продукції характеризується числом виробів певних найменувань, типорозмірів і виконань, виготовлених чи ремонттованих підприємством чи його підрозділом протягом планованого періоду часу.

Програма випуску - установлений для даного підприємства перелік виготовлених чи ремонттованих виробів із вказівкою обсягу випуску по кожному найменуванню на планований період.

Виробничу партію складають предмети праці одного найменування і типорозміру, що запускаються в обробку протягом визначеного інтервалу часу, при тому самому підготовчо-заключному часі на операції.

Інтервал часу від початку до закінчення виробничого процесу виготовлення чи ремонту виробу називають виробничим циклом.

До серії виробів відносяться усі вироби, виготовлені за конструкторською і технологічною документацією без зміни її позначення.

У залежності від номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску продукції розрізняють три типи виробництва: одиничне, серійне, масове (ГОСТ 14.004—83).

Однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій — відношення числа всіх різних технологічних операцій, виконаних чи підлягаючих виконанню протягом місяця, до числа робочих місць в даному структурному підрозділі:

$$K_{з.о.} = O / P \quad (8.1)$$

де O — число різних операцій; P — число робочих місць, на яких виконуються різні операції.

Слід зазначити, що на одному підприємстві і навіть в одному цеху можна зустріти сполучення різних типів виробництва. Тому, тип виробництва заводу чи цеху в цілому визначається за ознакою переважного характеру технологічних процесів.

Одиничне виробництво характеризується малим обсягом випуску однакових виробів, повторне виготовлення яких, як правило, не передбачається.

На робочих місцях в одиничному виробництві виконують різноманітні операції без їхнього періодичного повторення на універсальному технологічному устаткуванні з використанням універсального, уніфікованого і стандартного технологічного оснащення (лещата для кріплення деталей, косинці, прихвати і т.п.; стандартні різці, свердла, фрези і т.п.; універсальні вимірювальні засоби: штангенінструмент, мікрометри, нутроміри і т.п.).

Спеціальне технологічне оснащення застосовують лише у виняткових випадках, коли без нього виготовлення деталей неможливо. Універсальність виконання робіт вимагає високої кваліфікації робітників.

Серійне виробництво характеризується виготовленням чи ремонтом виробів періодично повторюваними партіями. У залежності від числа виробів у партії чи серії і значення коефіцієнта закріплення операцій розрізняють дрібно-, середньо- і крупносерійне виробництво (ГОСТ 3.1121—84).

Прийнято:

$20 < K_{з.о.} < 40$ — дрібносерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} < 20$ - середньосерійне виробництво;

$1 < K_{з.о.} < 10$ -крупносерійне виробництво.

Серійне виробництво є основним типом машинобудівного виробництва. Приблизно 80% усієї продукції машинобудування країн світу виготовляється на заводах серійного виробництва (виробництво верстатів, пресів,

деревообробних верстатів, текстильних машин, насосів, вентиляторів і т.д.). У серійному виробництві машини виготовляють серіями, а заготовки обробляють партіями.

У серійному виробництві процес виготовлення деталей побудований за принципом диференціації операцій. Окремі операції закріплені за визначеним робочим місцем. Тому виробництво цього типу характеризується необхідністю переналагодження технологічного устаткування при переході на виготовлення деталей іншої партії. Для виконання різних операцій використовують універсальні металорізальні верстати, оснащені як універсальними, так і універсально-збірними і спеціальними пристосуваннями. Знаходять застосування також спеціалізовані, спеціальні автоматизовані, агрегатні верстати. Досить широко використовують верстати з числовим програмним керуванням, у тому числі багатоцільові; одержують поширення гнучкі виробничі системи. Доцільне застосування спеціального різального інструмента, а також застосування спеціальних мірних інструментів і вимірювальних приладів.

При необхідності вибір технологічного устаткування й оснащення повинний бути обґрунтований відповідними техніко-економічними розрахунками. Устаткування може бути розташоване за груповою ознакою чи у вигляді потоку (у крупносерійному виробництві).

У серійному виробництві середня кваліфікація робітників нижча, ніж в одиничному виробництві.

Масове виробництво характеризується великим обсягом випуску виробів, що безперервно виготовляються чи ремонтуються тривалий час, протягом якого на більшості робочих місць виконується одна робоча операція. Для масового виробництва, як правило, $K_{з.о} = 1$.

У масовому виробництві застосовують високопродуктивне устаткування: спеціальні, спеціалізовані й агрегатні верстати, верстати для безперервної обробки, багатошпиндельні автомати і напівавтомати, автоматизовані виробничі системи, керовані від ЕОМ, автоматичні лінії. Знаходять також обмежене застосування верстати з ЧПК. Широко застосовується багатолезовий і спеціальний різальний інструмент, швидкодіючі, автоматичні і механізовані пристосування, вимірювальні інструменти і прилади. Для технологічних процесів характерний високий рівень використання засобів автоматизації і комплексної механізації. Типовим прикладом масового виробництва є підприємства, на яких виготовляються автомобілі, трактори, мотоцикли, підшипники кочення, велосипеди, швейні машини і т.д.

У крупносерійному і масовому виробництві широко застосовують потокову організацію виробництва. Вона характеризується розташуванням засобів технологічного оснащення в послідовності виконання операцій технологічного процесу з визначеним інтервалом випуску виробів.

Основним елементом потокового виробництва є потокова лінія, на якій розташовані робочі місця.

Для передачі предмета праці з одного робочого місця на інше застосовують спеціальні транспортні засоби.

При проектуванні технологічних процесів для потокового виробництва визначають такт випуску — інтервал часу, через який періодично виробляється (випускається) виріб чи заготівка визначених найменувань:

$$\tau = 60 \times F_d \times \eta / N$$

де F_d — дійсний фонд часу в планованому періоді (рік, місяць, доба, час); η — коефіцієнт, що враховує втрати з організаційно-технічних причин, втрати від переналагодження устаткування й ін.; N — виробнича програма на плановий період.

Існують дві форми організації потокового виробництва: безперервно-потокова і перервно-потокова (прямоточна).

У безперервно-потоковому виробництві робочі місця розташовують у порядку виконання технологічного процесу, утворюючи потокову лінію; кожна операція закріплена за визначеним робочим місцем. Предмет праці переміщається безупинно з одного робочого місця на інше, не затримуючись. Норми часу на виконання операцій повинні бути рівні чи кратні такту (ритму).

У перервно-потоковому виробництві робочі місця розташовують так само, як у безперервно-потоковому. Однак тривалість виконання різних операцій не дорівнює і не кратна такту (ритму). Тому, природно, рух предметів при виконанні деяких операцій відбувається перервно. Неминучі або залежування предметів праці, або простій робітників на місцях. Ці лінії організують у тих випадках, коли не вдається зробити синхронізацію операцій, тобто домогтися рівності чи кратності тривалості часу виконання операції.

Подальше вдосконалення потокового виробництва привело до створення автоматичних ліній, на яких всі операції виконують із установленим тактом на робочих місцях, оснащених автоматичним устаткуванням. Транспортування предметів праці на таких лініях здійснюється також автоматично.

Вищою формою розвитку автоматизованого виробництва є гнучкі виробничі системи (ГВС). Ці системи складаються із автоматизованих верстатів типу оброблюваних центрів, спеціальних транспортних засобів, керованих від ЕОМ, і автоматизованих складів. У цих виробництвах перехід на випуск іншої продукції проходить шляхом зміни виду заготовки і комп'ютерних програм для її обробки.

3. Використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК)

Серійне виробництво, в якому випускається до 80% загальної продукції, характеризується великими затратами робочого часу на виконання допоміжних операцій. Основним напрямком скорочення цих затрат є автоматизація виробничих процесів за рахунок використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). На цих верстатах досягається висока ступінь автоматизації обробки і можливість їх швидкого переналагоджування на обробку будь-якої деталі в межах технічних характеристик.

Ефективність застосування верстатів з ЧПК виражається в:

- підвищенні точності і однорідності розмірів і форми оброблюваних заготовок;
- підвищенні продуктивності обробки в кілька разів ;
- зниженні собівартості обробки;
- значному зниженні потреб у висококваліфікованих верстатниках.

Застосування верстатів з ЧПК розвивається у двох напрямках:

Перший напрямок – обробка дуже складних заготовок унікальних деталей, що мають складну конфігурацію і різні фасонні поверхні, виготовлення яких на традиційних верстатах є неможливим або вимагає великих затрат часу і праці, в тому числі висококваліфікованої або важкої фізичної праці.

Другий напрямок – обробка заготовок звичайних деталей з точністю IT16 – IT8 та шорсткістю $Rz = (3...10)$ мкм. Економічна ефективність застосування верстатів з ЧПК проявляється уже при обробці відносно невеликих партій (20...30 шт.) заготовок.

Відбувається вдосконалення систем ЧПК та конструкцій верстатів, які сприяють підвищенню їх точності і продуктивності, розширенню

технологічних можливостей по обробці з одного установи найбільшого числа поверхонь заготовки.

Вдосконалення систем ЧПК в першу чергу направляється на підвищення точності обробки заготовок і компенсацію виникаючих похибок. Системами забезпечується безступінчасте регулювання частоти обертання шпінделя із збереженням постійності швидкості різання при переході на обробку поверхонь другого діаметра; можливість кутового позиціонування шпінделя для орієнтованої установки в патрон несиметричної заготовки; можливість поперечної обробки на токарному верстаті неорухомої заготовки свердлуванням і фрезеруванням.

Нові системи з ЧПК передбачають компенсацію систематичних похибок обробки, пов'язаних із тепловими деформаціями технологічної системи, впливом зазорів в з'єднаннях на точність переміщень; автоматичну корекцію накопичених похибок.

В сучасних токарних верстатах вводиться автоматичне вимірювання розмірів оброблюваних заготовок. Отримана інформація обробляється системами ЧПК для здійснення автоматичної корекції положення інструменту.

Для запобігання поломкам інструменту та появи браку в багатьох системах вводяться обмеження, що переривають процес обробки при досягненні граничних значень потужності різання, сили, моменти і т.п.

Для серійного та крупносерійного типів виробництва верстати з ЧПК оснащуються засобами для завантаження та розвантаження заготовок, що дає можливість використовувати їх в складі гнучких автоматизованих дільниць.

Токарні, фрезерні і фрезерно-свердлувально-розточні верстати з оперативною системою керування дозволяють здійснювати програмування безпосередньо на верстаті із введенням управляючої програми з допомогою клавіатури пульта верстата. Сучасні багатоопераційні верстати мають пристрої для зміни окремих інструментів та багатошпіндельних головок, оснащуються змінними столами і наборами поворотних плит-супутників, що дозволяють здійснювати швидко автоматичну заміну оброблюваних заготовок різних типів і розмірів з контролем позиціонування базових поверхонь.

Для організації автоматичного циклу обробки сучасні багатоопераційні верстати забезпечуються пристроями для контролю стану різального інструменту і ступені його затуплення на основі контролю потужності, крутного моменту, сили струму або величин складових сил різання. Величина розмірного зношування інструменту для корекції його положення

визначається за результатами автоматичних вимірювань оброблюваної заготовки або вимірювань інструменту безпосередньо на верстаті.

За рахунок об'єднання верстатів з ЧПК в поточні лінії досягається неперервність технологічного процесу і його часткова автоматизація, створюються групові поточні лінії.

Питання для самоперевірки

1. Структура технологічного процесу;
2. В чому заключається ефективність застосування верстатів з ЧПУ в серійному виробництві?

Лекція №5. Технологічна документація.

План

1. Довідкова документація
2. Вихідна документація;
3. Супроводжувальна документація.

Технологічні процеси і керуючі програми розробляють на основі різноманітної інформації, носієм якої є технологічна документація.

Технологічною документацією називається комплекс текстових і графічних документів, що визначають окремо або в сукупності технологічний процес виготовлення виробу і мають дані, необхідні для організації виробництва.

Державними стандартами встановлена Єдина система технологічної документації (ЕСТД), в якій визначено правила її розробки, оформлення і комплектації, що застосовуються всіма машинобудівними і приладобудівними підприємствами. Основне призначення стандартів ЕСТД - уніфікація позначень і послідовності розміщення однорідної інформації в формах документів, що розробляються для робіт різних видів. Стандарти наказують не тільки форму бланків, а й характер записи, терміни та визначення, умовні позначення та ін.

Технологічну документацію, яка використовується під час розробки технологічних процесів (ТП) і підготовці УП, можна розділити на довідкову

та супровідну. Супровідну документацію складають при виконанні того чи іншого етапу робіт, вона може бути вихідної для наступних етапів.

До складу довідкової документації входять класифікатори деталей, опис типових технологічних процесів; каталоги та картотеки універсальних верстатів та верстатів з ЧПУ каталоги ріжучого, допоміжного і вимірювального інструмента, пристосувань та обробляємих матеріалів; нормативи режимів різання; таблиці допусків і посадок; інструкції з розрахунку, кодування, запису, контролю та редагування УП; методичні матеріали по визначенню економічної ефективності обробки на верстатах з ЧПУ.

Ряд довідкових даних, що використовуються при розробці ТП на верстатах з ЧПУ в умовах реального підприємства, зручно представлять на спеціально розроблених картах, складаючих в сукупності спеціалізовану тематичну картотеку.

Карта верстата з ЧПУ призначена для запису його короткої технічної характеристики. Форми цих карт розроблені для окремих технологічних груп верстатів. В карту для конкретного верстата з ЧПУ записують модель і інвентарний номер верстата, тип пристрою ЧПУ, групу і призначення верстата, найбільші габаритні розміри оброблюваних заготовок; число програмно керованих координат, в тому числі керованих одночасно; вихідні положення і граничні переміщення робочих органів верстата; число позицій інструменту і розміри, що визначають положення його державок; потужність і ККД двигуна приводу головного руху; частоти обертання шпинделя за діапазонами і відповідні допустимі крутні моменти; допустимі сили на привід подач; дискретність завдання переміщень; швидкості робочих подач і швидких ходів; тривалість зміни інструменту; економічну точність верстата і вартість роботи однієї верстатохвилини. У карті верстата з ЧПУ приводять схематичне креслення, на якому вказують позначення осей координат і позитивні напрямки переміщень робочих органів.

Карта ріжучого інструменту призначена для запису всіх необхідних для програмування даних про інструмент. Форми карт розроблені для окремих груп інструментів: різців, фрез, свердел і інших інструментів для обробки отворів. В карту записують тип і призначення інструменту; характер обробки; шифр інструмента, що містить коди ріжучої частини і державки; координати вершини інструменту щодо базової точки його державки; налагоджувані розміри, що визначають положення інструменту в пристосуванні при його налаштуванні поза верстата; матеріал ріжучої

частини; граничні глибини різання; ознака форми передньої грані; радіус заокруглення при вершині; довжину ріжучої частини; головний і допоміжний кути в плані; кути нахилу ріжучої кромки; рекомендує глибину різання, швидкість різання і подачу; допустимий знос; число переточувань або граней непереточуваних пластин; вартість нового інструменту. У карті ріжучого інструменту приносять ескіз, пояснює розташування вершини інструменту і орієнтацію його ріжучої частини. На ескізі показують також можливі напрямки руху інструменту на робочій подачі.

Карту технологічного оснащення при обробці на верстатах токарної групи використовують в основному для запису розмірів патрона і затискних кулачків, необхідних для визначення положення заготовки щодо шпиндельного вузла верстата. В карту кріпильної оснастки записують шифр патрона, який визначає його приналежність до конкретного верстата; відстані між опорними поверхнями кулачків і базовою площиною шпинделя; граничні діаметральні розміри робочих поверхонь кулачків; твердість кулачків і найбільше зусилля затиску. У карті приносять ескіз патрона з кулачками, встановленими для затиску зовнішніх і внутрішніх поверхонь заготування, з позначенням записуються в карті розмірів.

Аналогічно складають карти для лещат, координатних плит, універсальних збірних пристосувань і спеціального затискного оснащення, що використовуються при обробці на свердлильних, фрезерних і інших верстатах з ЧПУ.

Карта оброблюваного матеріалу призначена для запису технологічних параметрів, використовуваних при виборі режимів різання. Основною характеристикою оброблюваного матеріалу слугує залежність між швидкістю різання і стійкістю інструмента. Коефіцієнти і показники ступеня цієї залежності вносять в відповідні графі форми. Оброблювані матеріали систематизують по групах (вуглецеві і леговані, конструкційні та інструментальні сталі, корозійно-стійкі та жаропрочні сталі, чавуни, алюмінієві і бронзові сплави і т. п.), в межах яких вони розрізняються коефіцієнтами оброблюваності і поправочними коефіцієнтами, що враховують матеріал ріжучого інструменту. У найбільшому обсязі зміст карт матеріалів, що обробляються, використовують при машинному програмуванні.

2. Супровідна технологічна документація при розробці ТП і УП для верстатів з ЧПУ досить різноманітна. Частина документації, зокрема при розробці маршрутної технології, в ряді випадків не відрізняється від

загальноприйнятої при проектуванні ТП для універсальних верстатів. Супровідна документація при виконанні етапів робіт, пов'язаних з підготовкою УП, має суттєву специфіку. Вона включає в себе інформацію про програмування обробки деталі на верстаті з ЧПУ, про налагодження верстата і інструмента, інформацію, яка відображатиме контроль УП та ін.

Відповідно до комплектності УП супровідна документація містить операційну карту і операційний креслення деталі, карти наладки верстата і інструменту, операційну розрахунково-технологічну карту з ескізом траєкторії інструментів і її роздруківку, графік траєкторії інструментів, отриманий на етапі контролю УП, і акт впровадження УП.

Операційна карта призначена для опису операцій технологічного процесу виготовлення деталі з поділом на переходи і вказівки обладнання, оснащення та режимів різання. особливість операційної карти обробки на верстаті з ЧПУ: вона має вказівки про взаємне розташування базових поверхонь деталі, кріпильного пристосування та інструменту при описі установів і переходів.

Карта наладки верстата містить всі відомості, які використовуються при налагодження верстата для роботи по УП. Форми карт налагодження розроблені для технологічних груп або окремих верстатів з ЧПУ. В процесі ручної підготовки УП карту заповнює технолог-програміст, при автоматизованій підготовці УП на ЕОМ її видає оператор. Для кожного установи в карту наладки верстата записують номер креслення і найменування деталі; модель верстата з ЧПУ; номер УП; тип і матеріал заготовки; шифр кріпильної оснастки і силу затиску заготовки. В карту налагодження заносять координати вихідних положень робочих органів верстата; діапазонів частот обертання шпинделя; відомості про зміну робочої подачі з пульта УЧПУ; вказівка про включення охолодження; шифри інструментів із зазначенням номерів їх позицій і блоків корекції; дані про окремі розміри з допусками і зазначенням номерів кадрів УП, а також корекції для компенсації відхилень форми і розташування обробки в налагоджувальному режимі. У карті налагодження верстата призводять ескіз, пояснює схему базування і закріплення заготовки.

Карту налагодження інструменту використовують при налаштуванні інструмента поза верстата і установці його на верстаті відповідно до обраної налагодженням. В карту записують координати вершин всіх інструментів налагодження і показання приладу для їх налаштування поза верстата.

На оброблюваних поверхнях вказують шорсткість, розміри з відхиленнями, режими різання і наводять дані хронометражу. Акт підписують контролер ОТК, майстер дільниці верстатів з ЧПУ, технолог ВГТ і начальник бюро програмного управління. Якщо деталь раніше виготовлялася на верстаті з ручним керуванням, то в акті обґрунтовують економічну ефективність її перекладу на верстат з ЧПУ, після чого акт служить підставою для зміни технологічного процесу на підприємстві.

Комплектність і форми технологічної документації, що використовується при підготовці УП, можуть змінюватися в залежності від прийнятого на даному підприємстві документообігу та методу програмування (ручного або за допомогою ЕОМ).

Комплектність і форми технологічної документації залежать від характеру і виду виробництва. Застосування документації на паперових носіях скорочується, і багато підприємств паперові носії не використовують. Вся необхідна інформація на таких підприємствах знаходиться в електронному вигляді і зберігається у відповідних базах даних в пам'яті ЕОМ. Розроблені на відповідних комп'ютерних робочих місцях керуючі програми, включаючи тексти, малюнки, ескізи, карти налагодження інструменту, по кабельному зв'язку передаються безпосередньо в УЧПУ необхідного верстата, де в міру потреби викликаються і використовуються робітником-оператором.

Питання для самоперевірки

1. Що називається технологічною документацією?
2. Що входить в поняття довідкової документації?
3. Що входить в поняття вихідної документації?
4. Що входить в поняття супроводжувальної документації?

Лекція № 6. Системи координат в токарних верстатах з ЧПУ.

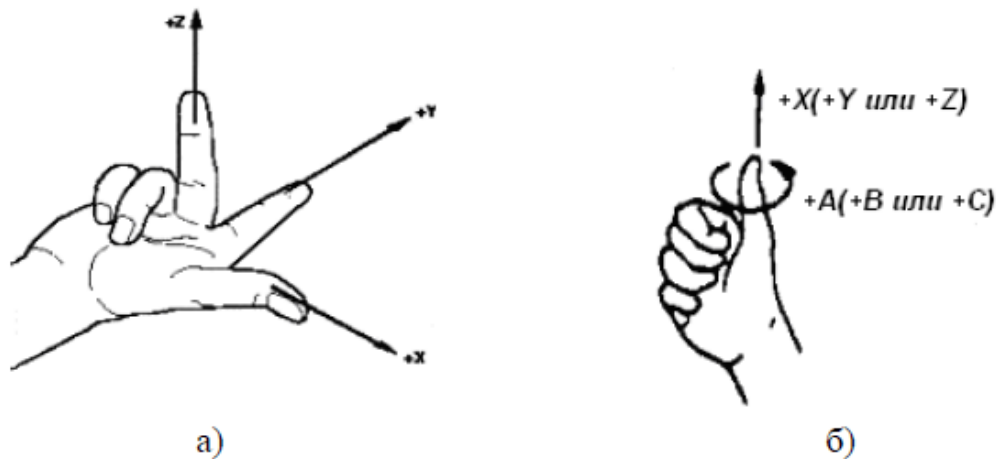
План.

1. Прямокутна, циліндрична та сферична системи координат;
2. Система координат деталі, верстату та інструменту;
3. Нульова, вихідна точки. Точка початку обробки.

Процес механічної обробки заготовок на токарних верстатах з числовим програмним управлінням здійснюється внаслідок робочих рухів заготовки та інструменту, а точність одержуваних при цьому розмірів визначається точністю розташування вершини різця щодо осі обертається заготування. Щоб забезпечити необхідну точність розмірів деталі інструмент і заготівля повинні займати строго певне положення один щодо одного при обробці тієї чи іншої поверхні. Виконати ці умови в автоматичному режимі (без участі людини) можна лише в тому випадку, якщо виконавчі органи верстата переміщати в обраній системі координат. Задаючи координати виконавчих органів в керуючій програмі, можна забезпечити обробку заготовки по певному контуру.

Отже, обов'язкова умова, що забезпечує обробку заготовок із заданою точністю, - наявність систем координат в верстаті, які можна вибрати по-різному, але для скорочення трудовитрат при складанні керуючої програми, спрощення налагодження верстата і зменшення обсягу необхідних обчислень вибір систем координат та напрямку осей, по яким переміщаються виконавчі органи верстата, стандартизовані.

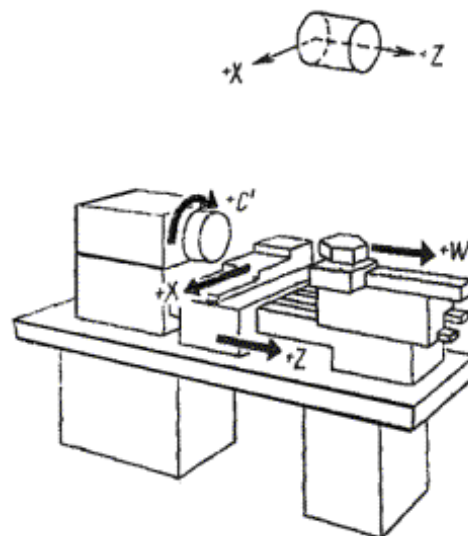
У стандартній системі координат верстата позитивні напрямлення осей X , Y , Z визначаються за правилом правої руки. Великий палець (рис. 2.1, а) вказує позитивний напрямку абсцис (X), вказівний - осі ординат (Y), середній - осі аплікат (Z). Позитивні напрямки обертання навколо осей X , Y , Z визначаються другим правилом правої руки. Згідно цьому правилу великий палець розташовують по черзі по напрямлення осі X , Y , Z , тоді інші зігнуті пальці вкажуть по-25 позитивним напрямком обертання щодо розглядаємої осі, що (рис. 2.1, б).



Мал. 3. - Вибір напрямку осей X, Y, Z верстата з ЧПУ (а) і напрямки обертання щодо цих осей (б) за правилом правої руки.

Користуючись цими правилами, можна без труднощів визначити не тільки позитивні напрямки осей X, Y, Z, а й позитивні напрямки обертання виконавчих органів для верстата з ЧПУ. Для токарних верстатів з ЧПУ досить вибрати дві осі X і Z. Вісь Z збігається з віссю шпинделя верстата, а вісь X спрямована перпендикулярно до осі Z і може розташовуватися в вертикальній або горизонтальній площині в залежності від компоновальної схеми токарного верстата.

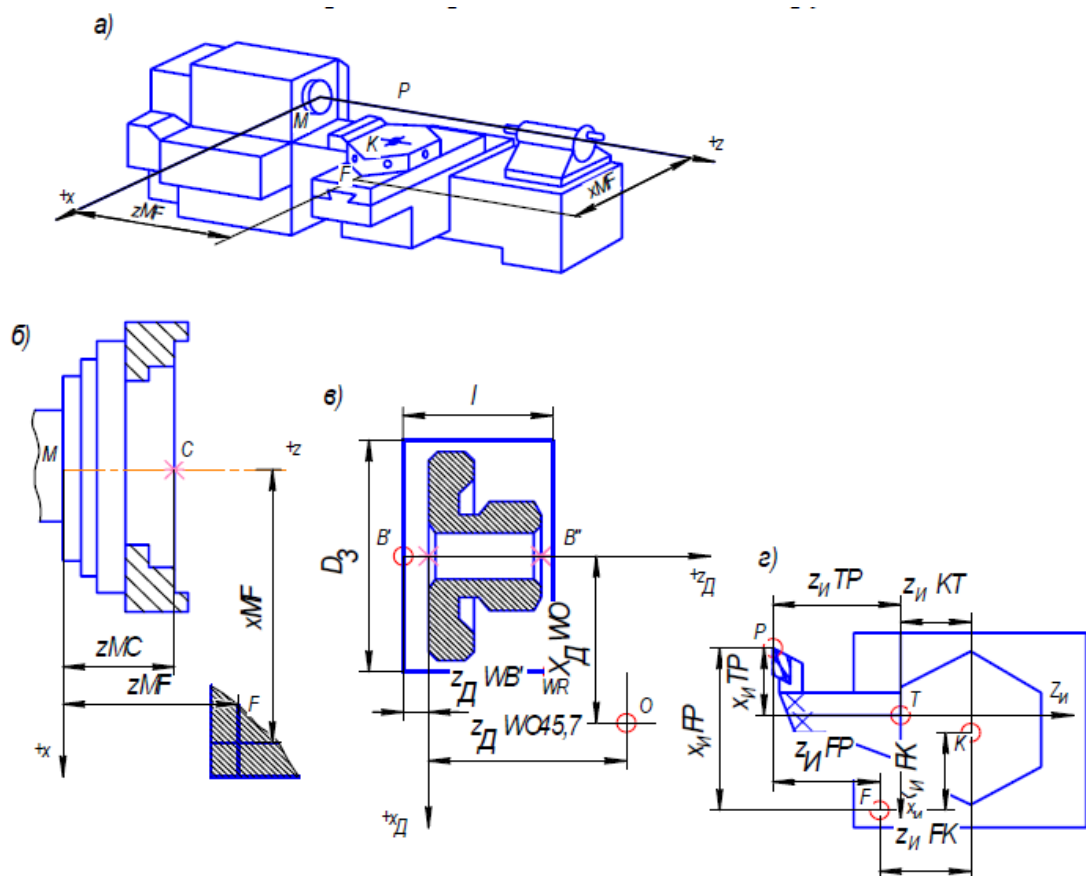
Скориставшись правилом правої руки, отримаємо позитивні напрямки осей координат X, Z (мал.). напрямки повороту навколо осей X, Y і Z задається в керуючій програмі адресами A, B і C відповідно, а напрямки обертання навколо осі Z для токарного верстата - адресою C.



Мал. 4. -Напрямки осей X і Z декартовій системі координат для токарного верстата з ЧПУ

При обробці заготовки на токарному верстаті з ЧПУ (рис. 2.3, а) використовують три координатні системи [3]. Перша система – система координат верстата xMz , яка має початок відліку в точці М (нуль верстата) (рис. 2.3, б). Нуль верстата позначається буквою М від першої букви англійського слова «machine», яке в перекладі на українську мову означає «верстат». У цій системі визначаються положення окремих вузлів верстата, причому чисельні значення координат тих чи інших точок виводяться на монітор верстата.

Друга координатна система $x_D W z_D$ являє собою систему координат деталі (програми обробки деталі) (рис. 2.3, в). нуль деталі тут позначається буквою W від першої літери англійського слова «Workpiece», яке означає в перекладі на українську мову «заготовка». І третя система координат - система інструменту $x_I T z_I$ (мал. 2.3, г), в якій визначено положення вершини Р різця відносно базової точки F (К, Т) елемента верстата, несе інструмент. Нуль інструменту позначається першою літерою Т від англійського слова «tool», яке в перекладі означає «інструмент».



Мал. 5. - Системи координат при обробці на токарному верстаті

При токарній обробці найчастіше за початок координатної системи програми (за нуль деталі) приймають точку, що лежить на осі Z і одночасно розташовану в площині, що збігається з базовим торцем деталі.

В принципі нуль програми можна вибрати на осі Z на вільній відстані від нуля верстата, проте розташування нуля деталі на лівому або правому її торці, що є вимірювальною базою деталі, забезпечує найбільш просте складання керуючої програми.

Система координат деталі - головна система при програмування обробки. У ній визначені всі розміри цієї деталі і дані координати всіх опорних точок її контуру.

Система координат деталі переходить в систему координат програми, в якій дано координати всіх точок і визначені всі елементи, в тому числі і розміщення допоміжних траєкторій, необхідних для складання УП. Системи координат деталі (програми) зазвичай суміщені і являють собою єдину систему, в якій проводиться програмування і виконується обробка деталі. система призначається технологом-програмістом відповідно до системи координат верстата.

В системі координат деталі (програми) програмуються рухи інструменту, вказується так звана точка початку руху інструменту - вихідна точка (О). З вихідної точки інструмент починає свій рух з метою обробки заготовки і повертається в неї після закінчення процесу обробки. Центр Р інструмента називається полюсом, він сполучений з вихідною точкою. Місце розташування вихідної точки в системі координат деталі обирає технолог-програміст перед складанням програми. При цьому він виходить з зручності відліку розмірів, розміщення інструменту та заготовки, прагнучи, щоб уникнути зайвих холостих ходів наблизити інструмент до оброблюваної заготовки.

Вихідна точка вибирається так, щоб інструмент, перебуваючи в цій точці після кожного циклу обробки, не заважав зняття готової деталі з верстата та встановлення нової заготовки [3]. Близьке розташування вершини різця до обробленої деталі призводить до небезпеки випадкового удару по інструменту при її знятті і установці нової заготовки на верстат. Контакт інструменту і заготовки призводить до поломки (сколювання) ріжучого леза інструменту і необхідності його заміни. При багатоінструментальній обробці

вихідних точок може бути кілька - по числу використовуваних інструментів, оскільки кожному інструменту задається своя траєкторія руху.

Система координат інструмента призначена для завдання положення його ріжучої частини щодо державки. Інструмент описується в робочому положенні в зборі з державкою. При описуванні усього розмаїття інструментів для верстатів з ЧПУ зручно використовувати єдину систему координат інструмента $x_i Tz_i$, осі якої паралельні відповідним осям стандартної системи координат верстата і спрямовані в ту ж сторону. Початок системи координат інструмента розташовують в базовій точці T інструментального блоку, обраній з урахуванням особливостей його установки на верстаті. При установці блоку на верстаті точка T часто поєднується з базовою точкою елемента верстата, несе інструмент. Ріжуча частина інструменту характеризується становищем його вершини і ріжучих крайок.

Положення вершини інструменту визначається радіусом закруглення r і координатами $X_i T_P$ та $z_i T_P$ її налагоджуваної точки P , положення якої щодо початку системи координат інструмента забезпечується налагодженням інструментального блоку поза верстатом спеціальному пристосуванні.

Положення ріжучої кромки різця задається головним ϕ і допоміжним ϕ_1 кутами в плані, а положення свердла - кутом 2ϕ при вершині і діаметром D . Вершина обертового розмірного інструмента лежить на осі обертання, а тому для її завдання досить вказати аплікат $z_i T_P$.

Питання для самоперевірки

1. Правила вибору напрямів осей координат верстата;
2. Визначення нульової точки деталі, верстата?;
3. В чому відмінності нульової та вихідної точки верстата?

Лекція № 7. Зв'язок систем координат.

План

1. Зв'язок систем координат при обробці на токарному верстаті;
2. Зв'язок систем координат програми, верстата і інструменту при токарній обробці декількома інструментами;

Положення вихідної точки O , як і будь-якої іншої точки траєкторії руху інструменту, перекладається в систему координат верстата з системи координат програми (деталі) через базову точку C пристосування ($O-W-C-M$). Поліус інструменту P , заданий координатами в системі координат інструмента $x_i T z_i$ (див. рис. 2.3, г), перекладається в систему координат верстата через базову точку D супорта (див. рис. 2.3, а), яка задана щодо базової точки F ($P-K-F-M$) [3].

Такий зв'язок систем координат деталі, верстата і інструменту дозволяє витримувати задану точність при переустановленні заготовки і враховувати діапазон переміщень робочих органів верстата при розрахунку траєкторії інструменту в процесі підготовки програми управління.

Налагодження верстата для роботи по УП спрощується, якщо нульова точка верстата знаходиться на початку стандартної системи координат верстата, базові точки робочих органів наведені в фіксовані точки верстата, а траєкторія інструменту задана в УП переміщеннями базової точки робочого органу, що несе інструмент, в системі координат верстата. Це можливо, якщо базова точка C пристосування визначена в системах координат деталі та верстата. Якщо ж траєкторія інструментів задана в УП переміщеннями вершини інструменту в системі координат деталі, то для реалізації такої УП використовують так названий «плаваючий нуль». У цьому випадку початок координат верстата M умовно зміщують в початок координат програми W , і вся індикація значень в переміщеннях центру інструменту в прямій відповідності з програмою виводиться на відповідні елементи УЧПУ.

При програмуванні, як правило, за основну приймають точку початку системи координат деталі W , організовуючи щодо неї всю УП. Природно, при цьому береться до уваги характер розташування осей координат на обраному верстаті. Тоді, визначив в системі положення базових точок пристосування для деталі, зручно будувати траєкторію руху центру інструменту.

Для координатної системи програми $x_d W z_d$ (см. Рис. 2.3, в і 2.4, а) характерна наявність вихідної точки Про з координатами $z_d W O$ і $x_d W O$ щодо осей координатної системи. У координатній системі програми задаються також все опорні точки програмуємої траєкторії переміщення центру інструменту (інструментів), забезпечує обробку даної деталі. У заготовки є припуск $z_d W B'$ (положення точки B'), який повинен бути видалений при її обробці під час другої установки, що вимагає зміщення початку координатної системи (точки W) щодо базової площини заготування на величину $z_d W B'$.

У токарному верстаті початок системи координат інструмента ($X_i T z_i$) встановлено на базову точку T інструментального блоку (Див. Рис. 2.3, г). Положення базових точок інструментальних блоків, встановлюваних на одному різцетримачі, визначають відносно його центру K приростами координат $z_i K T$ і $x_i K T$. На одному супорті може бути кілька різцетримачів в залежності від характеру робіт (в патроні або в центрах), тому різцетримач може займати на супорті токарного верстата різні положення. В зв'язку з цим центр різцетримача повинен бути визначений приростами координат $z_i F K$ і $x_i F K$ щодо базової точки супорта F . В окремому випадку, коли на супорті знаходиться один різцетримач, що не переставляється, базова точка супорта може бути суміщена з центром повороту різцетримача або з базовою точкою інструментального блоку.

При закріпленні заготовки на верстаті (див. Рис. 2.4, а) технологічна база для обробки заготовки в даній установці суміщається з відповідною опорною поверхнею пристосування (суміщаються точки C і B'). Це дозволяє пов'язати між собою системи координат програми і верстата. Так як осі обертання шпинделя токарного верстата і оброблюваної заготовки збігаються, то для ув'язки цих систем координат досить визначити аплікати точки W початку системи координат програми в системі координат верстата.

Для випадку, коли осі аплікати систем координат програми і верстата спрямовані в одну сторону, $z M W = z M C - z_d W B'$, де $z M C$ і $z_d W B'$ - аплікати базових точок в системах координат верстата і програми з відповідними знаками. В даному випадку (див. Рис. 2.4, а) $z M W = z M C - (-z_d W B') = z M C + z_d W B'$. Якщо ж осі аплікати цих систем спрямовані в протилежні сторони (рис. 2.4, б), то $z M W = z M C + z_d W B''$, де $z_d W B''$ - апликата положення базової точки B'' деталі при обробці її при другій установці. Природно, в даному випадку прийнято, що положення базової точки C пристосування щодо точки

М залишається постійним, т. е. рівним z_{MC} , як і при обробці заготовки при першій установці.

Положення точки О, заданий координатами z_{dWO} і x_{dWO} в системі координат програми, визначиться координатами X_{MO} і z_{MO} в системі координат верстата: $x_{MO} = x_0$, $z_{MO} = z_{MW} \pm z_0$, де знак «+» тставиться при однакових, а знак «-» - при протилежних напрямках осей аплікат обох систем координат. Координати x_0 і z_0 визначають положення точки О в системі координат деталі (програми).

Таким чином, з урахуванням розміщення координатної системи програми і координатної системи інструменту щодо базових точок верстата М і F можна визначити положення координат (z_{MP} і X_{MP}) полюса інструменту Р в системі координат верстата x_{Mz} . При цьому слід мати на увазі, що виліт інструменту x_{iTP} і z_{iTP} визначено його налагодженням, а положення точки Т (величин x_{iKT} і z_{iKT}) щодо центру різцетримача К задано технічною характеристикою верстата. Заданими повинні бути і величини z_{iFK} і x_{iFK} , що визначають положення точки К відносно базової точки F. Тоді

$$X_{MP} = x_{MF} + x_{iFK} + x_{iKT} + x_{iTP}; z_{MP} = z_{MF} + z_{iFK} + z_{iKT} + z_{iTP}.$$

При визначенні координат X_{MP} і z_{MP} необхідно враховувати напрямки складових величин. Якщо базова точка супорта F поєднана з базовою точкою інструментального блоку Т, то поточні значення координат центру інструменту визначають лише з урахуванням вильоту інструменту, т. е. з урахуванням його координат в системі координат інструменту:

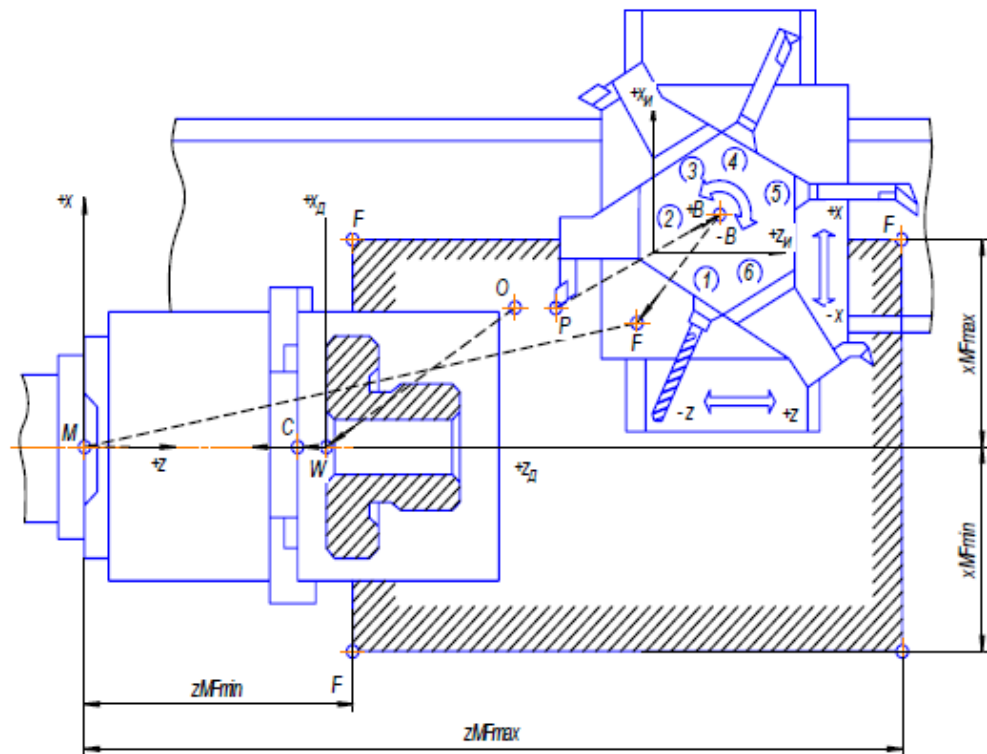
$$X_{MP} = x_{MF}(T) + x_{iTP}; z_{MP} = z_{MF}(T) + z_{iTP}.$$

Природно, що перед початком роботи за програмою (див. Рис. 2.4, а) полюс інструменту Р повинен бути поєднаний з вихідною точкою О і його положення в системі координат верстата має визначатися координатами z_{MP_0} та x_{MP_0} : $z_{MP_0} = z_{MW} + z_{dWO} = z_{MO}$; $x_{MP_0} = x_{dWO} = x_{MO}$.

Тут z_{MO} і x_{MO} - координати вихідної точки (нуля програми) в системі координат верстата.

При програмуванні слід брати до уваги діапазону зон переміщень робочих органів верстата (робочу зону), який задається граничними координатами базових точок цих органів в стандартній системі координат верстата. На рис. 2.5 заштрихована робоча зона переміщення супорта

токарного верстата, базова точка F якого може знаходитися в будь-якій точці площини, обмеженою абсцисами $xMF_{\max}$ і $xMF_{\min}$ і аплікатою $zMF_{\max}$ і $zMF_{\min}$.



Мал. 7. - Зв'язок систем координат програми, верстата і інструменту при токарній обробці декількома інструментами

Призначення нульової точки програми - важливий крок при складанні керуючої програми. Нульова точка програми встановлюється для реалізації необхідної послідовності і повторюємості обробки.

Створення будь-якої УП можна умовно розбити на два етапи. На першому етапі технолог-програміст аналізує інформацію, отриману з конструкторської (креслення, ескізи) і технологічної документації (маршрутні і операційні карти), і, з огляду на конструкційні та технічні можливості верстата з ЧПУ, остаточно визначає технологічні операції і маршрут обробки, призначає ріжучий і допоміжний інструмент, виявляє комплекти конструкторських і технологічних баз. І тільки на другому етапі проводиться остаточний розрахунок траєкторії інструментів по опорних точках і створюється УП. Виходячи з цього, призначення нульової точки програми використовують кілька правил.

Перше, але не основне правило - зручність програмування. Наприклад, якщо розташувати деталь в першому квадранті прямокутної системи

координат, то це трохи спростить процес розрахунку траєкторії через те, що всі опорні точки цієї деталі будуть описані позитивними координатами.

Друге правило, більш важливе - нульова точка програми повинна збігатися з конструкторською базою. Це означає, що якщо на кресленні розміри коштують від лівого верхнього кута деталі, то краще, щоб саме в цьому кутку і знаходився нуль деталі. А якщо розміри вказуються від центрального отвору, то нулем деталі слід призначити центр цього отвору.

Сказане справедливо для кожного з інструментів, використовуються в роботі за програмою при обробці деталі на токарному верстаті. Перед початком роботи полюс кожного інструменту (точка Р) повинен бути виведений в вихідну точку О, від якої програмується траєкторія інструментів для обробки тих чи інших поверхонь. Подібна послідовність може бути визначена і для роботи інструментів на інших верстатах.

Питання для самоперевірки

1. Зв'язок систем координат при обробці на токарному верстаті;
2. Зв'язок систем координат програми, верстата і інструменту при токарній обробці декількома інструментами;

Лекція №8. Завдання переміщень у абсолютній і відносній системі відліку.

План

1. Напрями переміщень у верстатах з ЧПК;
2. Абсолютна і відносна системи відліку.

1. Напрями переміщень у верстатах з ЧПК

Обробка різанням на верстаті здійснюється в процесі взаємного переміщення ріжучого інструменту і заготовки щодо один одного. Кількість переміщень, скоюваних інструментом і заготовкою, і їх напрями в просторі у кожному конкретному випадку залежать від вигляду обробки і конструкції верстата. Наприклад, при обробці на вертикально-фрезерному верстаті заготовка в реальності виконує переміщення по горизонтальній осі Х і вертикальній осі Z, а інструмент – по горизонтальній осі У. При обробці на горизонтально-фрезерному верстаті заготовка виконує переміщення

погоризонтальній осі X і вертикальній осі Y , а інструмент - по горизонтальній осі Z . В результаті, описи переміщень виконавських органів для верстатів різної конструкції при обробці однієї і тієї ж заготовки мають різний вигляд. Щоб опис напряму і виду переміщень виконавських органів верстата мав однаковий вигляд для верстатів різних конструкцій, прийняте універсальне правило для верстатів з ЧПК: вважається, що в процесі обробки всі переміщення скоює тільки інструмент, а заготовка залишається нерухомою.

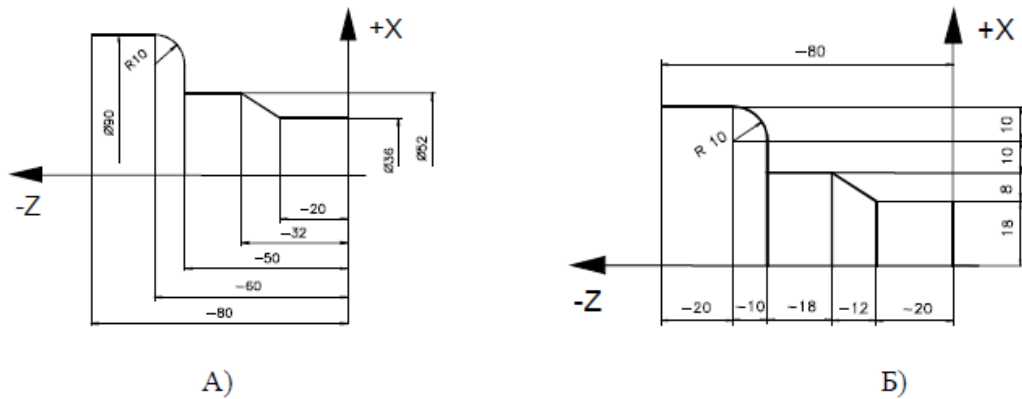
Для верстатів з ЧПК прийняте ще одне універсальне правило, що стосується напряму переміщень виконавчих органів. Це правило, на відміну від першого носить необов'язковий, а рекомендаційний характер: бажано координатні системи верстата і заготовки погоджувати між собою так, щоб як можна більша кількість осей координат закріпленої на верстаті заготовки співпадала або була паралельно координатною системі верстата. Звичайно в цьому випадку трудомісткість складання управляючої програми є мінімальною, оскільки при складанні програми використовуються координати точок заготовки, що вже є на кресленні. У свою чергу мінімізація і спрощення управляючої програми веде до зменшення вірогідності появи помилки, допущеної при складанні програми.

2. Абсолютна і відносна системи відліку.

У сучасних верстатах з ЧПК застосовуються два способи відліку переміщень виконавських органів верстата – в абсолютній і відносній системах координат.

У абсолютній системі координат всі переміщення, виконувані верстатом, задаються в такій системі координат, початок відліку якої залишається незмінним при всіх переміщеннях (див. мал. 1.1 а). Як незмінний (фіксованого) початок координат наперед вибирається деяка крапка в просторі, лежача у області переміщень виконавських органів верстата. Як правило, в цій якості вибирається нульова точка заготовки.

У відносній системі координат кожне переміщення виконавських органів верстата задається щодо кінцевої точки останнього переміщення, тобто задається в приростах (див. мал. 1.1 б).



Мал. 8. – Відлік переміщень в абсолютній (А) і відносній системі координат.

Поширенішим є спосіб відліку переміщень в абсолютній системі координат. Це обумовлено тим, що в загальному випадку він має ряд переваг, а саме:

- розрахунки в абсолютній системі координат менш складні і вимагають менш високої кваліфікації оператора;
- вказівка від одного і того ж початку координат шляху, пройденого ріжучим інструментом, дозволяє простіше відстежувати етапи реалізації управляючої програми;
- помилка при програмуванні в абсолютній системі координат приводить до неправильного призначення координат тільки однієї крапки, тоді як в результаті помилки при призначенні відносних координат помилковим буде не тільки конкретне неправильно задане переміщення, але і все подальші за ним переміщення;
- зміни в переміщення, що вводяться при доробці виробу або програми, не впливають на подальші переміщення;
- погрішності виготовлення і вимірювання, лежачі в межах допустимих, не накопичуються (не підсумовуються).

Проте призначення переміщень у відносній системі координат у ряді випадків може виявитися зручнішим для програмування, наприклад у разі виконання цілого ряду переміщень, кожне з яких задане на кресленні в приростах щодо попереднього.

Питання для самоперевірки

1. Напрями переміщень у верстатах з ЧПК;
2. Абсолютна система відліку;
3. Вфлдносна система відліку.

Лекція №9. Структура технологічного процесу

План

- 1.Особливості проектування технологічного процесу для верстатів з ЧПК;
- 2.Структура технологічного процесу.

1. Особливості проектування технологічного процесу для верстатів з ЧПК.

На верстаті з ЧПК реалізується деяка частина технологічного процесу по виготовленню деталі. В зв'язку з тим, що верстат з ЧПК працює по керуючій програмі без участі людини, в керуючу програму необхідно закласти всі особливості механообробки. Для цього необхідно:

- знати характеристику верстата (потужність головного приводу, максимальну масу заготовки, що встановлюється на верстаті, діапазон регулювання подач, величину відпрацюємого мінімального переміщення, кількість інструментів в інструментальній головці, величини швидкостей холостого та робочого переміщення, систему координат, що застосовується, положення нуля верстата, наявність та можливість додаткового обладнання і т.д.)
- знати характеристику пристрою ЧПУ (мову програмування, число осей, що керуються та число одночасно працюючих осей, величину мінімально відпрацюємого переміщення, наявність вбудованих циклів та макроциклів, перелік функцій верстата, які можуть бути перепрограмовані, наявність спеціальних функцій при високошвидкісній обробці та ін.)
- вміти виконати розрахунок чи по довідникам зробити вибір режимів різання, з врахуванням припуску, що є;

- мати данні про ріжучий та допоміжний інструмент, що застосовується (параметри тримача, виліт, кути заточки, для відрізного різця ширину леза, наявність центрального отвору у фрези, значення перемички у свердла і т.д.);
- знати способи досягнення заданої точності та шорсткості заготовки, що оброблюється;
- знати особливості завдання переміщень та способи формування окремих конструкторсько-технологічних елементів на верстатах з ЧПУ;
- знати особливості програмування для конкретного верстата;
- вміти розробляти та читати необхідну технологічну документацію (розрахунково-технологічну карту, карту кодування інформації (ККІ) та карту наладки (КН);

Спочатку визначають систему координат та базові точки верстата з ЧПУ.

2. Структура технологічного процесу.

Технологічний процес (ТП) обробки на верстаті з ЧПУ, на відміну від традиційного технологічного процесу, вимагає більшої деталізації при вирішенні технологічних завдань і врахування специфіки подання інформації. Структурно технологічний процес також ділиться на операції, елементами яких є встановити, позиції, технологічний і допоміжний переходи, робочі та допоміжні ходи.

Деталізація технологічного процесу для обладнання з ЧПУ призводить до поділу ходів на кроки, кожен з кроків являє собою переміщення на ділянці траєкторії інструменту уздовж певного геометричного елемента, на якому не змінюється режим.

Наприклад, кроками є окремі переміщення інструменту вздовж прямої або кола з постійною швидкістю, а також розгін і гальмування на початку і кінці руху.

Найпростішими складовими процесу обробки є елементарні переміщення і технологічні команди, які відпрацьовувались УЧПУ. Елементарні переміщення формуються з урахуванням обмежень конкретного УЧПУ. До них відносяться, наприклад, необхідність розташування дуги окружності в межах одного квадранта або завдання відрізка прямої числом дискрет, що не перевищує ємності регістра пам'яті УЧПУ. Технологічні команди, реалізовані виконавчими механізмами верстата, забезпечують

необхідні умови відпрацювання елементарних переміщень. послідовність елементарних переміщень і технологічних команд визначає зміст УП.

Розробка ТП і УП для верстатів з ЧПУ є одним із завдань технологічної підготовки виробництва (ТПП) і повинна виконуватися в суворій відповідності зі структурними зв'язками системи ТПП, в загальному випадку є частиною системи розробки та запуску продукції у виробництво на підприємстві. функції системи ТПП досить великі.

Етапи проектування технологічного процесу для верстатів з ЧПУ. У загальному випадку проектування ТП для верстатів з ЧПУ можна розділити на три стадії: розробку маршруту деталі; розробку ТП; підготовку УП. Кожна стадія містить кілька етапів проектування. Створення УП для верстатів з ЧПУ в умовах автоматизованого виробництва є найважливішою завданням всієї системи ТПП. Документація, розроблена на першій стадії, є вихідною для виконання робіт на другій і третій стадіях.

Питання для самоперевірки

- 1.Особливості проектування технологічного процесу для верстатів з ЧПК;
- 2.Структура технологічного процесу.

Лекція №10. Вибір номенклатури заготівель, оброблюваних на верстатах з ЧПУ.

План

1. Основні критерії, що пред'являються до номенклатури деталей;
2. Формування номенклатури деталей.

Вивчення номенклатури деталей машинобудування свідчить про її постійність. У загальному випадку можна виділити деталі типу тіл обертання, призматичні, плоскі, фігурні і профільні. Деталі правильної форми складають до 92 % загального об'єму деталей у виробництві.

Кожна деталь характеризується набором технічних даних (матеріал, геометрія), що визначають технічні вимоги, і деяким набором організаційно-економічних вимог (річний випуск в шт., число деталей в партії, допустимі витрати на виготовлення). Номенклатура деталей, обробка яких передбачається ефективною на устаткуванні з ЧПУ, визначається на основі

вивчення технічної документації на ці деталі, обмежень, залежних від конкретного виробництва, і характеру постановки завдань (мал. 1). Критерії оцінки при виборі номенклатури можуть бути різними, але найчастіше застосовують економічний критерій, що враховує витрати як живої, так і матеріалізованої праці, - приведені витрати. Тому в загальному випадку слід вважати, що на верстатах з ЧПУ доцільно обробляти такі деталі, на які поширюються джерела і чинники економічної ефективності. Практика показує, що значний ефект досягається при обробці на верстаті з ЧПУ складних деталей, з великим числом поверхонь, контури яких містять криволінійні ділянки і елементи прямих і площин, непаралельних координатним осям верстата. В порівнянні з універсальними верстатами, підвищення техніко-економічних показників обумовлюється дією майже усіх джерел економічної ефективності.

На деяких підприємствах критерієм доцільності перекладу обробки деталі на верстат з ЧПУ вважається очікуване підвищення продуктивності праці не менше чим на 50 % при окупності усіх витрат на партії запуску.

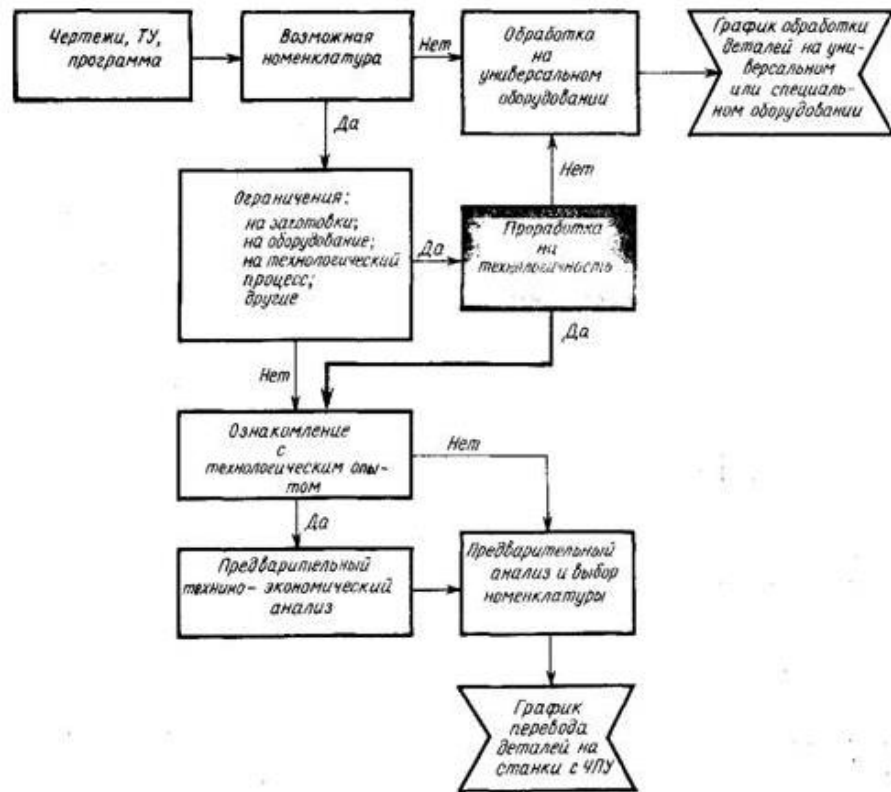
Підібрані деталі певної номенклатури можна згрупувати по конструктивно-технологічних ознакам. Це дає можливість вибрати моделі верстатів, найбільш прийнятні для обробки даних типів деталей. Так, деталі, що обробляються на фрезерних верстатах, доцільно підрозділяти на групи по числу потрібних координат і габаритним розмірам.

Формувати номенклатуру рекомендується в три етапи:

1) проглянути креслення і технологічну документацію і скласти попередній перелік деталей, що підлягають обробці на верстатах з ЧПУ, з визначенням типу верстата;

2) згрупувати деталі по конструктивно-технологічним ознакам і типам верстатів, виконати детальний техніко-економічний аналіз, вибрати оптимальний варіант обробки і скласти уточнений перелік;

3) по уточненому переліку скласти річний графік впровадження обробки деталей, оцінити трудомісткість підготовки програм і вказати терміни виконання робіт по етапах.



Мал.9. - Блок-схема алгоритму для вибору номенклатури при обробці деталей на верстаті з ЧПУ

До техніко-економічних плюсів використання верстатів з ЧПК належать:

- Зняття розмітки; скорочення слюсарного доопрацювання і доводочних робіт; багатOVERстатне обслуговування;
- Зменшення довжин траєкторії робочих переміщень інструменту; оптимізація режимів різання; зменшення довжин траєкторії холостих переміщень інструмента, концентрація операцій;
- Скорочення витрат часу на контрольні операції
- Підвищення точності обробки і чистоти поверхні на криво-лінійних ділянках
- Зменшення потрібного кількості устаткування за рахунок підвищення продуктивності праці;
- Скорочення допоміжного часу
- Зменшення трудомісткості складальних робіт і операцій при складанні;
- Збільшення ресурсу виробу; підвищення надійності виробу;

- Підвищення економічності виробу;
- Зменшення ресурсів на ремонт і обслуговування, скорочення необхідних виробничих площ; зменшення розходів на електроенергію;

Питання для самоконтролю

1. Основні критерії, що пред'являються до номенклатури деталей;
2. Формування номенклатури деталей.
3. Назвіть економіко-технічні переваги використання верстатів з ЧПУ;

Лекція №11. Аналіз креслення деталі і можливого технологічного процесу обробки.

План

1. Підготовка до складання техпроцесу;
2. Аналіз робочих креслень;

1. Підготовка до складання техпроцесу.

Попередньому аналізу креслення деталі піддається на стадії виявлення номенклатури деталей, які доцільно обробляти на верстатах з ЧПУ. При цьому виявляють і оцінюють чинники, що забезпечують економічну ефективність обробки.

При підготовці до проектування технологічного процесу (ТП) обробки виникає необхідність в детальнішому аналізі креслення, щоб виявити бракуючі розміри і конструктивно-технологічні дані, носієм яких має бути креслення, а також підвищити технологічність обробки деталі шляхом введення конструктивних змін.

Для виявлення тих розмірів, що не дістають при складанні розрахунково-технологічної карти (РТК) можна використовувати метод геометричних побудов контуру деталі. Розміри і інша інформація, якої бракує в кресленні, можуть бути також отримані за даними складальних теоретичних креслень. У необхідних випадках оформляють запит в ОГК по встановленій формі. Вимоги до технологічності деталі після аналізу креслення направляють в ОГК.

Аналіз робочих креслень деталей є основою для розробки завдання на проектування ТП. Головні значення мають конфігурація деталі, її габаритні розміри, матеріал (чавунне відливання або зварна сталева конструкція і т. п.), маса заготовок і їх конфігурація, оброблюваність матеріалу, необхідна якість оброблених деталей (допуски на розміри і форму, шорсткість поверхні і ін.), річна програма випуску деталей, число партій в рік і число деталей в партії, допустима вартість обробки. При аналізі елементарних поверхонь деталі необхідне приймати до уваги їх взаємне розташування.

Дані аналізу є також основою для вибору заготування, що багато в чому визначає ефективність обробки, витрату матеріалу і загальні витрати.

При аналізі креслення деталі виявляють (по всій сукупності її даних) тип деталі відповідно до прийнятої класифікації.

Нагадаємо, що типом називається сукупність деталей, що схожих по конструктивним ознаках, мають в даних виробничих умовах загальний технологічний процес. Тип деталі багато в чому визначає подальші роботи по проектуванню ТП її обробки.

Питання аналізу креслення деталі і класифікації повинні вирішуватися на базі єдиної системи інформаційного забезпечення (ЕСІО), класифікації, що складається з єдиній системи, і кодування (ЕСЬКК) і уніфікованій системи документації (УСД). У ЕСКК обов'язкове використання класифікатора ЕСКД, технологічного класифікатора, класифікатора технологічних операцій і системи позначення технологічних документів. Обов'язковою складовою УСД є єдина система програмної документації (ЕСПД). Для автоматизованого рішення технологічних завдань, зв'язаних з відробітком на технологічність, аналізом об'єктів виробництва і технологічного оснащення, організацією групового виробництва і проектування ТП з підготовкою УП, при аналізі креслення деталі виявляється можливість її опису у відповідному коді. У конфігурації деталі можуть бути виділені просторові образи, інформація про них в закодованому вигляді може бути занесена в кодуючі відомість і складати (разом із зв'язками між образами) формальний опис структури деталі. Представлена у формі, придатній для введення в ЕОМ, інформація про деталь може бути використана для вирішення вказаних вище технологічних задач.

Тип деталі дозволяє в загальному вигляді визначити можливий ТП її виготовлення на базі наявного технологічного досвіду, отриманого дорогою аналізу ТП аналогічної деталі.

Аналіз можливого ТП переслідує мета визначити конкретний об'єм операцій по обробці даної деталі, які доцільно виконувати на верстатах з ЧПУ, а також максимально використовувати технологічні прийоми та

існуючи оснащення і інструмент. Розглядається не лише дана деталь, але і вся група деталей, схожих по конструктивним і технологічним ознакам, щоб можна було застосовувати типові і групові ТП і методи обробки, групове оснащення. Якщо деталь раніше не оброблялась, для ознайомлення підбирають аналогічну деталь, що знаходиться в виробництві.

Для порівняльного аналізу велике значення мають маршрут обробки деталі; стан заготовки до і після кожної з операцій; повна послідовність операцій (звідна карта технологічного процесу); перелік пристосувань і інструменту по всіх операціях; режим обробки по ділянцям; прийоми установки і базування деталі на всіх операціях; спеціальні технологічні прийоми обробки, вживані верстатниками; контрольні операції і засоби контролю; допоміжні операції і міра їх механізації; норми часу обробки деталі на кожній операції; об'єм розходів на транспортування деталей і заготовок; підгоночні операції при збірці деталі.

Розглядаючи технологічний процес обробки даної або аналогічної деталі на універсальних верстатах, необхідно критично оцінити можливість усунення розмічальних операцій, оптимізації режимів різання, суміщення операцій і зменшення числа переустановлень деталі, зменшення об'єму слюсарних доводочних операцій після фрезерування, зниження середнього розряду робіт по фрезерних і слюсарним операціям, скорочення об'єму контрольних операцій і спрощення контрольно-виміральної оснастки механізації допоміжних операцій (затискання і віджимання заготовки, зміни інструмента), зменшення об'єму доводочних операцій при збірці.

В результаті аналізу можливого ТП схема обробки даної деталі може бути представлена трьома частинами: виконання на універсальних верстатах операцій, передуючих обробці на верстатах з ЧПУ (підготовка баз і ін.); обробка деталей на верстатах з ЧПУ; доопрацювання деталей на універсальних верстатах і слюсарним способом до отримання всіх необхідних розмірів креслення.

2. Аналіз креслення.

На кресленні деталі в першу чергу треба продивитися розташування розмірів з точки зору вибору нуля деталі. Тут важлива одна вимога – це повинна бути фізична поверхня, якої зручно було б торкнутися інструментом. Як правило, на практиці нулем деталі на токарних верстатах обирають торець деталі, що розташований зі сторони супорту верстата. Якщо

розміри задані не від обраного нуля, то їх необхідно перерахувати. При наявності креслення, що виконане в САД-системі, ця задача спрощується.

Необхідно також звернути увагу на величини радіусів спряження з поверхнею. Внутрішні радіуси повинні бути рівні або більше стандартних радіусів округлення інструментів, найбільш розповсюдженими являються радіуси 0,2;0,4;0,8 та 1,2.

В східчастих отворах кут переходу між отворами повинен бути рівним стандартному куту заточки свердла.

Питання для самоконтролю

1. Підготовка до складання техпроцесу;
2. Аналіз робочих креслень.

Лекція №12. Вимоги до технологічності деталей, що оброблюються на верстатах з ЧПК.

План

1. Вимоги до технологічності;
2. Приклади підвищення технологічності деталей;

1. Вимоги до технологічності;

Оцінка технологічності деталі виробляється за якісними і кількісними показниками (ГОСТ 14.201—83). Вимоги до технологічності деталей, що виготовляються на стан-ках з ЧПУ, істотно відрізняються від вимог, що пред'являються при обробці на верстатах з ручним управлінням. Це пов'язано з виконанням завдань програмування, вирішення яких вимагає спрощення геометричних образів і типізації геометричних елементів заготовки, що повторюються. Для задоволення вимог обробки на верстатах з ЧПУ в загальному випадку слід вважати технологічними такі заготовки, форми і розміри яких відповідають умовам виконання обробки в безперервному автоматичному циклі.

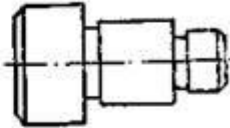
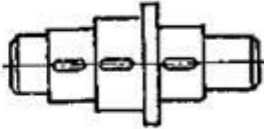
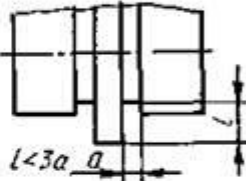
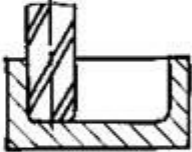
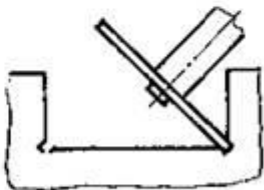
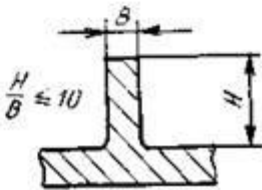
При визначенні номенклатури деталей, що рекомендуються для обробки на верстатах з ЧПУ, необхідно враховувати цілий комплекс критеріїв технологічності, що умовно розділяються на дві групи. Перша група визначає загальні вимоги до деталі. У другу входять критерії технологічності оброблюваної поверхні.

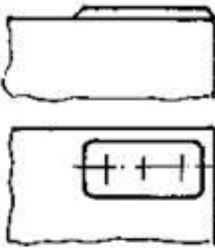
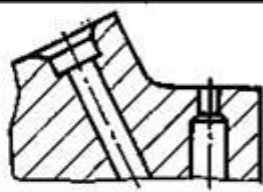
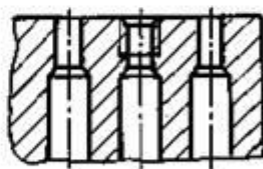
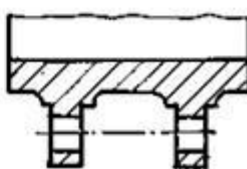
До загальних вимог відносяться:

- 1) обґрунтований вибір матеріалу деталі і вимог до якості її поверхневого шару;
- 2) забезпечення достатньої жорсткості конструкції;
- 3) скорочення до мінімуму числа установів заготовки при її обробці;
- 4) наявність елементів заготовки, що забезпечують її надійне закріплення в пристосуванні;
- 5) можливість обробки максимального числа поверхонь з одного установа заготовки при консольному закріпленні інструменту;
- 6) відсутність або зведення до мінімуму числа глухих отворів і отворів, розташованих під прямим кутом до основних координатних осей деталі;
- 7) максимально можлива уніфікація форми і розмірів оброблюваних елементів для забезпечення мінімального числа оброблювальних інструментів і використання типових підпрограм;
- 8) завдання координат оброблюваних елементів з врахуванням можливостей пристрою ЧПУ;
- 9) форма деталі, зручна для автоматичного контролю розмірів і забезпечення легкого видалення стружки;
- 10) припуск на механічну обробку мінімальний, але достатній для отримання заданих параметрів точності і шорсткості;
- 11) коливання твердості поверхневого шару заготовки в невеликих межах для скорочення часу підбору інструментів по стійкості і зниження його витрат на їх заміну;
- 12) наявність технологічних баз, використовуваних при обробці і захваті заготовки промисловим роботом.

2. Приклади підвищення технологічності деталей

Табл. 3.1. Примеры повышения технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ

Способ повышения технологичности	Эскиз детали	Эффективность мероприятия
1	2	3
Унификация форм и размеров поверхностей и их элементов		Сокращение числа применяемых инструментов, вспомогательного времени на смену инструмента
Расположение шпоночных пазов с одной стороны детали		Сокращение вспомогательного времени на поворот детали, уменьшение числа приспособлений
Уменьшение перепада диаметров детали		Снижение числа переходов, повышение производительности процесса обработки
Уменьшение консолидности закрепления инструмента при фрезеровании		Повышение точности и производительности процесса обработки вследствие применения более жесткого инструмента
Применение симметрии конструкций	—	Сокращение числа программ и времени на их обработку
Увеличение ширины канавок с целью их обработки фрезерованием вместо строгания		Повышение производительности процесса благодаря возможности полной обработки детали на станке с ЧПУ
Назначение рациональных размеров ребер жесткости		Повышение точности и производительности процесса обработки вследствие применения более жесткого инструмента

Окончание		
1	2	3
Уменьшение размера обрабатываемой поверхности за счет конструктивного оформления опорных плоскостей		Повышение производительности процесса обработки
Замена углубления платиком		Сокращение числа инструментов, повышение производительности процесса
Увеличение размера необработанной поверхности во избежание перезакрепления детали	—	Повышение производительности процесса обработки вследствие сокращения вспомогательного времени
Расположение отверстий перпендикулярно к основной обрабатываемой плоскости		Уменьшение числа поворотов детали, сокращение вспомогательного времени, упрощение программы
Расположение обрабатываемых отверстий на одном уровне		Повышение точности обработки в результате уменьшения вылета инструмента, упрощение программы
Перенос обрабатываемых поверхностей на одну сторону детали	—	Сокращение числа установок детали, повышение производительности процесса
Снижение требований к шероховатости свободной поверхности, уменьшение числа обрабатываемых поверхностей		Уменьшение площади поверхности обработки с соответствующим повышением производительности процесса

Таким чином, при аналізі технологічності деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ, для забезпечення високої надійності технологічної системи необхідно враховувати наступні вимоги: обробки, контролю, захвату і транспортування деталей при їх виготовленні; надійного видалення стружки;

максимально-го спрощення програмування; забезпечення сприятливих умов роботи ріжучого інструменту.

Питання для самоперевірки

1. Як виконується оцінка технологічності деталі?;
2. наведіть приклади підвищення технологічності деталей різних типів.

Лекція №13. Методи проектування технологічних процесів обробки деталей на верстатах з ЧПК.

План

1. Види технологічних процесів;
2. Робоча програма технологічного процесу;
3. Специфіка технологічної підготовки виробництва на верстатах з ЧПУ.

1. Види технологічних процесів.

Технологічні процеси поділяються за:

- ступеня уніфікації на поодинокі, типові, групові;
- рівню досягнень науки і техніки на перспективні, робочі;
- стадії розробки на проектні, тимчасові, стандартні;
- деталізації опису з маршрутним, маршрутно-операційним та операційним описом.

ГОСТ 14.301-83 встановлює наступні види ТП: одиничний, типовий і груповий.

Одиничний - технологічний процес виготовлення або ремонту одиничного виробу або деталей одного найменування, типорозміру і виконання незалежно від типу виробництва.

Типовий - процес виготовлення групи виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками.

Груповий - процес виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але спільними технологічними ознаками.

До конструктивних ознак належать: форма, розміри, точність, мікронерівності, твердість, корозійна стійкість.

До технологічних: вид заготовки, метод обробки.

Перспективний - процес, що відповідає сучасним досягненням науки і техніки, методи і засоби здійснення якого повністю або частково належить освоїти на підприємстві.

Робочий - процес, що виконується по робочій технологічній та (або) конструкторській документації.

Проектний - процес, що виконується за попереднім проектом технологічної документації для перевірки способів виготовлення виробів, що підлягають постановці на виробництво в перспективі.

Тимчасовий - процес, застосовуваний на підприємстві протягом обмеженого періоду часу через відсутність належного обладнання або у зв'язку з аварією до заміни на більш сучасний.

Стандартний - процес, встановлений стандартом.

2. Робоча програма технологічного процесу

Згідно стандарту ГОСТ 3.1102-81 єдиної системи технологічної документації (ЕСТД) "Комплектність документів в залежності від типу виробництва" документи, необхідні для опису ТП, підбирають залежно від типу виробництва. Крім перерахованих видів технологічних документів з організації (одиночної і типової) ГОСТ встановлено, що кожен вид ТП для ступеня деталізації змісту поділяється на маршрутний, операційний і маршрутно-операційний.

Маршрутний ТП - це процес, що виконується за документацією, в якій викладається скорочений опис всіх технологічних операцій в послідовності їх виконання без вказівки переходів і технологічних режимів обробки.

Операційний ТП – це процес, що виконується за документацією, в якій викладається повний опис всіх технологічних операцій в послідовності їх виконання із зазначенням переходів і технологічних режимів обробки.

Маршрутно-операційний ТП – це процес, що виконується за документацією, в якій викладається скорочений опис технологічних операцій без вказівок переходів і режимів обробки в послідовності їх виконання з повним описом операцій в інших технологічних документах.

Вихідна інформація для розробки технологічних процесів. Розрізняють базову, керівну, довідкову вихідну інформацію для розробки ТП.

Базова інформація включає дані, що містяться в конструкторській документації на виріб.

Керівна інформація включає дані, що містяться в: державних стандартах та стандартах підприємств, що встановлюють вимоги до ТП і методам управління ними, а також стандартах на устаткування і оснащення; документації на діючі поодинокі, типові та групові ТП; класифікаторах техніко-економічної інформації; матеріалах за вибором технологічних нормативів (режимів обробки, норм витрати матеріалів і ін.); документації з техніки безпеки та промислової санітарії.

Довідкова інформація включає дані, що містяться в: технологічної документації досвідного виробництва; описі прогресивних методів виготовлення та ремонту; каталогах, паспортах, довідниках, альбомах прогресивних засобів технологічного оснащення; плануваннях виробничих ділянок.

В основу розробки ТП покладено дві засади: технічний і економічний. Відповідно до першого проєктований ТП повинен повністю забезпечувати виконання всіх вимог робочого креслення і ТУ на виготовлення заданого виробу. Відповідно до економічним принципом виготовлення виробу повинне вестися з мінімальними затратами праці і витратами виробництва. Технологічний процес виготовлення виробів повинен виконуватися з найбільш повним використанням технічних можливостей засобів виробництва при найменших витратах часу і собівартості виробів.

Виробничі операції повинні бути досить докладно визначені в технологічній документації, яка повинна орієнтуватися на повний і точний опис технологічних методів (крім фрагментів, що встановлюють, що зробити, наводять відомості, як зробити). Формування основних поверхонь деталей і складальних одиниць, визначених "Класифікатором основних поверхонь деталей і складальних одиниць, що впливають на створення резервів технологічної точності (резервів якості) виробу", повинно проводитися стандартизованої або спеціальної технологічним оснащенням і (або) на спеціальних верстатах, а також верстатах типу "обробний центр". З метою створення умов керованості ТП у технологічній документації чітко визначають контрольні операції, вибірки контролю, план і форму карт контролю, контроль першої та останньої операції, операції настройки технологічних засобів і засобів вимірювань, змінюваності оснастки і т.д. Там же розглянуті методи і засоби підтримки (в допустимих межах) робочих умов навколишнього середовища (температури, вологості, запиленості і т.д.). У випадках підвищеної залежності якості виробу від властивостей матеріалів і комплектуючих призначають методи і засоби їх вхідного контролю. Особливу увагу приділяється операціям забезпечення безпеки виробу (шумовим характеристикам і т.д.), а також можливості простежуваності та документування результатів обробки (складання) і контролю.

Основним технологічним документом, відповідно до міжнародних стандартів ISO серії 9000, є робоча інструкція (PI). У ній викладають загальні вимоги до виконання технологічних операцій на конкретному робочому місці (що мають постійний характер), у тому числі дії робітників і технологічних засобів.

Маршрут обробки розробляють виходячи з вимог робочого креслення і прийнятої заготовки. Приступаючи до його складання, необхідно намітити план обробки - структуру операцій.

На попередній стадії розробки маршрутного ТП виконують форми запису, показані на рис. 1.

Маршрутный технологический процесс			
Номер операции	Наименование операции	Номер поверхности	Модель станка
1	2	3	4

а

Операционный технологический процесс							
Операционный эскиз	Номер операции и перехода	Наименование операции и содержание переходов	Модель станка	Приспособление (код, наименование)	РН	ВН	СН
1	2	3	4	5	6	7	8

б

Мал. 10. - Зовнішній вигляд таблиці для заповнення при розробці маршрутного(а) та операційного(б) ТП

В основі всіх ТП лежить маршрутний. Послідовність виконання операцій визначається наступними рекомендаціями:

- 1) виконують заготівельні операції (розробляють креслення вихідної заготовки і ТП її виготовлення);
- 2) виконують операції по обробці чорнових баз (тобто видаляють залишки литника, облоя, роз'єму опок);
- 3) виконують операції але обробці чистової бази. Її прагнуть обробити але остаточного розміром, із заданою за кресленням деталі точністю і шорсткістю;
- 4) виконують операції по чорновій і чистовій обробці решти поверхонь. При цьому повинні дотримуватися допуски на їх взаємне розташування (паралельність, співвісність і т.п.);
- 5) проводять термічну обробку деталі (якщо необхідно);
- 6) виконують операції по оздоблювальній обробці поверхонь;
- 7) проводять гальванічну обробку деталі (якщо необхідно);
- 8) проводять технічний контроль оброблених поверхонь. Рекомендується проводити контроль чистових баз, контроль деталі перед термічною обробкою і остаточний контроль готової деталі;
- 9) перед технічним контролем повинна проводитися промивка деталі (продування - для чавуну).

При розробці ТП механічної обробки слід керуватися вимогами, встановленими стандартами ЕСТД, галузевими нормативно-технічними документами, стандартами на терміни та визначення і класифікаторами техніко-економічної інформації.

Структура маршрутного ТП зображена на рис. 2.

Операция технологического процесса	Номер операции
Заготовительная	0000
Обработка черновой базы (по необходимости)	1010
	1017
Обработка чистовой базы	1030
	1040
Контроль чистовой базы	1045
Черновая и чистовая обработка остальных поверхностей	1050
	1080
Контроль обработанных поверхностей	1085
Термическая обработка (по необходимости)	1700
Отделочная обработка поверхностей	3090
	3117
Приемочный (окончательный) контроль детали	3125
Гальваническая обработка (по необходимости)	4000

Мал. 11. - Структура маршрутного ТП

Технологічні документи заповнюють відповідно до вимог ГОСТ 3.1130-93; 3.1127-93; 3.1128-93; 3.1129-93.

До технологічних документів відносять графічні і текстові, які окремо або в сукупності визначають ТП виготовлення виробу, включаючи технічний контроль.

3. Специфіка технологічної підготовки виробництва на верстатах з ЧПУ

Технічна підготовка виробництва включає конструкторську і технологічну підготовку і календарне планування. Технологічна підготовка виробництва (ТВП) - це сукупність заходів що забезпечують технологічну готовність виробництва, яка визначається наявністю на підприємстві повних комплектів конструкторської, технологічної документації і засобів технологічного оснащення, необхідних для випуску заданого об'єму продукції зі встановленими техніко-економічними показниками.

Види і характер робіт з технологічної підготовки виробництва з використанням верстатів з ЧПУ, у тому числі і спеціалізованих, істотно відрізняються від робіт, що виконуються на звичайному універсальному устаткуванні. Значно зростають складність завдань і трудомісткість проектування технологічного процесу. Спеціальні знання (у тому числі і математичні), необхідні для складання програми, різко підвищують необхідний рівень кваліфікації технологів, а застосування технічних засобів для розрахунку і складання програм обумовлює появу в системі підготовки виробництва нових спеціальностей (програмістів, математиків, електронщиків) і вимагає рішення ряду організаційних питань.

Технологічні роботи, загальні по назві з роботами, виконуваними для устаткування з ручним управлінням, мають інший зміст при застосуванні верстатів з ЧПУ і вимагають іншого підходу. До таких робіт відносять, наприклад, опрацювання робочих креслень на технологічність, вибір інструменту і оснащення, розробку вимог до заготівлі.

В загальному випадку складання програм для верстатів з ЧПУ розпочинається з розробки технологічного процесу на деталь і виокремлювання операцій програмованої обробки. У вибраних операціях після уточнення устаткування виявляють необхідні траєкторії рухи інструментів, швидкості робочих, неодружених ходів та ін. Направлення і величини переміщень встановлюють виходячи з конфігурації оброблюваних поверхонь деталі, швидкості робочих і холостих ходів. Встановлена послідовність обробки кодується і записується на программоносій.

У результаті УП є сумою вказівок робітникам органам верстата на виконання в певній послідовності дій, з яких складається увесь процес обробки деталі. Отриманням УП завершується перший етап процесу виготовлення деталі на верстатах з ЧПУ, розпочатий з попередньої підготовки даних, необхідних для програмування.

На другому етапі відповідно до програми деталь обробляється на верстаті. З усіх робіт в процесі програмування вирішальними є збір, впорядкування і обробка інформації перш ніж вона буде нанесена на программоносій. Підготовлена інформація має бути представлена у формі чисел, т. е. у формі, придатній для запису програми цьому верстату. Проте не всякі числа можуть виражати інформацію для управління верстатами з ЧПУ.

Представляє інтерес вплив пристроїв ЧПУ на точність обробки в результаті таких чинників, як вид інтерполяції, дозволяюча здатність СЧПУ (дискрета), величина найменшого приросту інформації, що вводиться, міжкадрові паузи і якість системи автоматичного регулювання.

При лінійній інтерполяції контуру погрішність переміщення інструмента відносно заготівки залежить від кута нахилу лінійного контуру. Найбільша погрішність буде при найменшому куті нахилу контуру 1 : 10. При круговій інтерполяції контуру, створеного з дуг кіл, відхилення по радіусу може досягати двох дискрет, а при інтерполяції методом оцінної функції відхилення по радіусу складає менше однієї дискрети. Відхилення реального контуру унаслідок згладжуючої дії кінцевої фрези менше однієї дискрети.

Таким чином, величина найменшого переміщення або приросту інформації, що вводиться, є і найменшою величиною відхилення (погрішності) за відсутності складових погрішності від інших чинників (податливість технологічної системи, теплові деформації, знос інструменту, міжкадрові паузи і т. д.). Величина дискрети в сучасних фрезерних і токарних верстатах з ЧПУ складає 2 і 1 мкм.

Точність обробки на верстатах з ЧПУ

Міжкадрові паузи, що визначаються часом перерви в надходженні керуючої інформації, з наступного кадру після відпрацювання попереднього, викликають припинення керованого руху подачі, хоча головний робочий рух продовжується, наприклад обертання фрези (на фрезерному верстаті) або заготовки (на токарному верстаті). При цьому унаслідок відновлення пружної технологічної системи на оброблюваній поверхні з'являються погрішності.

У пристроях ЧПУ зменшення впливу міжкадрових пауз на похибку обробки досягається ускладненням електронної схеми структури, що забезпечують відпрацювання інформації раніше прочитаного кадру, а також застосуванням кругової інтерполяції.

При обробці на верстатах з ЧПУ виникають похибки, що вносяться системою ЧПУ: обчислення, апроксимації, інтерполяції і відтворення програми. При обробці на токарних верстатах з ЧПУ похибка, що вноситься системою ЧПУ (похибка підготовки і відтворення керуючих програм), становить 0,20-0,25 допуску на обробку деталі.

Інші елементарні похибки знаходяться в наступних межах: позиціонування - 0,1 - 0,2 мм; похибка, що вноситься пружними деформаціями технологічної системи під впливом нестабільності сили різання, - 0,05 - 0,10 мм; настройки і центрування - 0,40 - 0,45 мм; похибка від теплових деформацій технологічної системи - 0,1 - 0,15 мм; похибка, що вноситься розмірним зносом ріжучого інструменту, - 0,1 - 0,2 мм.

Основні шляхи зменшення похибки, що вноситься системою ЧПУ: застосування ЕОМ для виконання обчислень і автоматизація підготовки керуючих програм, вдосконалення пристроїв числового управління, пошуки нових структурних рішень. точність обробки деталей на токарних верстатах з ЧПУ забезпечується по 9-7-му квалітетами, а на деяких верстатах, наприклад модель АТПР-2М12, навіть по 6-му квалітету точності. точність обробки на

фрезерних верстатах кінцевий фрезою знаходиться в межах 8 - 10-го квалітета при обробці деталей зі сталі і алюмінієвих сплавів. При обробці фрезеруванням кінцевий фрезою значну частку похибки становить пружна деформація ріжучого інструменту.

Точність обробки на фрезерних верстатах підвищують технологічними прийомами, наприклад проектуванням траєкторії руху інструменту так, щоб сила різання діяла на кінематичні ланцюги і вузли верстата з одного боку.

На верстатах з ЧПУ типу багатоопераційних «Horizon» фірми Olivetti (Італія) і «Jidic H5B» фірми Mitsui Seiki (Японія), на багатофункціональних токарних верстатах фірми EMCO (Німеччина) досягається обробка по 6-му квалітету точності. Порівняно високий квалітет точності забезпечується при обробці на вітчизняних верстатах, наприклад на свердлильних верстатах моделі 2P135Ф2. Висока точність обробки досягнута на токарних верстатах моделі NC 540 фірми Hydro Machine Tools Ltd на заводі фірми High Temperature Engineers Ltd (Англія), де розточування бронзового черв'ячного колеса редуктора проводиться з точністю 0,005 мм.

Така точність гарантується попередньої і остаточної налаштуванням інструмента на розмір. Попереднє налаштування інструментів поза верстата на приладі з індикатором годинникового типу забезпечує точність розточування першої деталі в межах 0,05 мм. Остаточне налаштування (коригування) здійснюють перемикачами на пульті пристрою ЧПУ. Системи автоматичного регулювання за параметрами, що визначають точність обробки (наприклад регулювання процесу шляхом стабілізації сили різання, що забезпечує незмінність величини пружної деформації технологічної системи), забезпечують підвищення точності обробки в 2 - 5 разів, при цьому стійкість інструменту збільшується в середньому в 1,5 рази, а ймовірність його поломки зменшується.

Питання для самоперевірки

1. Види технологічних процесів;
2. Робоча програма технологічного процесу;
3. Специфіка технологічної підготовки виробництва на верстатах з ЧПУ.

Лекція №14. Розробка маршрутної технології для верстатів з ЧПК.

План

1. Загальні відомості про метод розробки маршрутної карти для верстатів з ЧПУ;

2. Розробка маршрутних карт для різних груп обладнання з ЧПУ.

1. Загальні відомості про метод розробки маршрутної карти для верстатів з ЧПУ;

1. Маршрут обробки деталі на верстаті з ЧПУ в загальному випадку визначається послідовністю обробки, зв'язаної з устаткуванням і з комплексом технологічного оснащення. Послідовність обробки деталі на верстатах ЧПУ залежить від форми і розмірів заготовки, від форми, вигляду і розмірів базових поверхонь, а також від вимог, що пред'являються до операціям, наміченим загалом ТП для здійснення на верстатах з ЧПУ.

Для вирішення цієї складного і важливого завдання від технолога-програміста вимагається знання технологічних можливостей устаткування з ЧПУ і можливостей підприємства, особливостей конструкції деталі, різних технологічних прийомів обробки і особливих вимог, що виникають унаслідок специфіки обробки на верстатах з ЧПУ. Має бути максимально використаний досвід обробки аналогічних деталей на звичайних верстатах.

Перш за все має бути вирішений питання про кількість установів (положень) деталі на столі або в шпинделі верстата, необхідних для повної її обробки. Перший установ, як правило, вибирають з умови найбільш зручного базування заготовки по «чорних» або заздалегідь підготовлених «чистим» базам. Другий і подальші установи повинні передбачати використання оброблених при попередніх установках чистих поверхонь як проміжні бази.

Кінцевим завданням є пошук схеми, що забезпечує якнайповнішу обробку деталі з усіх боків з найменшою кількістю установів і необхідного при цьому оснащення.

При виборі послідовності операцій слід враховувати необхідність поєднання конструкторської і технологічної баз і здобуття технологічних баз.

На початку обробки мають бути передбачені розвантажувальні операції (переходи), в процесі яких знімають великі шари металу, чим виключається вплив напруги при наступній обробці.

Підготовка чистих баз деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ, у ряді випадків виконується на поруч розташованих універсальних верстатах. Для токарної обробки це перш за все підрізування торців і центрування деталей (мал. 5.11, е), проточка базових шийок (мал. 5) з'ясування необхідного числа і послідовності установов задають послідовність обробки деталі по зонах, утворених її конструктивними особливостями (внутрішній і на-ружний контури, вікна, приливи і ін.). У кожній зоні виділяють окремі елементи (торець, внутрішній контур, ок-на, отвори), для яких устанавлі-вають вигляд обробки (чорнова, чисто-вая) і необхідні тіпоразмери інстру-ментов (мал. 5.). Окремі елементи, обробає - Миє одним інструментом, групуються як усередині, а), для фрезерної і інших видів обробки — фрезерування базової площості і обробка базових отворів (мал. 1. би, д). У ряді випадків одночасно з обробкою баз рекомендується певна чорнова обробка по простому контуру, при якій удаляється частина припуска (мал. 1 г). В умовах автоматизованого виробництва операція по підготовці баз і видаленню частини припуска виконується, як правило, на одинінструментальних верстатах з ЧПУ, що володіють підвищеною жорсткістю і порівняно невисокою точністю.

В процесі розробки схеми послідовності обробки деталі виконують ескізне проектування (складання ТЗ) пристосування для базування і закріплення заготовки на кожному установі.

Після з'ясування необхідного числа і послідовності установів задають послідовність обробки деталі по зонах, утворених її конструктивними особливостями (внутрішній і зовнішній контури, вікна, приливи і ін.). У кожній зоні виділяють окремі елементи (торець, внутрішній контур, вікна, отвори), для яких встановлюють вигляд обробки (чорнова, чистова) і необхідні типорозміри інструментів.

Окремі елементи, що обробляються одним інструментом, групуються як усередині зони, так і по всіх зонах. Таке групування дозволяє виявити кількість типорозмірів ріжучих інструментів для обробки всієї деталі і з'ясувати можливість обробки всіх доступних зон на даному установі.

2. Розробка маршрутних карт для різних груп обладнання з ЧПУ.

Послідовність обробки по зонам визначається конструкцією деталі і заготовки. При встановленні такої послідовності слідує, де це можливо, дотримуватися принципу, що забезпечує максимальну жорсткість деталі на кожній ділянці обробки.

Так, обробку корпусної деталі з ребрами доцільно починати з фрезерування торців ребер до обробки контуру деталі, оскільки ребра при цьому будуть жорсткішими. Далі доцільно обробити зовнішній контур, а потім внутрішній — вікно, колодузі. Внутрішній контур деталі слід обробляти від центру до периферії.

На токарному верстаті, коли послідовність обробки частин (зон) деталі нічим не обумовлена, обробку слід починати з жорсткішої частини (більшого діаметру) і закінчувати зоною малої жорсткості. Напівчистову і чистову обробку, для якої потрібно зазвичай декілька інструментів, доцільно вести на верстатах, що мають магазин інструментів.

Послідовність обробки елементів деталі, що знаходяться в даній зоні, визначають на стадії проектування операційного ТП.

Питання для самоконтролю

1. Загальні відомості про метод розробки маршрутної карти для верстатів з ЧПУ;
2. Розробка маршрутних карт для різних груп обладнання з ЧПУ.

Лекція №15. Вибір устаткування для обробки різних груп деталей.

План

1. Рекомендації по підвищенню ефективності використання, верстатів ЧПУ;
2. Раціональна система технічного обслуговування.

На основі узагальнення досвіду експлуатації верстатів з ЧПУ встановлено, що якщо при їх впровадженні штучний час обробки скорочується на 50 %, в порівнянні з обробкою на верстатах з ручним управлінням, то, не дивлячись на додаткові витрати, забезпечується загальне скорочення витрат. Найбільший економічний ефект забезпечує обробка заготовок деталей на верстатах з ЧПУ, виготовлення яких на верстатах з ручним управлінням зв'язане з використанням дорогого технологічного оснащення (кондукторів, копіїв, фасонних ріжучих інструментів і т. д.), великими витратами часу на наладку технологічної системи, в порівнянні з оперативним часом.

На верстатах з ЧПУ доцільно виготовляти деталі складної конфігурації, при обробці яких потрібне одночасне переміщення робочих органів верстата після декількох осей координат(контурна обробка), деталі з великим числом переходів обробки(ефект забезпечується в тому числі із-за зменшення браку). На верстатах з ЧПУ досить легко і з меншими витратами можна відкорегувати програму управління, тому на цьому устаткуванні можна виготовляти деталі, конструкція яких часто міняється. На цих верстатах можуть працювати оператори нижчої кваліфікації, ніж на універсальних верстатах з ручним управлінням.

Для верстатів з ЧПУ розроблені рекомендації по підвищенню ефективності їх використання, що враховують особливості конструкції верстатів і пристроїв ЧПУ. Найбільш загальні рекомендації такі:

1. Доцільно використовувати багатомісні пристосування, що забезпечують обробку декількох однакових або різних по конструкції деталей
2. На верстатах з ЧПУ слід застосовувати проміжні плити з точно обробленими отворами або пазами, що скорочує час наладки і переналадки устаткування на нову деталь; крім того, це оберігає від зношування робочі поверхні столу і так далі
3. Необхідно враховувати час позиціонування, зміни інструменту, повороту столу, що дозволить правильно призначати послідовність обробки отворів (з врахуванням реальних витрат часу, одним інструментом обробляють ряд отворів одного діаметру або кожен отвір обробляють повністю із зміною інструменту).
4. Рекомендується, коли це можливо, спочатку виконувати переходи, що вимагають найбільшої частоти обертання шпинделя (наприклад, спочатку доцільно свердлити отвір малого, а потім великого діаметру); слід уникати частих стрибкоподібних змін частот обертання шпинделя.
5. Оскільки верстати з ЧПУ дороги, то слід, по можливості, використовувати найдосконаліші інструменти і призначати інтенсивні режими обробки. Доцільно застосовувати інструменти із змінними пластинами з покриттям (у тому числі і для свердління і розгортання), інструмент, оснащений композитами. Комбінований інструмент дозволяє зменшити витрати часу на зміну інструменту, позиціонування столу і т. д., при цьому зменшується число інструментів, необхідне для обробки поверхонь деталі, і потрібне число гнізд в інструментальному магазині.
6. На верстатах з ЧПУ слід використовувати інструмент точного виконання, невеликої довжини, оскільки при цьому вище режими

обробки, точність, стійкість і надійність інструменту. Весь інструмент необхідно налагоджувати поза верстатом.

7. На верстаті слід користуватися пристроєм для контролю стану ріжучої кромки. Стан інструменту, використовуваного на фінішних переходах, необхідно контролювати з метою оперативної його підналадки в процесі обробки; з цією ж метою можна контролювати точність обробки деталі.
8. В деяких випадках доцільно застосовувати багатошпіндельні пристосування і голівки або столи, що дозволяють, наприклад, на верстаті з горизонтальним шпинделем обробляти поверхні, розташовані довільним чином відносно основної бази деталі. Загальна рекомендація при використанні дорогих верстатів з ЧПУ – не можна економити час на технологічні розробки, вибір оптимальних режимів різання, технологічного оснащення. Широке вживання сучасних високоякісних інструментів всіляких пристосувань, пристроїв контролю, діагностики, автоматичного завантаження верстатів дозволяє істотно підвищити ефективність використання верстатів ЧПУ.

Ефективність роботи верстатів з ЧПУ може бути забезпечена лише при вживанні раціональної системи технічного обслуговування. Протягом місяця після здачі в експлуатацію верстат з ЧПУ повинен працювати з середнім навантаженням і на середніх частотах обертання і подачах. Приблизно через 200 ч роботи слід зупинити верстат і, виробивши його огляд і промивання, заповнити всі резервуари, картери і індивідуальні змащувальні крапки свіжим змащувальним матеріалом. З цієї миті верстати з ЧПУ обслуговуються по графіку. Верстати з ЧПУ, незалежно від класу точності, повинні використовуватися лише для робіт, обмежених технологічним призначенням верстата, допустимими навантаженнями, розмірами фрез, свердел і так далі. Заготовки, що підлягають чистовій обробці на верстатах з ЧПУ, не повинні мати іржі, окалини, пригарів формувальної землі. Бази заготовок, що підлягають обробці на прецизійних верстатах з ЧПУ, мають бути заздалегідь чисто оброблені.

Верстати з ЧПУ високого класу точності не слід використовувати для обробки деталей, які по точності, заданій кресленням, можуть бути оброблені на верстатах нижчого класу точності. Попередню обробку отворів, що підлягають розточуванню на координатно-розточувальних верстатах з ЧПУ, слід проводити на свердлувальних, фрезерних і розточувальних верстатах нормальної точності із залишенням необхідного припуску під подальшу обробку. Деталі, що обробляються безпосередньо на столах координатно-розточувальних верстатів з ЧПУ, слід встановлювати на спеціальні мірні,

загартовані, шліфовані і доведені прокладки завтовшки не менше 25 мм. Перед установкою заготовки стіл, прокладки і бази заготовки мають бути перевірені і ретельно протерті.

Для запобігання передчасному зношуванню тих, що направляють або утворенню задирів на них, зношування шпindelних підшипників забороняється на верстатах з ЧПУ встановлювати заготовки, маса яких вища, ніж вказано в паспорті верстата. Для забезпечення рівномірного зношування столів рекомендується невеликі заготовки закріплювати на різних ділянках столу. На координатно-розточувальних верстатах з ЧПУ не слід обробляти заготовки, габарити яких перевищують допустимі. Особливо небажана обробка заготовок на одностоечних верстатах, ширина яких перевищує ширину столу, нерівномірно розташованих (тобто зміщених в один бік) на столі.

Не допускається надмірне затягування гайок кріплення заготовки, розміщення заготовки, деталі і інструменту на столах і направляючих верстатів. Не допускається робота на верстатах з ЧПУ затупівшимся інструментом і інструментом із зламаними ріжучими лезами. В інструментів, що закріплюються на шпindelях і револьверних голівках верстатів, необхідно щодня перевіряти стан поверхонь хвостовиків. Збереження первинної точності верстатів з ЧПУ вимагає їх періодичного регулювання. Профілактичне регулювання виконується за даними щоденних і періодичних оглядів і перевірок геометричної і кінематичної точності верстатів з ЧПУ в роботі. Конструктивні рішення, що забезпечують збереження точності, різні. Зазвичай в конструкції передбачені наступні регулювання, що визначають точність верстатів: відновлення прямолінійності переміщень столів, кареток, супортів, санчат, траверс і шпindelних бабок; усунення зазорів в санчатах і столах; компенсація зазорів в ланцюгах, що зв'язують рух шпинделя з переміщеннями столу; усунення осьового і радіального биття шпindelів; усунення зазорів в гвинтових парах і так далі.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть приклади підвищенню ефективності використання, верстатів ЧПУ;
2. В чому полягає раціональна система технічного обслуговування?

Лекція №16. Загальна послідовність робіт на верстатах з ЧПК.

План

1. Основні вимоги, що пред'являються до деталей;
2. Вимоги до пристосувань для верстатів з ЧПУ.

1. Основні вимоги, що пред'являються до деталей

1. Основні вимоги, що пред'являються до деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ, і що впливають на конструкцію пристосувань, можуть бути сформульовані таким чином:

1. Заготовки повинні мати добре оформлені настановні базові поверхні, що забезпечують точність базування і надійність установки, а також зручні місця для додатка сил затиску, забезпечуючи надійність закріплення без деформації. За відсутності надійних настановних баз необхідно передбачати технологічні приливи, бобишки, отвори і т. д., що забезпечують надійне базування заготовок по трьом площинам або по площині і двом отворах. За відсутності зручних місць для додатка сил затиску необхідно передбачати технологічні виступаючі буртики, бобишки, гладкі або різьбові отвори і т. д., що забезпечують можливість надійного затиску заготовок без перезакріплення їх в процесі обробки. Місця додатка сил затиску мають бути розташовані так, щоб затискні пристрої не перешкоджали вільному підходу інструменту до всіх обробляємих поверхонь. На верстатах з ЧПУ найдоцільніше обробляти деталі прямокутних форм.

2. Для виключення переустановлення деталі або вживання додаткових пристосувань бажано, щоб деталі не мали поверхонь і отворів, розташованих під кутом.

3. Для забезпечення високої точності базування переважно конструювати деталі, що дозволяють базувати їх по трьом площинах. При цьому

застосовують в основному чисті базові поверхні, які на перших операціях готують на звичайних універсальних верстатах.

4. Якщо при обробці неможливо базувати заготовку по трьохплощинам, застосовують менш точну схему базування — по плоскості і двом отворах. При цьому отвори мають бути максимально віддалені один від одного і виконані не нижче, чим по 7-у квалітету).

1. Вимоги до пристосувань для верстатів з ЧПУ .

До пристосувань для верстатів з ЧПУ пред'являється ряд специфічних вимог, обумовлених особливістю експлуатації цих верстатів, недотримання яких значно знижує ефективність вживання верстатів з ЧПУ.

Точність. Пристосування повинні мати підвищену розмірну точність. Погрішності базування і закріплення, що виникають при установці заготовок в пристосуваннях, мають бути зведені до мінімуму.

Жорсткість. Для можливості використання повної потужності верстата на чорнових операціях пристосування повинні мати підвищену жорсткість. В той же час конструкція пристосування повинна забезпечити здобуття високої точності на чистових операціях. Повне базування заготовки і пристосування на верстаті. Відносне переміщення заготовки і інструменту на верстатах з ЧПУ здійснюється в системі заданих координат. Отже, для забезпечення автоматичної орієнтації опор відносно початки координат верстата пристосування повинні мати повне базування на верстаті, певне їх положення, що забезпечує строго, відносно нульової точки верстата. Забезпечення вільного доступу інструменту до заготовки. Верстати з ЧПУ забезпечують можливість обробки до 4-5 поверхонь з однієї установки заготовки. Для цієї мети пристосування повинні забезпечувати можливість підходу інструменту до всіх оброблюваних поверхонь.

Автоматизація операцій закріплення, поєднання затиску – розтиску заготівки з обробкою. Найбільш істотне скорочення часу простоїв верстатів з ЧПУ досягається шляхом зменшення часу затиску-розтиску заготовок. Можливість обробки на верстатах з ЧПУ максимального числа поверхонь заготівки з однієї неї установки різко збільшує цикл обробки заготівки на одному верстаті, що обумовлює можливість зміни заготівки поза робочою зоною верстата або поза верстатом під час обробки на верстаті іншої заготовки. Отже, пристосування повинні забезпечувати можливість зміни заготовок під час роботи верстата.

Універсальність, перенагоджуваність пристосувань. Верстати з ЧПУ на відміну від верстатів-автоматів володіють високою гнучкістю, оскільки переналадка їх може полягати лише в зміні программоносителя. Найбільша частина підготовчо-завершального часу витрачається не на переналадку верстата, а на зміну або переналадку оснащення – пристосувань і інструменту. Тому для скорочення простою верстатів пристосування повинні забезпечувати можливість їх швидкої переналадки або зміни. На верстатах з ЧПУ найефективніше використовувати системи перенагоджуваних пристосувань, що забезпечують можливість обробки широкої номенклатури заготовок завдяки перекомпонуванню, зміні або регулюванню настановних і затискних елементів.

Багатомістність. Пристосування, вживані в серійному виробництві при обробці малогабаритних деталей, мають бути багатомісними, оскільки при цьому можлива обробка отворів у всіх заготовках послідовно одним і тим же інструментом. Продуктивність обробки збільшується за рахунок скорочення часу, що витрачається на зміну інструменту. Крім того, багатомісні пристосування забезпечують можливість зміни заготовок під час роботи верстата і багатостанковне обслуговування. Розширення технологічних можливостей верстата. Економічна ефективність обробки деталей залежить від міри використання технологічного оснащення.

Оснащення верстатів пристосуваннями і оснащенням, що розширюють їх технологічні можливості, забезпечує великий ефект в умовах індивідуального і серійного виробництв, компенсуючи відсутність тих або інших видів устаткування, усуваючи додаткове транспортування деталей від верстата до верстата, ліквідовуючи недовантаження окремих видів верстатів.

Питання для самоконтролю

1. Для чого потрібні верстатні пристосування?
2. Які вимоги до верстатних пристосувань, що застосовуються на верстах з ЧПК?
3. Чи форма та конструктивні особливості деталі впливає на конструкцію пристосувань?

Лекція №17. Процеси обробки отворів.

План

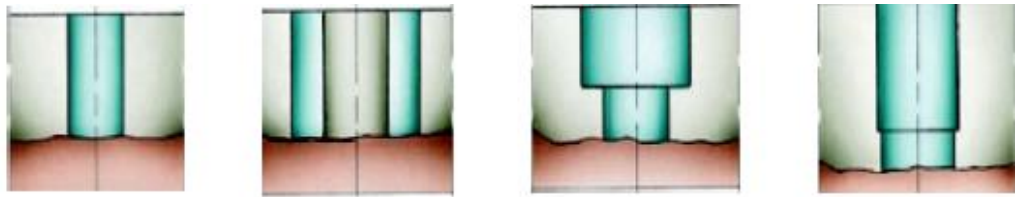
1. Види свердління. Інструмент;
2. Режими обробки при свердлінні на верстатах з ЧПУ.

Основним способом здобуття отворів є свердління. Свердління - це процес виготовлення циліндричних отворів за допомогою металоріжучого інструменту. Свердління, як правило, передує таким операціям як розточування або розгортання. Загальним для всіх цих операцій є поєднання обертального і поступального руху інструменту. Існує велика відмінність між свердлінням отворів невеликої глибини і глибоких отворів, для обробки яких розроблені спеціальні методи, що дозволяють свердлити отвір завглибшки, що у багато разів перевищує діаметр інструменту.

З розвитком інструменту для обробки коротких отворів послідовність процесу свердління і підготовка до нього зазнають істотні зміни. Сучасний інструмент дозволяє засверлюватися в суцільний матеріал і не потребує попереднього зацентрування отворів. Досягається висока якість поверхні і, частенько, відпадає необхідність в подальшій чистовій обробці отвору. В деякому розумінні свердління можна порівняти з операціями точіння і фрезерування, але при свердлінні приділяється більше значення евакуації

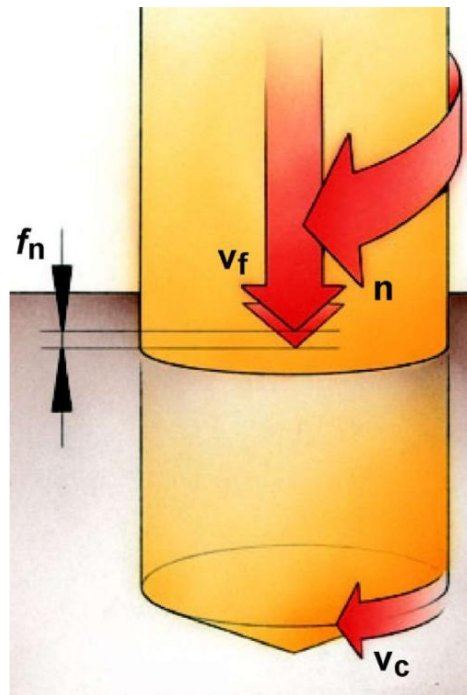
стружки. Обробка в обмеженому просторі отвору накладає підвищені вимоги відносно контролю за стружкоутворенням. Свердління в суцільному матеріалі є одним з найбільш поширених методів виготовлення отвору заданого діаметру за одну операцію (мал. 12 (а)).

Трепануюче свердління використовується, в основному, при обробці отворів великого діаметру, оскільки цей метод не вимагає таких витрат потужності, як свердління суцільного матеріалу. Трепануючі свердла перетворюють на стружку не весь матеріал отвору, а залишають цілою серцевину отвору і, отже, призначені лише для обробки крізних отворів (мал. 12 (б)). Розточування - це процес збільшення діаметру отвору інструментом спеціальної форми (мал. 12 (в)). Розтачування - це процес збільшення діаметру отвору інструментом спеціальної форми (мал. 12 (в)). Розгортання - це процес, що використовує багато- або однолезвийний інструмент для підвищення точності форми і мал. 1. Основні параметри при свердлінні. розмірів отвору, а також зниження шорсткості поверхонь (мал. 1 (г)).



Мал. 12. - Обробка отворів: а – свердління; б – трепануюче свердління;
в – розточування; г – розгортання.

Режими різання при свердлінні задаються такими параметрами, як швидкість різання, подача на зворот, швидкість подачі або хвилинна подача (мал. 3.26). Швидкість різання (V_c) виражається в м-кодів/мін і визначає швидкість на периферії свердла. Швидкість різання змінюється уздовж ріжучої кромки від максимуму на периферії до нуля на осі свердла. Значення швидкості, що рекомендуються, відносяться до швидкості на периферії свердла. Подача на оберт (f_n), вимірювана в мм/об, визначає величину осьового переміщення інструменту за одного його зворот і використовується для обчислення швидкості осьової подачі свердла. Швидкість подачі або хвилинна подача (V_f), вимірювана в мм/мін, це подача інструменту по відношенню до пройденому їм дороги в одиницю часу. Інша назва цієї величини – машинна подача, або подача столу. Швидкість, з якою свердло проникає в заготівку, дорівнює твору подачі на зворот і швидкості обертання шпинделя.



Мал. 13. – Основні параметри при свердлінні.

Швидкість подачі або хвилинна подача (V_f), вимірювана в мм/хв, це подача інструменту по відношенню до пройденому їй дорозі в одиницю часу. Інша назва цієї величини – машинна подача, або подача столу. Швидкість, з якою свердло проникає в заготовку, дорівнює твору подачі на зворот і швидкості обертання шпинделя. Основні чинники, що характеризують операцію свердління:

- діаметр отвору;
- глибина отвору;
- точність і якість поверхні;
- оброблюваним матеріал;
- умови обробки;
- надійність обробки;
- продуктивність.

Утворення стружки з формою і розмірами, що дозволяють легко видаляти її з отвору, є першочерговим питанням при розгляді будь-якої операції свердління. Без задовільної евакуації стружки робота свердла стане неможливою унаслідок забивання стружкових канавок і закупорювання свердла усередині отвору. Високопродуктивна обробка отворів сучасними свердлами можлива лише при забезпеченні безперешкодного відведення стружки за допомогою використання достатньої кількості рідини, що охолоджує. Більшість коротких свердел має дві стружкові канавки для

евакуації стружки. Сучасне устаткування і інструмент дозволяють здійснювати підведення СОЖ по внутрішніх каналах в свердлі, через які вона поступає безпосередньо в зону різання, зменшуючи дію сил тертя і вимиваючи стружку з отвору. Стружкоутворення залежить від типу оброблюваного матеріалу, геометрії інструменту, режимів різання і, в деякій мірі, від вибраної рідини, що охолоджує. Зазвичай дрібна стружка утворюється при збільшенні подачі і зменшенні швидкості різання. Довжина і форма стружки вважаються задовільними, якщо вони дозволяють гарантовано видаляти її з оброблюваного отвору.

Оскільки швидкість різання зменшується від периферії до центру, вершина свердла не братиме участь в різанні. На вершині свердла передній кут негативний і швидкість різання дорівнює нулю, а це означає, що вона просто давить матеріал, що спричинить появу пластичної деформації. У свою чергу, це приведе до збільшення осьової сили різання. Якщо устаткування не має достатньої потужності і жорсткості, з'являється биття шпинделя і, в результаті, форма отвору може вийти овальною. Вживання сучасних свердел із змінними пластинами дозволяє вести обробку з високими швидкостями і великими об'ємами стружки, що утворюється, яка вимивається з отвору потоками рідини, що охолоджує, подається під певним тиском по внутрішніх каналах. Необхідний тиск (МПа) і об'єм (л/мін) СОЖ залежать від діаметру отвору, а також від умов обробки і типу матеріалу заготовки.

При внутрішньому підведенні СОЖ для свердла, що обертається, її тиск має бути вище, в порівнянні зі свердлом необертальним, із-за впливу відцентрової сили. В цьому випадку рекомендується компенсувати недолік тиску додатковим об'ємом рідини. Певні втрати тиску при проходженні по трубопроводах повинні також враховуватися при підводі СОЖ. Для вибору свердла необхідно:

1. Визначити діаметр, глибину і вимоги за якістю поверхні отвору (беруться до уваги питання надійності обробки).
2. Вибрати типа свердла (вибрати свердло для чорнової або чистової обробки, відповідно до оброблюваного матеріалу і вимог до якості отвору, і що забезпечує максимальну економічність обробки).
3. Вибрати марку сплаву і геометрію (при використанні свердел із змінними пластинами, пластини мають бути вибрані окремо, відповідно до діаметром свердла, геометрією і сплавом, призначеними для обробки даного матеріалу; для цілісних свердел і свердел з твердим сплавом, що напаяв, досить вибрати марку твердого сплаву).

4. Вибрати типа хвостовика (вибрати того типа, який личить для використовуваного устаткування).

Питання для самоконтролю.

1. Назвіть види свердління та інструмент;
2. Режими обробки при свердлінні на верстатах з ЧПУ.

Лекція №18. Обробка на токарних верстатах з ЧПУ. Особливості обробки.

План

1. Загальні відомості про токарні верстати з ЧПУ;
2. Токарна обробка. Її особливості;
 1. Загальні відомості про токарні верстати з ЧПУ.

Токарні верстати з ЧПУ мають класифікацію за розташуванням осі шпинделя (горизонтальні і вертикальні), структурі інструментальної системи (з багатопозиційним супортом, револьверною голівкою, інструментальними магазинами), по розташуванню направляючих (горизонтальні, вертикальні і похилі), а також по виду виконуваних робіт (центрові, патронні, патронно-центрові і карусельні).

Центрові верстати з ЧПУ застосовуються для зовнішньої обробки валів, у тому числі, для нарізування різьблення різцем з найбільшим діаметром оброблюваної деталі 250—380 міліметрів. Вони складають близько 10% всієї групи токарних верстатів з ЧПУ. Верстати 1713ФЗ, 1719ФЗ та інші мають горизонтальні направляючі, 1Б732ФЗ та інші мають наклонні направляючі. Патронні верстати з ЧПУ використовують для зовнішньої і внутрішньої обробки таких деталей як втулка і фланець. Окрім обточування, розточування і підрізування торця на верстатах можна також виробляти свердління, розгортання, зенкерування, цекування, нарізування різьблення мітчиками в осьових отворах. Також можливе нарізування зовнішнього і внутрішнього різьблення різцем. Верстати цієї групи складають приблизно 40% в групі токарних верстатів з ЧПУ. До них відносяться верстати горизонтальної компоновки з межами найбільших діаметрів оброблюваних деталей від Ø160 до 1250 міліметрів (1П717ФЗ, 1П732ФЗ та інші); вертикальної компоновки з межами найбільших діаметрів Ø200—500

міліметрів (1723ФЕ, 1734ФЕ та інші); токарно-револьверні (1П430Ф3 та інші) з межами найбільших діаметрів оброблюваних деталей до Ø200—320 міліметрів; лоботокарні (РТ725Ф3 та інші); токарні багатоопераційні (1755Ф4 та інші). Патронно-центрові верстати з ЧПУ (35% груп) обладують технологічними можливостями перших двох груп. Вони призначені для патронної і центрової обробки деталей з межами найбільших діаметрів 160—630 міліметрів. Найбільш розповсюджені верстати 16К20Ф3, 16К30Ф3, 1А616Ф3. Для обробки крупних деталей застосовують карусельні верстати з ЧПУ: одностосєчні 1512Ф2, 1516Ф2 та інші і двостійкові 1525Ф2, 1Л532Ф2 та інші.

В разі серійного виробництва обробляють партію заготовок спочатку з одного боку, потім з іншою. Це дві окремі і самостійні операції. Навіть при одиничному виробництві кожна установка вимагає окремої наладки і окремої програми, тому у відповідності з викладеними раніше умовами тут передбачено дві самостійні операції. При використанні першого варіанту менше операцій, вище концентрація і ефективність обробки, але застосувати цей варіант не завжди можливо. При використанні першого варіанту менше операцій, вище концентрація і ефективність обробки, але застосувати цей варіант не завжди можливо. При чорновій обробці знімають великий пріпуск, в цей час відбувається перерозподіл внутрішньої напруги, можливо короблення деталі і пошкодження раніше начисто оброблених поверхонь. Наприклад, при затиску обробленої сторони і чорновій обробці іншої сторони потрібні великі сили затиску, через що можливе пошкодження кулачками патрона раніше обробленої поверхні.

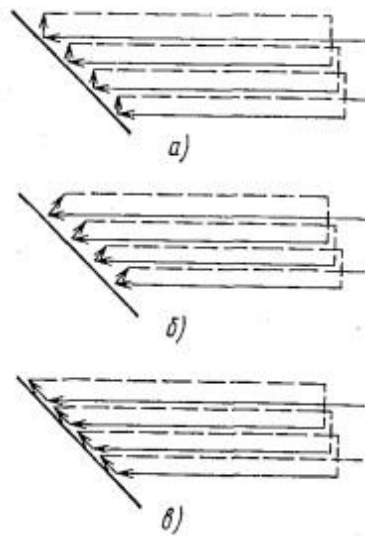
Технологічні процеси токарної обробки різних деталей мають багато спільного. Окремі типові елементи конструкції обробляють однаковими способами. Це дає можливість використовувати при програмуванні стандартні програми, кожна з яких грає роль макрокоманди — містить типову послідовність рухів, пов'язаних з обробкою окремого конструктивного елементу. Стандартні програми скорочують трудомісткість програмування, а також зменшують число помилок. У існуючих системах програмування часто застосовують стандартні автоматичні цикли: чорновий і чистовий обробки, прорізки канавок, свердління, резьбонарізання та інші. Стандартні цикли зазвичай мають наступні елементи: поворот револьверної головки, гальмування і повільне підведення інструменту, швидке підведення інструменту, обробку, відведення інструменту і швидке повернення його у вихідне положення.

2.Токарна обробка. Її особливості.

Токарну операцію зазвичай починають з чорнової обробки, яка містить декілька прямолінійних чорнових проходів. Проходи виконуються уздовж осі деталі, перпендикулярно до осі або під кутом до неї. Перший прохід передбачає видалення з поверхні поковки або відливання окалини і виправлення погрішностей форми деталі. Подальші чорнові проходи мають, як правило, постійну глибину різання. Якщо припуск для останнього чорнового проходу виявився невеликим, то необхідно декілька збільшити припуск попередніх чорнових проходів або видалити частину, що залишилася, при чистовій обробці. Таким чином, можна уникнути виконання зайвого проходу.

Після кожного проходу відведення інструменту здійснюється одним з трьох способів (див. мал 1).:

а — перпендикулярно до осі деталі; б — під кутом до осі, в — паралельно профілю.



Мал.14 – Способи відведення інструменту

Профіль заготовки після чорнової обробки не співпадає з профілем готової деталі (менше число елементів, простіша форма елементів). На малюнку профіль деталі виконаний по складній табульованій кривій. При чорновому проході його точніше відтворення не потрібно. Відповідна ділянка чорнового контура обкреслена відрізком прямої і дугами окружностей. Якщо припуск невеликий, чорнова обробка може бути відсутньою.

Якщо деталь має декілька рівнів, то припуск ділять на зони (перпендикулярно до осі деталі). Сітка горизонтальних і вертикальних ліній ділить припуск на відповідне число елементарних ділянок. Кожну ділянку можна позначити двозначною цифрою: перша — номер рівня, друга — зони. Виникає завдання: у якій послідовності видаляти ділянки, щоб шлях інструменту був мінімальним.



Мал.15 - Профіль деталі і заготівки після чорнкової обробки

Два перші варіанти приблизно рівноцінні і мають меншу довжину траєкторії в порівнянні з третім. Але останній варіант дозволяє більш повно оптимізувати глибину різання; друга зона має дві ділянки з різною глибиною; при видаленні верхньої ділянки різець буде завантажений більше, а при видаленні нижнього — менше; при обробці по зонах можна реалізувати такий алгоритм програмування, щоб припуск другої зони ділився навпіл; зона збереже дві ділянки, але з однаковою глибиною припуску.

Чистова обробка також містить стандартні цикли: обробка зовнішньої поверхні, внутрішній поверхні та інші. Обробка здійснюється контурним різцем. Скруглення і фаски виконуються під час контурної обробки, обробка канавок виділяється в спеціальні цикли.

На токарних верстатах з ЧПУ можна нарізати кріпильні і ходових різьб. Кріпильні метричні різьблення мають кут при вершині 60° . До ходових різьб відносять трапецеїдальні, прямокутні, наполегливі, трубні і ін. Розрізняють також різьби циліндричні і конічні, зовнішні і внутрішні, однозахідні і багатозахідні. У конструкції деталі може бути передбачена або не передбачена канавка для виходу різьблення.

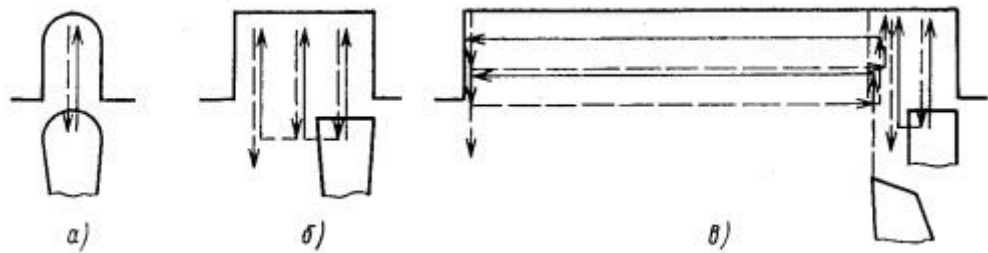
Для нарізування використовують різьбові різці або мітчики і плашки. Технологія нарізування залежить від вигляду інструменту.

Різець повинен мати профіль, відповідний профілю різьби. Слід точно встановлювати різець відносно деталі, бо всі неточності виготовлення і

установки інструменту будуть знижувати точність виготовлення різьби. Для нарізування різьби зазвичай потрібно декілька проходів. Стандартні цикли можуть компонуватися різними способами. Урізування може здійснюватися перпендикулярно до осі деталі або паралельно профілю зуба. Перемінну подачу вибирають так, щоб забезпечити постійну площину перетину зрізу. В кінці циклу резбонарезання програміст може задати калібруючі проходи або зупинку верстата для ручного контролю параметрів різьблення. В деяких випадках калібруючі проходи виконують окремим чистовим різцем. Різець відводиться паралельно профілю зуба різьби, якщо є канавка для виходу різьби, або перпендикулярно до осі деталі, коли канавки немає. При нарізуванні багатозахідних різьб можна спочатку нарізувати один захід, потім перейти до наступного або спочатку обробити всі заходи, а потім змінити глибину різання. Стандартний цикл нарізування різьблення містить переходи: вибір інструменту, швидке підведення інструменту, урізування, виконання одного проходу, відведення інструменту. Потім операції, починаючи з урізування, повторюються до досягнення заданої глибини різьблення. Кінчається цикл швидким відведенням інструменту у вихідне положення.

Різьблення мітчиками і плашками нарезается за один прохід, але для кожного тіпорозміру різьблення потрібний свій інструмент. Щоб віднести інструмент після нарізування, потрібно реверсувати обертання шпинделя. Якщо застосувати розтискні мітчики або різенарізальні голівки, що самовідчиняються, то можна уникнути реверсу шпинделя і підвищити продуктивність резбонарізання. Стандартний цикл при нарізуванні різьблення мітчиками і плашками має переходи: вибір інструменту, швидке підведення, нарізування різьблення, реверс шпинделя і виведення інструменту з деталі, швидке відведення інструменту у вихідне положення. Зазвичай стандартний цикл резбонарезання задається одним оператором програми.

Канавки прорізають на циліндровій, конічній і торцевій поверхні деталі за допомогою канавочних і прорізних різців. Для обробки канавок передбачені стандартні цикли, їх програмування здійснюють звичайними методами.



Мал.16 – Стандартні цикли обробки на токарних верстатах.

На малюнку показані стандартні цикли: а — прорізання вузької фасонної канавки фасонним канавочним різцем за один поперечний прохід (профіль різця повинен відповідати профілю канавки); б—прорізання канавки середніх розмірів канавочним різцем за декілька поперечних проходів; у — прорізання широкої канавки прорізним різцем за один або декілька поперечних проходів і прохідним різцем за декілька подовжніх проходів.

Питання для самоконтролю

1. Особливості токарних верстатів з ЧПК?
2. Послідовність обробки на токарних верстатах з ЧПУ;

Лекція №19. Особливості процесів обробки деталей на фрезерних операціях.

План

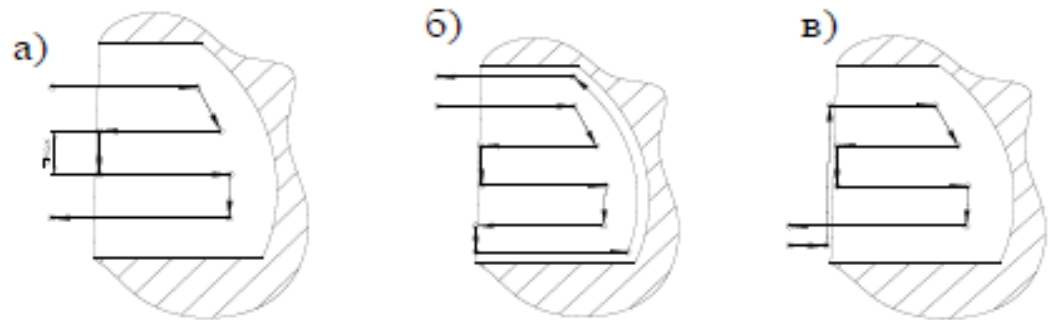
1. Типові схеми фрезерної обробки;
2. Способи врізання фрези в метал.

При програмуванні фрезерної обробки областей (зон) використовують типові схеми технологічних переходів, що визначають правила побудови траєкторії інструменту.

Існує дві основні схеми формування траєкторії рухи фрези при фрезерній обробці: зигзагоподібна і спіралевидна.

Зигзагоподібна схема (мал. 1) характеризується тим, що інструмент в процесі обробки здійснює рух в протилежних напрямках уздовж паралельних рядків з переходом від одного рядка до іншого уздовж межі області. Ця схема досить поширена, але має ряд недоліків. Один з недоліків - змінний характер

фрезерування : уздовж одного ряду інструмент працює у напрямі подачі, а уздовж наступного - проти, що веде до зміни сил різання і якості обробки. Інший недолік цієї схеми - підвищене число зламів на траєкторії інструменту. Це негативно позначається на динаміці різання і веде до збільшення часу обробки, так як необхідно виконувати численні операції по розгону і гальмуванню приводу подач верстата з ЧПУ.

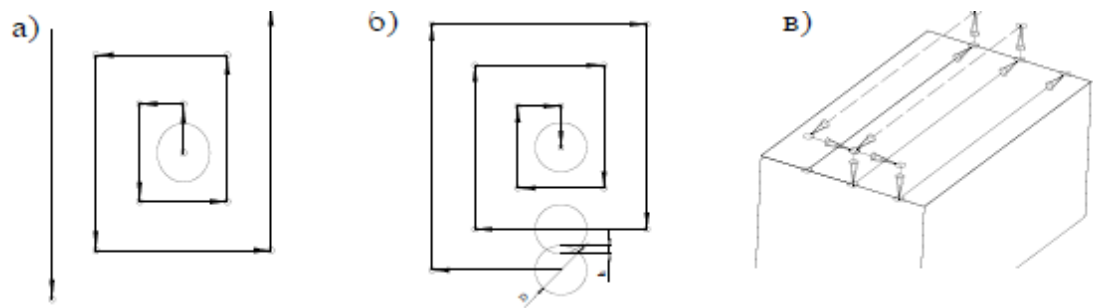


Мал. 17. Схеми зигзагоподібних фрезерних переходів

Зигзагоподібна схема має декілька різновидів, пов'язаних з порядком обробки кордонів: без обходу кордонів (мал. 1 (а)), з проходом уздовж кордонів в кінці обробки області (мал. 1 (б)), з попереднім проходом уздовж кордонів (мал. 1 (в)).

Спіралевидна схема відрізняється від зигзагоподібної тим, що обробка ведеться круговими рухами інструменту, що здійснюються уздовж зовнішнього кордону області на різній відстані від неї (мал. 2 (а, б)). На відміну від зигзагоподібної, спіралевидна схема забезпечує більш плавний характер обробки, оскільки напрям фрезерування (по або проти подачі) незмінний і немає додаткових зламів траєкторії. Спіралевидна схема має два різновиди: перша характеризується рухом інструменту від центру області до периферії (див. рис 2 (а)), а друга – від кордону області до її центру (див. мал. 2 (б)). Кожен з розглянутих різновидів спіралевидної схеми має двох типів: з рухом інструменту в напрямі по або проти годинникової стрілки при спостереженні з боку шпинделя. Однаковий характер фрезерування можна витримувати також за допомогою схеми Ш-образного типа (мал. 2 (в)). Згідно з цією схемою інструмент після виконання проходу уздовж рядка відводиться на необхідну відстань від обробленої поверхні і на прискореному ході повертається назад. Ш-образна схема має ті ж різновиди, що і зигзагоподібна. Істотний недолік цієї схеми - велике число допоміжних ходів. При побудові траєкторії інструменту на чорнових переходах необхідно знати

відстань між сусідніми проходами фрези, оскільки воно визначає глибину різання.

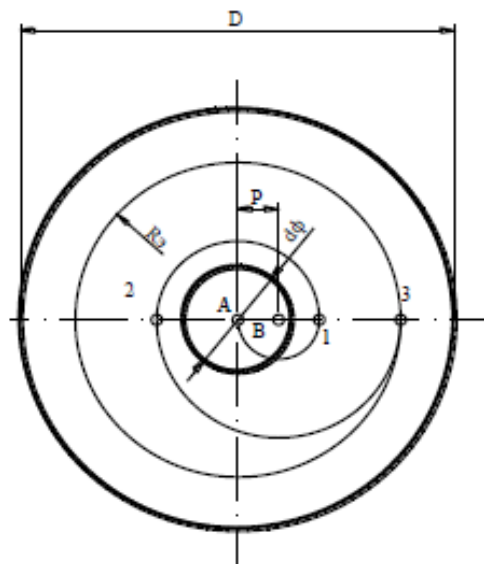


Мал. 18 - Спиралевидні (а), (б) и Ш-образна (в) схеми фрезерних переходів

Максимально допустима величина цієї відстані (рис 4 (а)) залежить від геометричних параметрів використовуваного інструменту

$$t_{\max} = D - 2r - h_1 ,$$

де, D – діаметр фрези; r – радіус скруглення в торця; h_1 – перекриття між проходами (мал. 4.2 (б)), що забезпечує відсутність гребінців. Певні труднощі при програмуванні представляє спіралевидна схема, яка в ідеальному випадку повинна мати форму Архімедівської спіралі. Практично таку спіраль реалізувати дуже складно, тому зазвичай обробка ведеться по двох- або чотириполюсній спіралі (мал. 3). Така спіраль будується шляхом сполучення дуг, що мають загальні центри у вигляді полюсів A і B (мал. 4.3).



Мал. 19.- Двухполюсна спіраль фрезерних переходів

Вихідними даними до розрахунку параметрів фрези є: D – діаметр оброблюваної поверхні; d_f – діаметр фрези. Радіус еквідістанти визначається по формулі:

$$R_s = \frac{D - d_f}{2}.$$

Далі обчислюється коефіцієнт a :

$$\frac{R_s}{0.6d_f} \geq a \geq \frac{R_s}{0.8d_f}$$

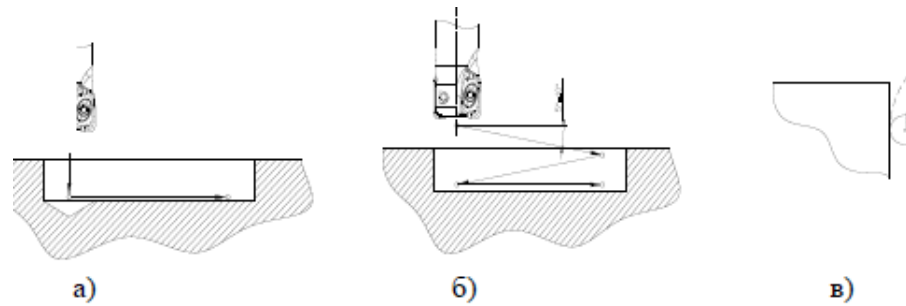
Коефіцієнт a приймається як менше ціле з отриманого інтервалу (наприклад, $5,7 \geq a \geq 3,4$, приймаємо $a=4$). Визначуваний крок спіралі

$$h = R_s / a$$

Відстань між полюсами

$$P = h / 2$$

Після того, як визначені параметри спіралі, виконуємо її побудову: наносимо перший полюс A в центр оброблюваного кола, другий полюс B розташовуємо на відстані P від першого. Виконуємо побудову першої дуги: початком служить полюс A , а центром полюс B ; ведемо її до пересічення з тією, що осью проходить через полюси (точка 1 мал. 4). Будуємо наступну дугу: як центр беремо протилежний полюс, а початком дуги є закінчення попередньої (полюс A і крапка 1 на мал. 4.3). Побудову проводимо до тих пір, поки спіраль не вийде на еквідістанту. При програмуванні фрезерної обробки поважно вибрати спосіб урізування інструменту в метал. Найбільш простий спосіб – це урізування з подачею уздовж осі інструменту. Проте цей спосіб, по-перше, не придатний для фрез, що мають технологічні центрові отвори, по-друге, через те, що фрези працюють погано на засверлювання – не ефективний. Для використання цього способу рекомендується заздалегідь обробити місця урізування свердлом (мал. 4 (а)).



Мал. 20. Схеми способів врізання фрези в метал

До технологічного способу відносять урізування при русі інструменту уздовж одного з рядків з поступовим його зниженням (мал. 4.4 (б)). Цей спосіб також застосовують при русі інструменту по колу або уздовж кордону оброблюваної області. При чистовій обробці контурів, як правило, урізування здійснюється по дузі кола, дотичній до контура в крапці, з якою має бути початок руху інструменту уздовж контура (мал. 4.4 (в)). Такий спосіб забезпечує найбільш плавна зміна сил різання і мінімальну погрішність обробки в згаданій крапці; він найбільш зручний з точки зору введення в програму корекції на радіус інструменту, що управляє.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть типові схеми фрезерної обробки;
2. Назвіть способи врізання фрези в метал.

Лекція №20. Особливості проектування технологічних процесів механічної обробки на багатоопераційних верстатах з ЧПК.

План

1. Особливості проектування технологічних процесів;
2. Технологічні можливості багатоцільових верстатів.

1. Особливості проектування технологічних процесів механічної обробки на багатоопераційних верстатах з ЧПК.

Технологічні можливості багатоопераційних верстатів з ЧПУ (МС) надзвичайно широкі. На них можна виконувати фрезерування, свердління, розточування, нарізування різьблень, розгортання і т.д. в більшості випадків

при одному установе заготовки. МС серед усіх верстатів з ЧПУ володіють найвищим ступенем універсальності. На одному і тому ж верстаті можна обробляти різноманітні по конструкції і призначенню деталі: корпусні та площинні деталі (важелі, вилки, планки, кронштейни тощо).

При проектуванні технологічного процесу слід вивчити можливість виконання найбільшого, бажано повного обсягу обробки деталі (фрезерування, розточування, свердління, резьбонарезання і т.д.) за одну операцію і за один установ. У цьому випадку неминуче виникає завдання базування заготовки по необробленим поверхонь (чорним баз).

У теж час для надмірно високої інтеграції обробки є обмеження, пов'язані з досягненням необхідної точності деталі. При знятті великих припусків і роботі на інтенсивних режимах різання виникає нагрів, деформація і викривлення заготовки. Ці фактори вимагають поділу обробки на чорнові і чистові проходи, нерідко з проведенням між ними штучного або природного старіння. У менш відповідальних випадках старіння може бути замінено перервою в обробці без зняття заготовки з верстата. Така можливість є при використанні пристосувань-супутників (політ) і столів-супутників. При необхідності розділити обробку на чистові і чорнові операції другі з них можна виконати на верстатах менш високої точності і з меншою ємністю інструментального магазину. Іноді повний обсяг обробки на МС неможливий у зв'язку з надзвичайно високими вимогами до точності деталі. Наприклад, отвори під опори шпинделя в коробках швидкостей токарних верстатів мають настільки високі вимоги до співвісності, що вони не можуть бути досягнуті при обробці з двох сторін з поворотом столу.

2. Технологічні можливості МС істотно розширюються при оснащенні їх контурними системами числового програмного керування. Використання контурної обробки на МС дозволяє:

- 1) фрезерувати фасонні плоскі та об'ємні поверхні з інтерполяцією по двох, трьох і більше осями;
- 2) при чорновій обробці отворів різного діаметра замість розточування використовувати фрезерування однієї кінцевий фрезою в режимі кругової інтерполяції і за рахунок цього скоротити число потрібних розточувальних інструментів (борштанг);

3) обробляти внутрішні кільцеві канавки різцем або дискової фрезою в режимі кругової інтерполяції;

4) підрізати закриті торці, прилеглі до отворів. Для цієї мети можна застосовувати торцеві Многозубние фрези або різці, закріплені в оправках, які працюють як однозубого фрези. У процесі обробки різець робить планетарне рух в режимі кругової інтерполяції.

При виборі послідовності обробки на МС необхідно дотримуватися загального принципу компоновання операції: спочатку виконувати попередню обробку поверхонь основних форм (площин, основних отворів, вибірок великих обсягів), потім додаткових форм (кріпильних отворів тощо) і завершити операцію чистової обробкою поверхонь основних форм.

За наявності на різних сторонах корпусних деталі поверхонь, оброблюваних одним і тим же інструментом, виникає питання про вибір послідовності виконання обробки на МС з горизонтальним розташуванням шпинделя. При цьому можливі три варіанти обробки:

1. Повна обробка всіма інструментами кожного отвори на одній стороні деталі, потім поворот столу і обробка в такій же послідовності отворів на другій стороні, потім на третій стороні і т.д. Варіант відрізняється збільшеним числом змін інструменту, мінімальним числом позиціонувань і поворотів столу.

2. Обробка одним інструментом всіх отворів з одного боку деталі, зміна інструменту і робота другим, потім третім і так далі інструментом. Після закінчення обробки всіх отворів на першій стороні деталі роблять поворот столу, і обробка в зазначеній послідовності виробляється на другій стороні, а надалі на третій і четвертій. Варіант відрізняється від першого зменшеним числом змін інструментів і мінімальним числом поворотів столу.

3. Послідовно обробляються кожним інструментом отвори з усіх боків деталі. При реалізації цього варіанту число змін інструментів ставати мінімальним, а число поворотів столу - великим.

При виборі варіанту послідовності обробки потрібно враховувати, в першу чергу, продуктивність, а в другу, надійність роботи механізмів

верстата. У більшості випадків обидва ці вимоги дозволяють віддати перевагу варіанту

4. Позиціонування зазвичай виконується швидше і надійніше, ніж зміна інструменту і поворот столу. Однак для кожного конкретного випадку слід зіставити витрати часу, щоб зробити остаточний вибір того чи іншого варіанту послідовності обробки. Чистову обробку точних і співвісних східчастих отворів слід виконувати за варіантом 1. 500мм і менше). На деяких верстатах з малими розмірами столу (500 доцільна робота за варіантом

5. При проектуванні обробки на МС необхідно враховувати складний характер залежності температурних деформацій їх робочих органів від часу. Відомо, що на звичайних операційних верстатах через деякий час після початку роботи відбувається у зв'язку зі стабілізацією температури стабілізація положення робочих органів. Для МС не існує такої суворої залежності, так як відбувається безперервна зміна режимів, високі швидкості обертання шпинделя чергуються з повільним обертанням. Це приводить відповідно до чергування розігріванні і охолодженні вузлів і механізмів верстата. У зв'язку з цим не слід розбивати обробку взаємопов'язаних поверхонь з виконанням переходів на різко відрізняються режимах.

Питання для самоконтролю

1. Визначення числового програмного керування?
2. Особливості програмування багатоцільових верстатів?
3. Послідовність обробки?

Лекція №21. Програмування обробки на токарних верстатах з ЧПК

План

1. Складання розрахунково-технологічної карти токарної операції;
2. Особливості розрахунку траєкторій інструменту.

1. Складання розрахунково-технологічної карти токарної операції

По операційному ескізу, виконаному на основі попережного технологічного процесу відповідно до вибраних типових траєкторій руху інструменту, технолог складає розрахунково-технологічну карту (див. мал.

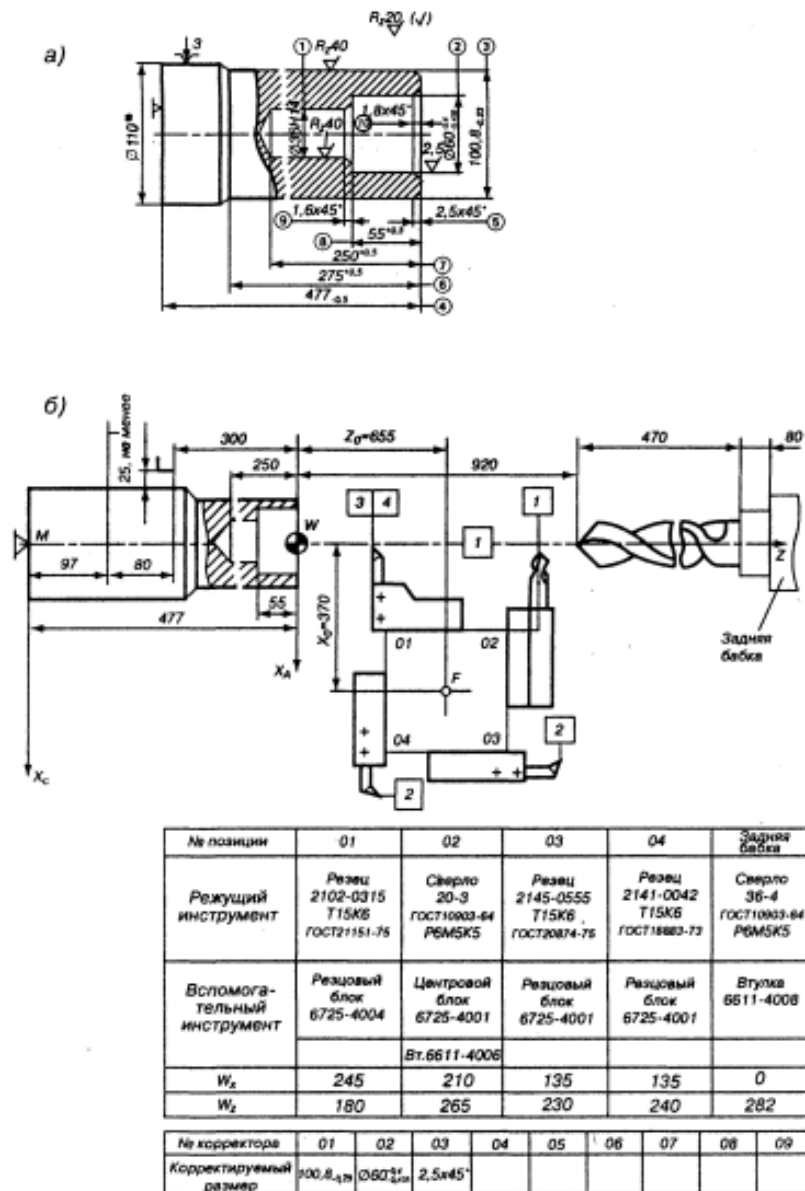
1.10, б). Ця карта містить закінчений план обробки деталі на верстаті з ЧПУ у вигляді графічного зображення траєкторії руху інструменту зі всіма необхідними поясненнями і розрахунковими розмірами. За даними РТК технолог-програміст, не звертаючись до креслення деталі або яким-небудь іншим джерелам, може повністю розрахувати числову програму автоматичної роботи верстата.

Для токарних операцій, проте, у ряді випадків РТК складається спрощеною без промальовування траєкторій кожного інструменту, при цьому з РТК поєднують карту наладки інструменту, а інколи складання УП відбувається безпосередньо по операційному ескізу. Вказане виправдане, оскільки в токарних верстатів проектування обробки ведеться всього в двох координатах і часто не має необхідності детального промальовування траєкторій на інструменти.

При підготовці УП до токарного верстата в технологічній документації слід виділити карту операційного ескіза і операційну технологію. На карті ескізів, виконаних на бланках, приводять ескіз деталі після виконання даної запрограмованої операції. Розміри нумеруються цифрами. Ці цифри можна рахувати номерами зон обробки (мал. 4.9). Ці ж номери можуть бути вказані біля інструментів на карті наладки для пояснення призначення того або іншого інструменту. Наприклад: отвір меншого діаметру — зона 7, отвір більшого діаметру — зона 2, зовнішній діаметр — зона 3, торець — зона 4 і так далі.

В операційній карті механічної обробки, що додається до операційного ескіза (мал. 4.9, а), даний перелік переходів механічної обробки з вказівкою допоміжних, ріжучих і вимірювальних інструментів, режимів різання, витрат основного і допоміжного часу, контрольованих розмірів і параметрів.

Якщо по картах попередніх операцій не можливо точно установити розміри заготовки, то на карті ескізів або її продовженні зображають ескіз заготовки, що поступає на дану операцію. Ескіз заготовки приводять також в тих випадках, коли в цехах використовують вибрану для верстата з ЧПУ частину відповної технологічної документації.



Мал. 21. - Карта наладки на обработку детали на токарном верстате с ЧПУ

Визначивши за технологією послідовність переходів токарної операції, технолог-програміст складає карту наладки на операцію (мал. 4.9, б). Як видно з малюнка, в карті наладки показані базування заготовки, тип і розміри затискних пристроїв і елементів, взаємне розташування заготовки і супорта, що знаходиться в нулі 291 програми, типи інструментальних блоків і ріжучих інструментів і їх прив'язка до позицій супорта, а також інші відомості, необхідні як для розробки УП, так і для наладки верстата.

Ще раз проаналізувавши операційний ескіз, уточнивши параметри режимів різання для прийнятого інструменту на кожному переході, технолог-програміст починає складати УП. Природно, в першу чергу є видимими типові схеми обробки і відповідні ним підпрограми. Далі опрацьовується робота інструментів в прийнятій послідовності і так далі.

2. Особливості розрахунку траєкторій інструменту

Розрахунок траєкторії інструменту при ручному програмуванні токарної обробки полягає перш за все у визначенні координат опорних точок на контурі деталі і (якщо траєкторія є еквідистантною до оброблюваного контуру) на еквідистанті. При цьому передбачається (див. мал. 1.21), що прийняту траєкторію, фіксовану опорними точками, при обробці послідовно обходить центр інструменту. При розрахунку траєкторії інструменту уточнюють параметри різання (швидкість різання і подачу) на окремих ділянках траєкторії.

Розрахунок координат опорних точок на контурі деталі, також як і на еквідистанті, ведеться тими ж методами, що і при інших видах обробки: визначення координат опорних точок контуру деталі у вибраній системі координат по заданих на кресленні деталей розмірах і даних РТК. Координати опорних точок контуру деталі обчислюють або простими арифметичними діями, або за допомогою рівнянь, що описують геометричні елементи контуру деталі, і співвідношень в трикутниках. Точність обчислень зазвичай обмежуються дискретністю завдання переміщень, визначуваною конкретною схемою УЧПУ і використовуваним верстатом.

При токарній обробці до обчислень по еквідистанті застосовують порівняно рідко. Величина радіусу при вершині різців зазвичай мала і зсув центру вершини різця відносно дійсної вершини просто враховується системами корекцій. В даний час, природно, всі складні розрахунки по визначенню координат опорних точок траєкторії при складанні УП для токарної обробки, як правило, виконуються з використанням ЕОМ і практично повністю автоматично по введеному в ЕОМ контуру деталі.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні правила складання розрахунково-технологічної карти токарної операції;
2. Назвіть особливості розрахунку траєкторій інструменту .

Лекція №22. Схеми обробки, що використовуються при обробці на токарних верстатах з ЧПК.

План

1. Зони обробки;
2. Типові схеми токарної обробки.

1. Зони обробки

Кожна зона токарної обробки на верстатах з ЧПК зазвичай відповідає одному технологічному переходові і формується в залежності від конфігурації чорнового або чистового контурів деталі та технологічних можливостей різця, що використовується на цьому переході. Для різців ці технологічні можливості визначаються головним і допоміжним кутом у плані. В залежності від конфігурації ділянки чорнового або чистового контуру деталі, що формуються за технологічний перехід, зони обробки поділяють на відкриті, напіввідкриті, закриті та комбіновані.

Відкрита зона (рис. 1.1, а) формується для знімання припуску або напуску з циліндричної або конічної поверхні. Конфігурація цієї зони не впливає на вибір головного та допоміжного кутів у плані. Найтипівішою є напіввідкрита зона (рис. 1.1, б), конфігурацію якої регламентує головний кут в плані різця.

Закриті зони (рис. 1.1, в), які зустрічаються переважно під час обробки додаткових поверхонь, накладають обмеження як на величини головного, так і допоміжного кутів в плані. Комбіновані зони (рис. 1.1, г) є поєднанням двох або трьох зон, що розглянуті вище.

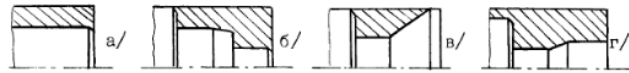


Рисунок 1.1. – Зони токарної обробки (заштриховані ділянки): а – відкрита; б – напіввідкрита; в – закрита; г – комбінована

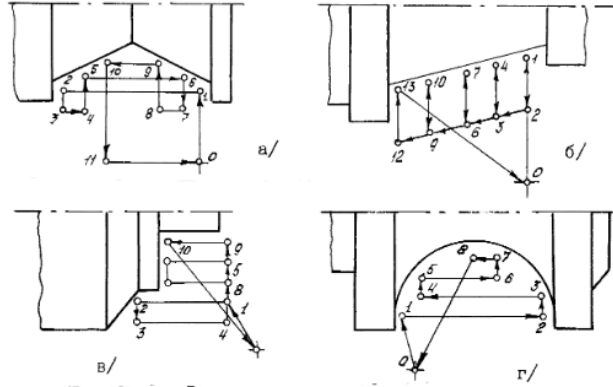
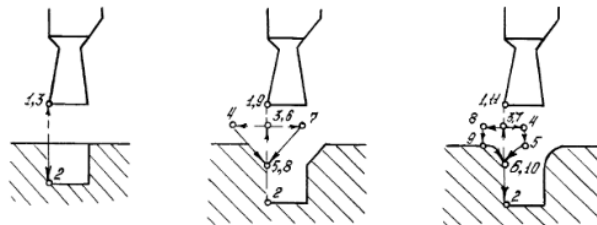


Рисунок 1.2 – Типові схеми руху інструмента: а – „петля”; б – „зигзаг”; в – „виток”; г – „спуск”



Мал 21. – Типові схеми обробки простих канавок: а – прямокутні, б – з фасками, в зі округленнями.

2. Типові схеми токарної обробки

Розробляючи траєкторії руху різця для зон знімання напусків рекомендуються такі типові схеми (рис. 1.2).

Схема «петля» (рис. 1.2, а) застосовується для обробки відкритих та напіввідкритих зон заготовки. Характеризується ця схема тим, що різець виконує робочий хід тільки в одному напрямі. Після закінчення робочого ходу він відводиться на невелику відстань (близько 0,5 мм) від обробленої поверхні і після цього повертається за час допоміжного ходу назад (для виконання наступного робочого ходу).

У схемі «зигзаг» (рис. 1.2, б) робочий хід здійснюється в обох напрямках, наприклад, під час обробки глибоких западин чашковими різцями.

Схема «виток» (рис. 1.2, в) мало відрізняється від схеми «зигзаг», але має перевагу під час обробки неглибоких та відносно пологих западин чашковими різцями.

Схема «спуск» (рис. 1.2, г) характерна тим, що напуск (чи припуск) знімається з радіальним переміщенням різця. Найчастіше цю схему використовують для чорнової обробки закритих зон (див. рис. 21.).

Особливу увагу слід приділити вибору схем для напіввідкритих зон, оскільки вони найчастіше зустрічаються в токарній обробці.

«Чорнова схема з підборкою» характерна тим, що після прямолінійного робочого ходу різець рухається по чорновому контуру деталі до рівня попереднього робочого ходу. Таким чином, для наступної обробки забезпечується рівномірний припуск по всьому контуру. Цю схему можна застосовувати і як остаточну, і в поєднанні з подальшою чистовою обробкою. Вона дозволяє отримати поверхні із шорсткістю $R_a = 6,3$ мкм. Під час роботи за цією схемою в точках кінця ходу різця на контурі деталі можуть залишатися риски. Їх можна зменшити, якщо вводити в кінці кожного ходу перебіг різця, який дорівнює половині радіуса вершини різця.

Схема «чорнова з напівчистовим (зачистним) робочим ходом» на відміну від попередньої схеми не передбачає зачистку матеріалу, що залишився на контурі після закінчення кожного ходу інструмента. Однак, після виконання останнього прямолінійного ходу інструмента задають робочий хід уздовж контуру деталі, під час якого на контурі зрізаються усі гребінці та інші залишки металу.

Перевага цієї схеми перед попередньою в тому, що вона дозволяє відмовитися від подальших чистових переходів, оскільки на оброблюваній поверхні не залишається риск.

Для обробки фасонних поверхонь можна застосовувати схему, яка називається «еквідистантною». Назва її пояснюється тим, що робочі ходи інструмента еквідистантні контуру готової поверхні.

«Контурна» схема теж застосовується для чорнової обробки головних поверхонь деталі. Вона формується шляхом повторення робочих ходів інструмента вздовж контуру деталі, що обробляється. Кожний такий хід сумісно з допоміжним утворює траєкторію у вигляді замкнутого циклу, початкова точка якого зміщується вздовж деякої прямої, наближаючись до контуру заготовки.

«Контурна» схема досить просто програмується оскільки відповідає одному з постійних технологічних циклів.

Під час виконання чорнових переходів обробки відкритих та напіввідкритих зон інструмент після завершення кожного робочого ходу виводиться із зони та подається на глибину наступного ходу (допоміжний хід).

При обробці закритої зони інструмент не може вийти з неї під час виконання робочого ходу, тому під час використання для таких зон схем

чорнової обробки з підборкою та з напівчистовим проходом їх треба дещо видозмінити, а саме після завершення кожного робочого ходу інструмент повинен повернутися до початкової точки цього ходу (допоміжний хід) і врізатися на глибину наступного ходу, рухаючись із швидкістю подачі врізання в радіальному напрямку.

Комбіновані зони доцільно розбивати на декілька ділянок. Коли комбінована зона складається з відкритої та напіввідкритої зон, то першу слід обробляти за схемою «петля», а другу – за «чорною із зачистним переходом». під час наявності у складі комбінованої зони усіх трьох зон, перші дві доцільно об'єднати за схемою «петля», а зону закритого типу обробляти за схемою із зачистним переходом, продовживши цей хід для зачистки чорного контуру, який входить у перші дві зони .

Канавки різної форми обробляють за типовими схемами за декілька переходів. Остаточний профіль деталі отримують під час чистового переходу. Критерієм для вибору схеми її обробки служить глибина канавки $h = 0,5(D_2 - D_1)$ та її ширина B (рис. 1.4, а). Якщо $h < 5$ мм та $B < 30$ мм, то попередню обробку проводять з поздовжньою подачею прорізним різцем (рис. 1.4, б), коли $B > 30$ мм – прохідним різцем (рис. 1.4, в). Якщо $h > 5$ мм та $B < 30$ мм, то застосовують прорізні різці і спосіб ступінчастого врізання (рис. 1.4, г). Якщо $B > 30$ мм, то спочатку обробляють канавку шириною близько 10 мм, потім матеріал, що залишився підбирають підрізним різцем (рис. 1.4, д, є). Остаточну обробку у всіх випадках проводять прорізними різцями по контуру (рис. 1.4, ж, з).

Канавки на торцях заготовок (рис. 1.5, а) також обробляють прорізними різцями, але різальна частина цих різців відрізняється від різців для точіння канавок на зовнішніх циліндричних поверхнях.

Якщо ширина канавки $B = 0,5(D_2 - D_1)$ 60 мм та глибині $h < 3$ мм обробку проводять за схемою, наведеною на рис. 1.5, б, коли $h > 3$ мм – за схемою на рис. 1.5, в, г. Остаточну обробку торцевих канавок виконують послідовно канавковими різцями (відрізняються тільки положенням формоутворюючої вершини) (рис. 1.5, д, є).

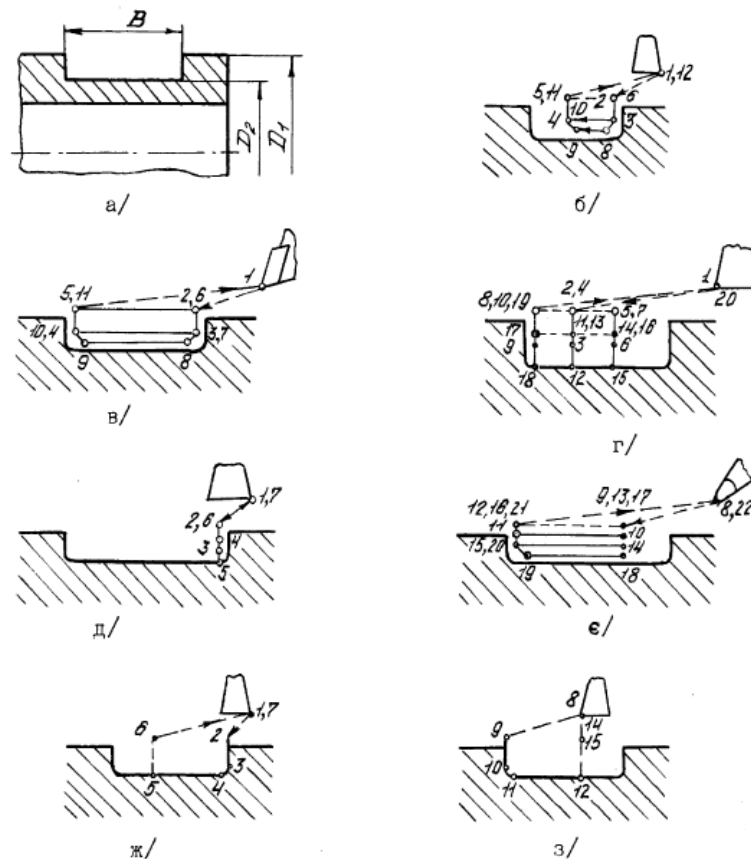
Для нарізання різей різцями існують дві головні схеми: застосування радіального та бокового врізання.

Під час радіального врізання інструмент працює в умовах закритого різання. Тому таку схему застосовують або під час нарізання дрібних різей з кроком до 2 мм включно, або для чистової обробки профілю різі.

Для чорнових ходів під час нарізання різей з кроком, більшим 2 мм застосовують бічне врізання. У цьому випадку стружка утворюється тільки

одною різальною кромкою різця, що поліпшує стружковідведення. Поширеним є багатопрохідне нарізання різі з великою кількістю не тільки чорнових, але й чистових ходів. На рис. 1.6 показані технологічні схеми такої багатопрохідної обробки кріпильних різей, а в табл. 1.2 – рекомендації щодо вибору кількості ходів під час нарізання метричної трикутної різі.

На токарних верстатах з ЧПК можна нарізати циліндричні різі, конічні різі, а також різі, розташовані на торцях.



Мал. 22. – Типові схеми обробки канавок

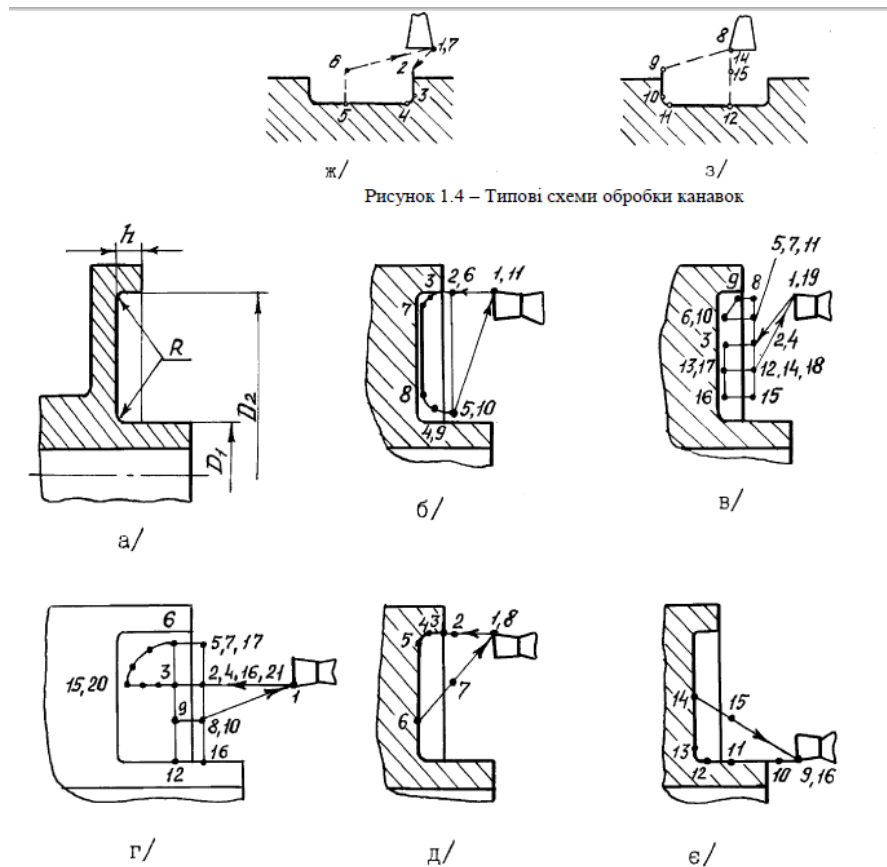


Рисунок 1.4 – Типові схеми обробки канавок

Мал. 23. – Схема обробки торцевих канавок

На прикладі ступінчастого вала (рис. 1.7, а) сформуємо зону чорнової обробки та розподілимо напуск між робочими ходами.

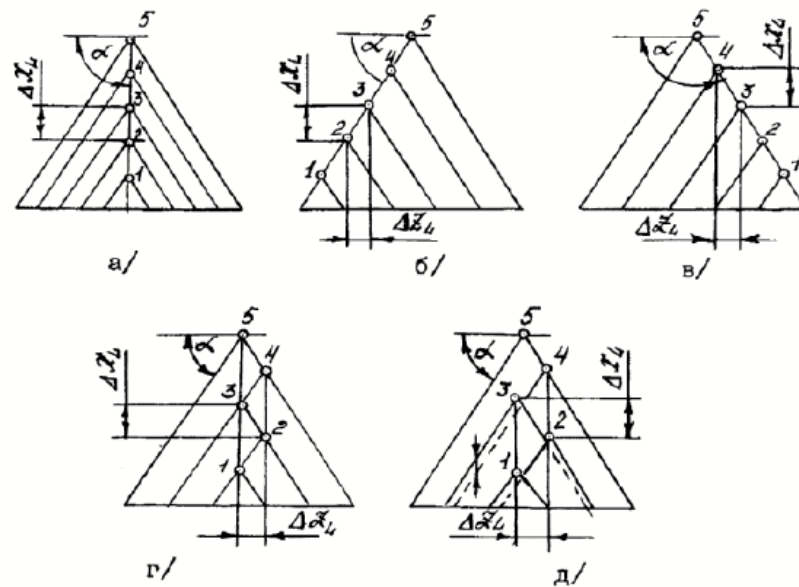
Послідовність розподілу така:

– визначаємо напуски на кожній з циліндричних поверхонь (t_1, t_2, t_3 ; $t_1 = XW0 - XW1$, $t_2 = XW0 - XW2$, $t_3 = XW0 - XW3$) (рис. 1.7, б);

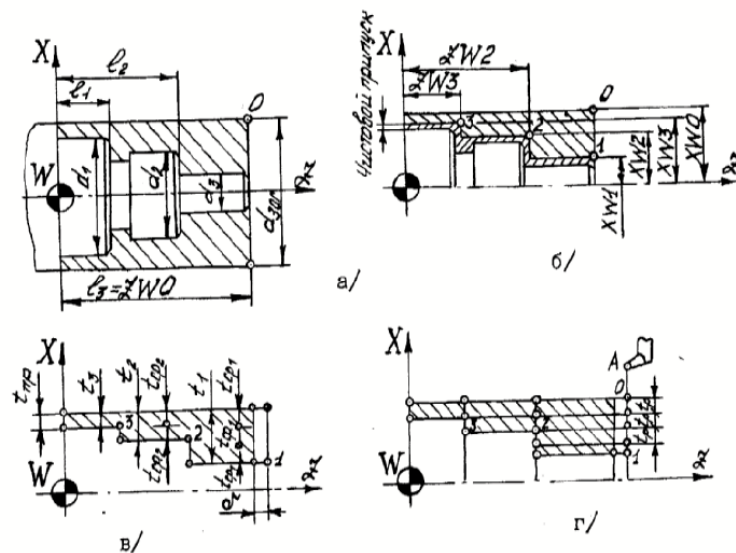
– визначаємо найменшу кількість чорнових робочих ходів по кожній циліндричній поверхні. Для цього ділять напуски t_1, t_2, t_3 на граничну глибину різання $t_{гр}$ та округляють отримане число до більшого цілого. Величина $t_{гр}$ залежить від міцності пластини різця, потужностей приводів головного руху та подачі, швидкості різання верстата, подачі, заданої стійкості, жорсткості системи “верстат – пристрій – інструмент – деталь” (ВПД) та інших факторів. Для цього прикладу прийнемо, що прийнята величина $t_{гр}$ більша за t_3 , але менша за t_1 та t_2 ;

– визначаємо глибину різання для чорнових робочих ходів, вважаючи, що напуск на кожній поверхні розподілений рівномірно на визначену у попередньому пункті кількість робочих ходів. Для нашого прикладу під час обробки першого циліндра такою глибиною буде величина $t_{ср.1}$, на ділянці другого циліндра – $t_{ср.2}$; третього циліндра – $t_{ср.3}$ (рис. 1.7, в);

- найбільша серед визначених у попередньому пункті глибин різання приймається єдиною (t_p) для усієї зони чорнової обробки;
- за прийнятою величиною t_p послідовним відніманням від розміру заготовки визначають рівні робочих ходів по усьому напуску (рис. 1.7, г).



Мал. 24. – Схеми обробки різі



Мал. 25. – Формування зони чорнової обробки та розподіл напуску під час обробки ступінчатих валів

Питання для самоконтролю

1. Типові схеми токарної обробки?
2. Застосовуваний інструмент?
3. Які бувають види зон обробки?
4. Основні випадки найбільш ефективного використання верстатів з ЧПК?

Лекція №23. Проектування операційного технологічного процесу обробки на токарних верстатах з ЧПУ

План

1. Принципи проектування технологічного процесу обробки;
2. Вимоги, які пред'являються до технологічності заготовок.

Проектування операційного технологічного процесу обробки на верстатах з ЧПУ виробляється на основі технічних і економічних принципів. Відповідно до технічних принципів проектуваний технологічний процес повинен забезпечувати виконання вимог креслення заготовки і технічних умов на її виготовлення.

Відповідно до економічних принципів обробку заготовки необхідно виробляти при найменших витратах часу і найменшій собівартості. Тому, проектуючи технологічну операцію, прагнуть до зменшення штучного часу і використання найменш дорогого верстата з ЧПУ, здатного забезпечити високопродуктивну обробку заготовки.

Основний час можна скоротити шляхом вживання високопродуктивних ріжучих інструментів і режимів різання, зменшення числа переходжув і часу холостих ходів, що також враховуються при визначенні машинного часу обробки на верстатах з ЧПУ.

Скорочення допоміжного часу виробляється за рахунок зменшення часу на зміну інструменту і вживання досконаліших настановних пристосувань з швидкодіючими затисками. Проектування технологічної операції обробки заготовки на токарному верстаті з ЧПУ включає комплекс завдань, які доводиться вирішувати при використанні токарних верстатів з РУ, а також додаткових завдань, обумовлених особливостями роботи верстатів з ЧПУ. До традиційних завдань належать вибір схеми базування і конструкції

затискного пристосування, встановлення послідовності обробки поверхонь, визначення числа переходів, вибір моделі верстата і типорозмірів ріжучих інструментів, розрахунок припусків на обробку, режимів різання і норм часу.

До нових завдань, специфічних для вживання верстатів з ЧПУ, відноситься створення програми роботи верстата з ЧПУ, для чого необхідно побудувати траєкторії руху ріжучих інструментів і розрахувати координати опорних точок траєкторії. Всю отриману інформацію слід занести в операційну карту і потім певним чином записати в карту кодування. На завершальному етапі отримані дані у встановленому ході записуються на програмоносій за допомогою спеціальних пристроїв. Виготовлену таким чином керуючу програму, перед використанням у виробничих умовах перевіряють і при необхідності коректують.

Схема базування заготівки на верстаті з ЧПУ повинна забезпечувати достатню стійкість і жорсткість установки заготівки, а також необхідну точність орієнтації заготівки в пристосуванні.

Це досягається вибором відповідних розмірів і якістю базових поверхонь, а також їх взаємним розташуванням. Технологічні бази окрім їх основного призначення повинні задовольняти вимогу іпосєднання напряду координатних осей заготівки з осями координатної системи верстата. Задоволення цієї вимоги спрощує програмування і полегшує взаємну ув'язку «нуля» заготівки з «нулем» верстата.

При обробці заготівки на токарних верстатах з ЧПУ найбільшого поширення набули дві наступні традиційні схеми установки: у центрах (для заготовок типу валів) і в патроні (для заготовок типу дисків і втулок). Ці схеми по підготовці базових поверхонь відповідають вимогам, що пред'являються до установки заготовок на верстатах з ЧПУ. Прийнята схема базування визначає конструктивну схему пристосування, яке для верстатів з ЧПУ призначено для тих же цілей, що і пристосування для верстатів з РУ, тобто для установки заготівки на верстаті. Проте з метою здобуття високої точності обробки в автоматичному циклі точність пристосувань для верстатів з ЧПУ має бути підвищена. Вищі вимоги пред'являються і до жорсткості пристосувань, використовуваних на цих верстатах.

Для забезпечення жорсткості закріплення заготівки в кулачковому патроні верстата з ЧПУ має бути передбачена достатня довжина поверхні заготівки, що затискається, причому найменша довжина затиску регламентується відповідними нормативами. Для забезпечення встановленої

найменшої довжини затиску інколи доводиться відповідно збільшувати довжину вихідної заготовки з подальшим обрізанням надлишкуматеріалу. Для здобуття найкращих результатів доцільно застосовувати переналагоджувані пристосування. Число і послідовність технологічних переходів визначають з врахуванням набраного вигляду початкової заготовки, взаємної прихильності оброблюваних поверхонь і вимог до точності готової деталі з врахуванням номенклатури ріжучихінструментів і умов видалення стружки. Поверхні, остаточна обробка яких може вироблятися прохідним або розточувальним контурним різцем, віднесені до основних. Поверхні, для формоутворення яких необхідний ріжучий інструмент, що відрізняється від контурного різця, віднесені до додаткових. До основних форм поверхонь відносяться: торцеві, циліндрові і конічні поверхні, а також поверхні з криволінійною створюючою і неглибокі канавки і виточки (до 1 мм), які можна виконати різцями з допоміжним кутом в плані $j = 27-30^\circ$.

З метою єдиного підходу до складання поперевної технології всі заготовки, що обробляються на токарних верстатах з ЧПУ можна розділити на чотири основні групи:

- 1) що не мають додаткових форм поверхонь;
- 2) що мають додаткові форми поверхонь, і що вимагають лише чистову обробку;
- 3) що мають додаткові форми поверхонь і що вимагають чорнову і чистову обробку;
- 4) що мають додаткові форми поверхонь і вимагають чорнову і чистову обробку, а також додаткові форми поверхонь, що вимагають лише чистову обробку.

На токарних верстатах з ЧПУ послідовність переходів обробки наступна:

- а) попередня (чорнова) обробка основних ділянок поверхоньдеталі: підрізування торців, центрування перед свердлінням отворів діаметром до 20 мм, свердління (якщо використовуються два свердла, то спочатку свердлом більшого діаметру), розсвердлування отворів, точіння (напівчистова обробка) зовнішніх поверхонь, а потім розточування внутрішніх поверхонь;

б) обробка додаткових ділянок поверхонь деталі (окрім канавок для виходу шліфувального круга, різьблення і т. п.); у тих випадках, коли чорнова і чистова обробки внутрішніх поверхонь проводяться одним різцем, всі додаткові ділянки обробляють після чистової обробки;

в) остаточна (чистова) обробка основних ділянок поверхні деталі, спочатку внутрішніх, потім зовнішніх;

г) обробка додаткових ділянок поверхонь деталі, що не вимагають чорнової обробки: спочатку в отворах або на торцях, потім на зовнішній поверхні.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть принципи проектування технологічного процесу обробки;
2. Вимоги, які пред'являються до технологічності заготовок.

ПРОГРАМУВАННЯ В СИСТЕМІ 2Р22.

Лекція №24. Основні положення програмування системи 2Р22.

План

1. Пристрій системи ЧПУ 2Р22;
2. Принципи кодування і порядок побудови кадру;
3. Програмування частоти обертання шпинделя, подачі і позиції інструменту;

1. Пристрій системи ЧПУ 2Р22

Система ЧПУ 2Р22 призначена для видачі керуючої програми (УП) на виконавчі органи токарних верстатів. Ця система виконує такі функції: введення керуючої програми з клавіатури пульта управління або програмоносія; відпрацювання та редагування керуючої програми безпосередньо на верстаті; складання керуючої програми за зразком, коли обробка першої деталі ведеться в ручному, а обробка наступних деталей - в автоматичному режимі; введення постійних циклів в діалоговому режимі; використання складних циклів багатопрохідної обробки; висновок керуючої програми на програмоносій і виконання ряду інших функцій.

Більш розвинене в порівнянні з системою ЧПУ «Електроніка НЦ-31» функціональне програмне забезпечення, яке зберігається в постійній пам'яті пристрою, включення в нього складних циклів багатопрохідної обробки дозволяють зменшити обсяг введеної інформації і спростити складання керуючої програми.

Технічна характеристика системи ЧПУ 2Р22 приведена в табл. 2.

Таблиця 1.- Технічна характеристика пристрою ЧПУ 2Р22

Конструктивне виконання	Вбудоване (у вигляді окремих блоків)
Базова ЕОМ	Мікро ЕОМ «Електроніка 60 М»
Кількість управляючих координат	2
Найбільше количество одночасно управляемых координат	2
Вид інтерполяції	Лінійно-кругова
Дискретність задання переміщень, мм	0,001
Спосіб завдання розмірів в програмі	В абсолютній та відносній системах

Максимальне програмуєме переміщення, мм	9999,999
Режим роботи	Автоматичний, ручний ввід даних, пошук кадру, редагування, режим діалогу при формуванні УП по кадрам, вихід в початкову точку та ін.
Тип пристрою для вводу даних	Фотосчитиваючий пристрій (ФСР), клавіатура пульту керування (ПК), касетний накоплювач на магнітній ленті.
Тип пристрою для зберігання УП і керування ЧПУ, програми електроавтоматики та програми прив'язки системи до верстата.	Постійне програмуємий запам'ятовуючий пристрій (ППЗУ)
Час зберігання інформації в оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗП), год.	96
Корекція:	
Частоти обертання шпинделя	14–40 % з шагом 10%
Робочих подач	0–12 % з шагом 1 %
Індикація даних	На блоці відображення символічної інформації (БВІ)
Типи керуємих приводів:	
Головного руху	Регулюємий
Подач	Следящий
Граничні значення швидкостей робочого органу мм/хв:	
робочих подач	До 5000 (при нарізанні різі до 10000)
Холостих переміщень	До 15000
Максимальний крок різі, що нарізується, мм	40
Характеристика джерела живлення:	
рід тока	Перемінний, трьохфазний
напруга, В	380
частота, Гц	50±1

2. Принципи кодування і порядок побудови кадру

Введення керуючої програми в пам'ять пристрою ЧПУ 2P22 можливий з пульта управління (рис. 17) або програмоносія. Призначення клавіш пульта управління наведено в табл. 3. Як програмоносії використовують магнітну або восьмидорожечну паперову стрічку шириною 25,4 мм.

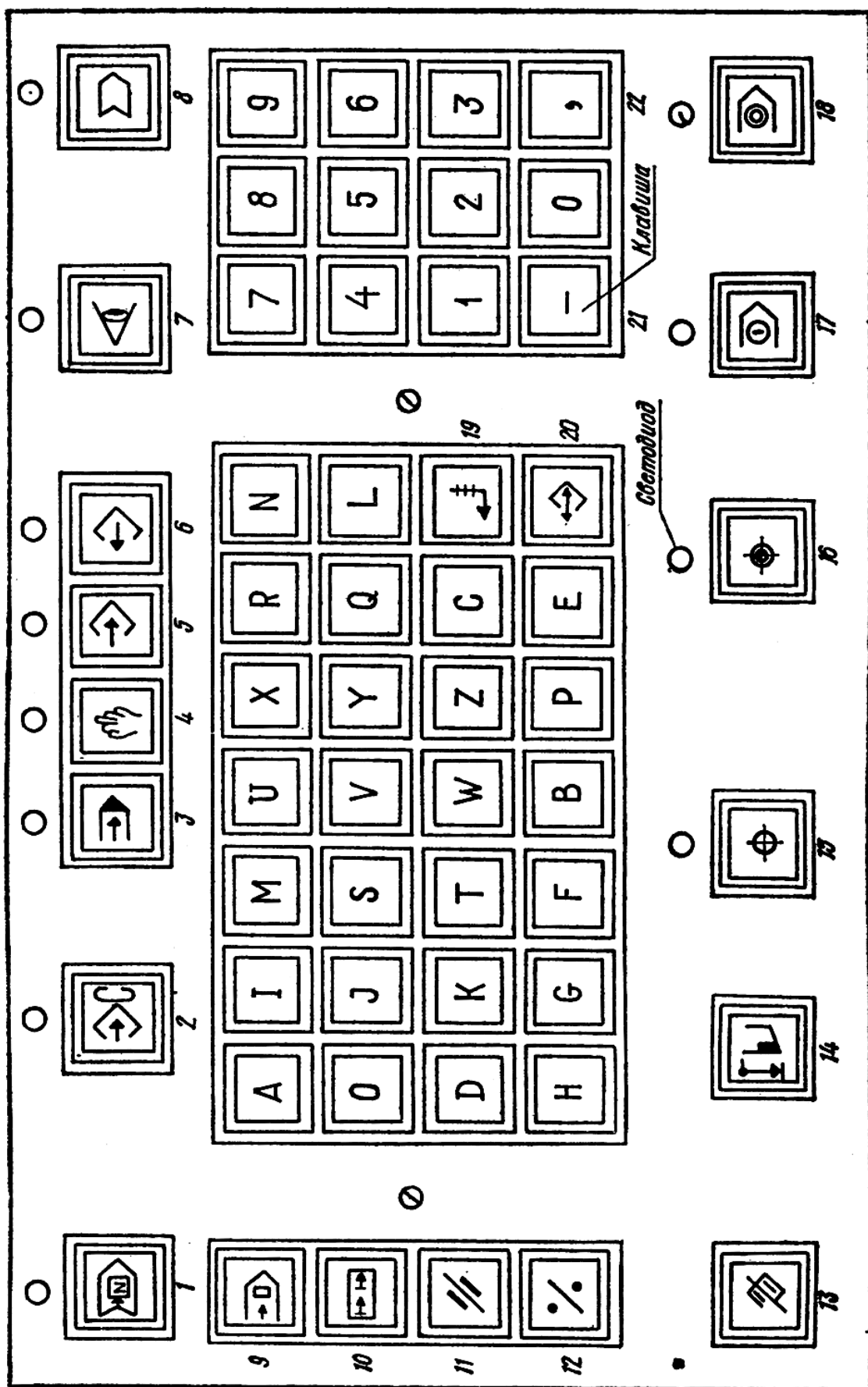
Програма складається з послідовно записаних кадрів, тобто складових частин керуючої програми, що вводяться і відпрацьовуються як одне ціле і містять не менше однієї команди.

Кожен кадр починається з порядкового номера N, складається з змінного числа слів (складових частин кадру, що містять дані про параметри процесу обробки) і закінчується символом «кінець кадру». Кожне слово складається з символу - адреси і наступної за ним групи цифр. Адреса визначає призначення цифр в кадрі. В одному кадрі не можна програмувати два слова однієї адреси.

Структура слова визначається форматом, в якому вказують розташування адреси, знак і число геометричній або технологічній інформації в складі слова, кількість збережених цифр до і після коми й іншу інформацію.



Мал.26 – Пульт керування системи 2P22



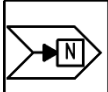
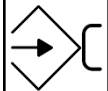
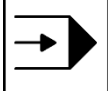
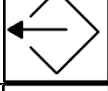
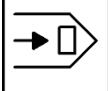
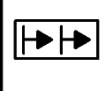
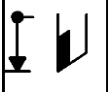
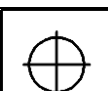
Для пристрою ЧПУ 2P22 формати слів такі: N03; X + 043; Z + 043; U + 043; W + 043; F023; T2; M2; S1-4; D043; Z + 043; Q4-043; R + 0 43; B3; H3; L2; P11; A11; E; G2. Після адрес N, T, M, S, B, H, L, G в форматі записують одну цифру, яка ніколи кількість цифр в слові. Якщо нулі, що стоять перед першою значущою цифрою, можна опустити, то після адреси записують дві цифри, перша з яких нуль. Після адреси слова, що містить розмірні переміщення A, P, X, U, R, Z, W, D, C, Q, F, записують дві цифри, перша з яких показує кількість розрядів перед, а друга - після коми, або три цифри, перша з яких нуль, що дозволяє опустити нулі перед першою значущою цифрою.

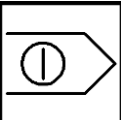
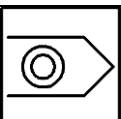
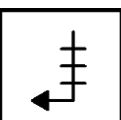
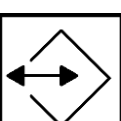
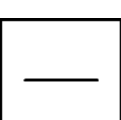
Якщо абсолютні розміри завжди позитивні, то між адресою та наступним за ним числом не ставлять ніякого знака, якщо вони можуть бути по-позитивним або негативним, то між адресою та наступним за ним числом ставлять знак «+». Наприклад, N03 - тризначний номер кадру. Незначущі нулі перед номером можна не набирати: N125, N012 (або N12), N003 (або N3). Геометричну інформацію, тобто значення координат кінцевих опорних точок ділянок траєкторій по осях X і Z, або збільшень U, W по осях X (U) або Z (W), записують наступним чином: X043; Z - 0,43; U0,643; W0,43. Незначущі нулі на початку і в кінці геометричній інформації, а також знак «+» можуть опускатися. Наприклад, переміщення по осі Z в точку з координатою +36,18 мм записують Z36,18; переміщення по осі Z на 364,583 мм до передньої бабці - W - 364,583; переміщення по осі X до Ø 12,38 мм - X12,38; переміщення по осі X на 0,16 мм до осі центрів - U - 0,16.

Час витримки задають за адресою D з точністю до 0,001 с. Наприклад, час витримки 2 з записують D2.

Подачу робочого органу задають за адресою F, постійні цикли - за адресою L, допоміжні технологічні команди - за адресою M, підготовчі функції - за адресою G (табл. 4 - 6). Обов'язковою умовою кінця керуючої програми є наявність в останньому кадрі команди M02.

Таблиця 2. - Призначення клавіш пульта управління системи ЧПУ 2P22

Номер клавіші	Символ клавіші	Призначення
1		Пошук кадру (зупинка в кінці кадру зі світловою індикацією)
2		Ввід констант (зі світловою індикацією)
3		Автоматичний режим
4		Ручне керування (зі світловою індикацією)
5		Ввід (зі світловою індикацією)
6		Вивід (зі світловою індикацією)
7		Діагностика стану верстата (зі світловою індикацією)
8		Введення УП на зовнішній носій інформації (зі світловою індикацією), а також висновок УП з нього
9		Зрушення кадру в УП
10		Зрушення фрази в кадрі
11		Очищення пам'яті (стирання кадру або його частини)
12		Початок програми (корекція)
13		Скидання пам'яті
14		Введення програми за зразком
15		Вихід в початкове положення (зі світловою індикацією)

16		Вихід в фіксовану точку верстата (зі світловою індикацією)
17		Пуск УП (зі світловою індикацією)
18		Стоп УП (зі світловою індикацією)
19		Повернення каретки
20		Введення даних (переклад рядка)
21		Завдання знака «мінус»
22		Завдання знака «кома»

Таблиця 3. - Позначення і призначення постійних циклів

Назва циклу	Призначення
L01	Нарізування зовнішньої або внутрішньої циліндричної, конічної, багатопрхідної, однопрхідної різьблення
L02	Проточування прямокутних канавок
L03	Зовнішня обробка за схемою «петля»
L04	Внутрішня обробка за схемою «петля»
L05	Торцева обробка за схемою «петля»
L06	Глибоке свердління
L07	Нарізування різьблення мітчиком або плашкою
L08	Чорнова обробка з припуском і без нього
L09	Обробка поковок
L10	Чистова обробка
L11	Повторення ділянки програми

Таблиця 4 - Позначення і призначення допоміжних технологічних функцій

Назва функції	Призначення
M00	Програмована зупинка
M01	Зупинка з підтвердженням
M02	Кінець керуючої програми
M08	Включення охолодження
M09	Вимкнення охолодження
M17	Кінець опису деталі для циклів L08, L09, L10
M18	Кінець ділянки програми, що повторюється в циклі L11
M20	Передача управління роботу РТК

Таблиця 5. - Позначення і призначення підготовчих функцій

Назва функції	Призначення
G05	Використовується для сполучення елементів контуру, коли в кінці кадру не потрібно гальмування (при сполученні контурів)
G10	Задається перед кадрами, для яких необхідна постійна швидкість різання (частота обертання змінюється автоматично в залежності від діаметра)
G11	Скасовує дію функції G10
G12	Зміна інструменту не в початковому положенні
G94	Завдання робочої подачі в міліметрах за хвилину
G95	Завдання робочої подачі в міліметрах на оборот шпинделя

3. Програмування частоти обертання шпинделя, подачі і позиції інструменту.

Частота обертання шпинделя задається за адресою S, після якого записують діапазон (1-3), знак напрямку обертання шпинделя і частоту обертання.

Знак мінус означає обертання шпинделя за годинниковою стрілкою (зворотне обертання). Запис S3 - 1500 показує, що обраний третій діапазон і

шпиндель обертається з частотою 1500 об/хв. за годинниковою стрілкою, а запис S2 150 - обраний другий діапазон, а шпиндель обертається з частотою 150 об/хв. проти годинникової стрілки (пряме обертання).

Величину подачі робочого органу задають за адресою F. Наприклад, запис F0,25 показує, що подача становить 0,25 мм / об, запис F1 - подача 1 мм/об.

Поворот різцетримача восьмипозиційної багаторізцевої автоматичної головки для установки інструменту в робочу позицію задають за адресою T, після якого записують номер позиції.

Наприклад, запис T6 показує, що на робочу позицію встановлюється інструмент, що знаходиться в шостому гнізді поворотного різцетримача.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні характеристики пристрою системи ЧПУ 2P22;
2. Назвіть принципи кодування і порядок побудови кадру в системі УЧПУ 2P22;
3. Як програмується частота обертання шпинделя, подача і позиції інструменту;

Лекція №25. Програмування лінійної та кругової інтерполяції. Програмування дуг, фасок, галтелей. Розробка КП.

План

1. Програмування лінійних переміщень;
2. Програмування обробки конічних поверхонь і зняття фасок під кутом 45^0 ;
3. Програмування обробки по дузі кола;
4. Типові циклограми вершини різця.

1. Програмування лінійних переміщень;

Залежно від нанесення розмірів на кресленні деталі і послідовності обробки лінійні переміщення можуть бути задані в абсолютній або відносній системах відліку. Переміщення по осі X в абсолютній системі відліку задається адресою X і координатою кінцевої точки шляху щодо нульової

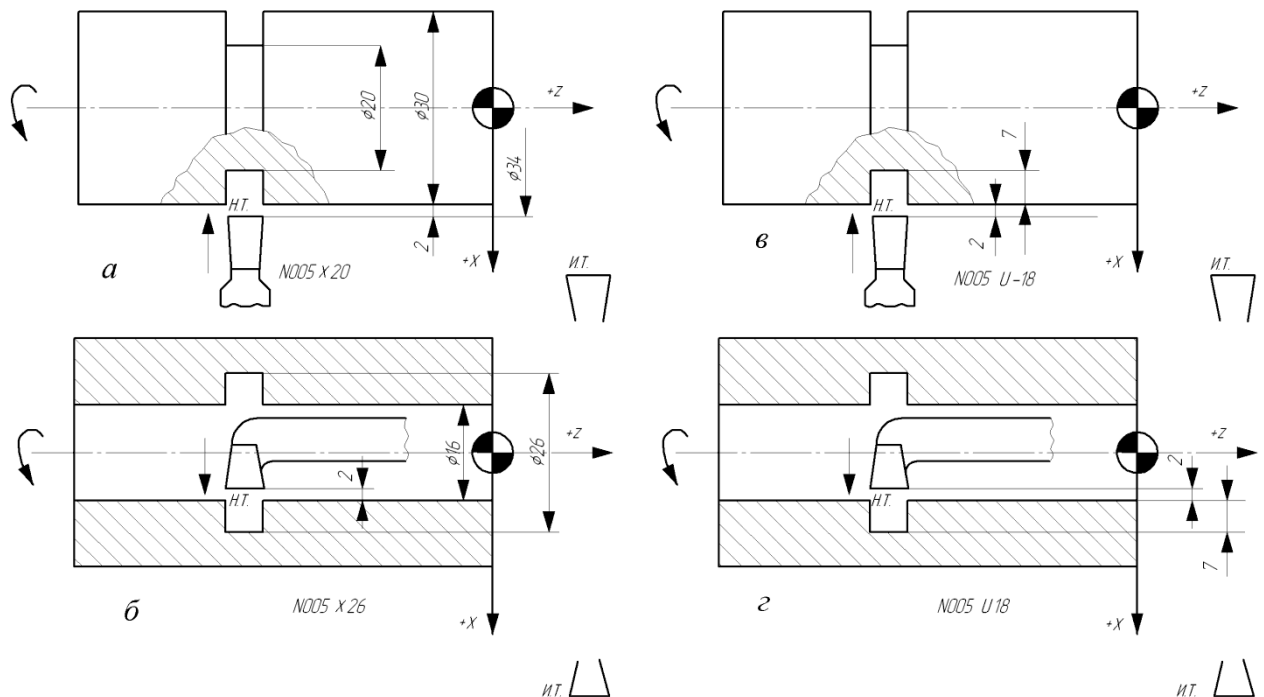
точки деталі. Координати в абсолютній системі по осі X задаються на діаметр.

Наприклад, запис кадру N005 при лінійному переміщенні різця по координаті X в абсолютній системі відліку має вигляд:

N005 X20 - для проточування зовнішньої канавки до $\varnothing 20$ мм (рис. 18, а)

N005 x26 - при проточування внутрішньої канавки (рис. 18, б).

Без завдання робочої подачі лінійне переміщення не реалізується, тому в одному з попередніх кадрів керуючої програми повинна бути задана подача.



Мал. 28. Приклад програмування лінійних переміщень по осі X в абсолютній системі відліку (а, б) і в відносній системі відліку (в, г)

У відносній системі відліку переміщення по осі X задається адресою U і числовим значенням цього переміщення, яке представляє собою різницю координат кінцевої і початкової точок щодо нульової точки ($X_2 - X_1$).

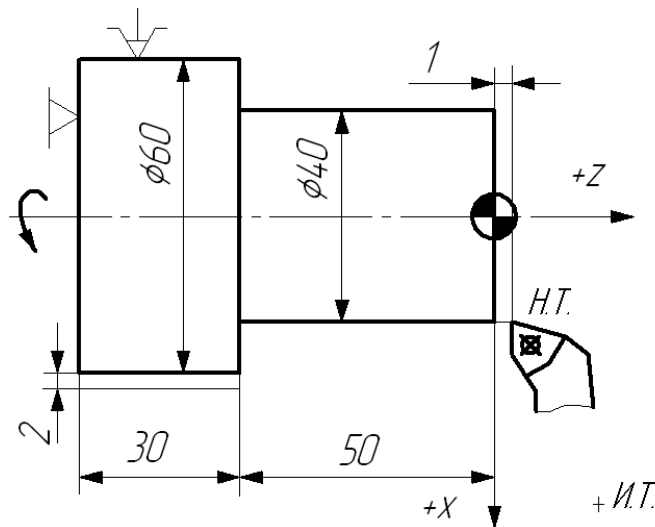
Якщо різець переміщається від оператора до шпинделя верстата, перед числовим значенням переміщення ставлять знак мінус. Знак плюс опускають.

При проточуванні зовнішньої канавки (рис. 18, в) переміщення різця по осі X одно $(2 \text{ мм} + 7 \text{ мм}) \times 2 = 18 \text{ мм}$. Запис кадру у відносній системі відліку має вигляд: N005 U-18.

Аналогічно для проточування внутрішньої канавки (рис. 18, г) запис кадру можна представити таким чином: N005 U18.

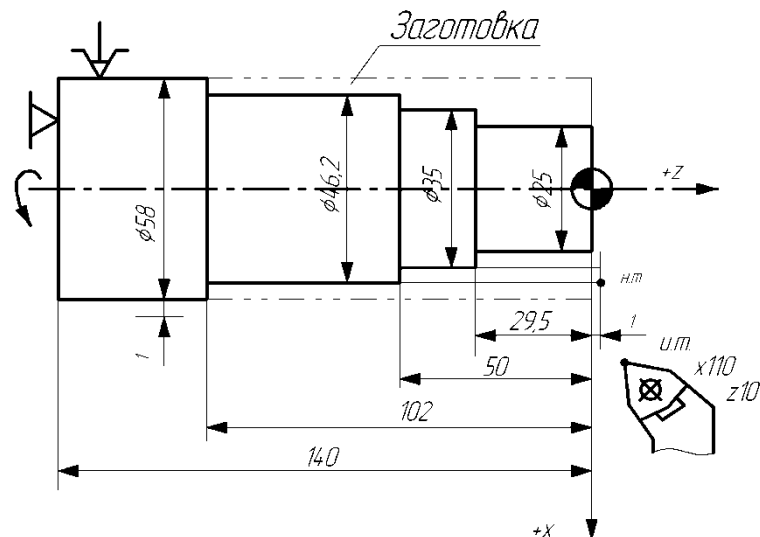
Переміщення по осі Z в абсолютній системі задаються адресою Z і координатою кінцевої точки шляху з її знаком щодо нульової точки деталі. Переміщення по осі Z у відносній системі задається за адресою W . Числове значення переміщення одно збільшенню координат сусідніх опорних точок ($Z_2 - Z_1$). Напрямок руху в обох системах визначається відповідним знаком. В абсолютній системі ставиться знак координати, в яку відбувається переміщення. У відносній системі перед числовим значенням переміщення ставиться знак мінус, якщо переміщення відбувається в сторону, протилежну позитивного напрямку осі Z .

Наприклад, переміщення різця з початкової точки Н.Т. з координатами $X = 40$ мм, $Z = 1$ мм до точки з координатами $X = 40$ мм, $Z = -50$ мм (рис. 19) в абсолютній системі записується кадром N008 Z-50, а у відносній системі - кадром N008 W-51.



Мал. 29. Програмування лінійних переміщень різця по осі Z в абсолютній і відносній системах відліку.

Керуюча програма з лінійними переміщеннями, записаними в абсолютній системі відліку для обробки заготовки з прокату діаметром 58 мм при частоті обертання шпинделя - $n = 500$ об/хв. і подачі $S = 0,3$ мм/об (рис. 20), має такий вигляд :



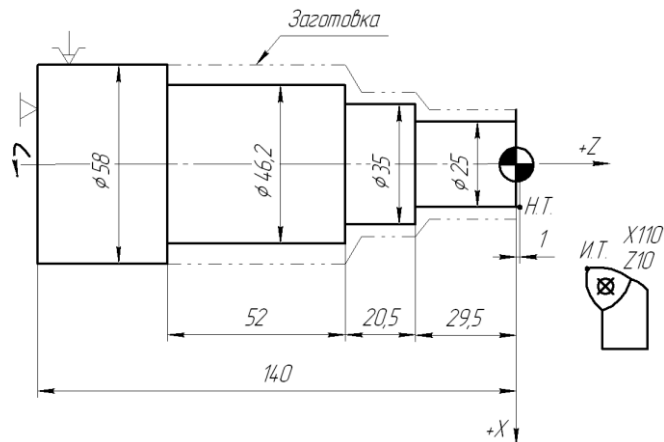
Мал. 30. Ескіз ступеневої валика з нанесенням розмірів

для програмування обробки в абсолютній системі відліку.

N01 T1S2 500 F0,3	Револьверна головка встановлюється в першу позицію, другий діапазон, $n = 500$ об/хв, $S = 0,3$ мм/об.
N02 X46,2 Z1E	Підхід різця до П.Т. (X46,2; Z1) прискорене (Для обробки 1-го ступеня).
N03 Z-102	Точіння $\varnothing 46,2$ мм на довжину 102 мм.
N04 X60	Відведення різця по осі X до $\varnothing 60$ мм.
N05 Z1E	Відхід різця по осі Z прискорено в точку $Z = 1$ мм.
N06 X39 E	Підведення різця по осі X до $\varnothing 39$ мм прискорено (1-й робочий хід по 2-го ступеня).
N07 Z-50	Точіння $\varnothing 39$ мм на довжину 50 мм.
N08 X48	Відведення різця по осі X до $\varnothing 48$ мм.
N09 Z1E	Відхід різця по осі Z прискорено в точку $Z = 1$ мм.
N10 X35E	Підведення різця по осі X до $\varnothing 35$ мм прискорено (2-й робочий хід на 2-го ступеня).
N11 Z-50	Точіння $\varnothing 35$ мм на довжину 50 мм.
N12 X48	Відведення різця по осі X до $\varnothing 48$ мм.
N013 Z1E	Відхід різця по осі Z прискорено в точку $Z = 1$ мм.
N014 X25E	Підведення різця по осі X до $\varnothing 25$ мм прискорено.
N015 Z-29,5	Точіння $\varnothing 25$ мм на довжину 29,5 мм.
N016 X37	Відведення різця по осі X до $\varnothing 37$ мм.
N017 M02	Кінець керуючої програми (останов шпинделя, відведення різця прискорено в вихідну точку (І.Т.) спочатку по осі X, потім по осі Z).

У кадрах однієї і тієї ж програми, що управляє переміщенням, можна записувати в абсолютній і відносній системі відліку. Наприклад, в програмі

для обробки заготовки з штампування при $n = 500$ об/хв, $S = 0,3$ мм/об (рис. 21) кадр N002 записаний в абсолютній, а кадри N003 - N008 - у відносній системі відліку.



Мал. 31. - Ескіз валіка для програмування обробки
у відносній системі відліку.

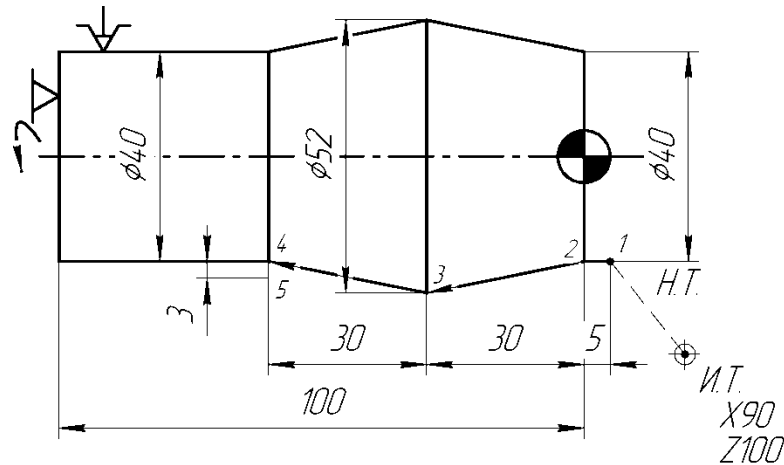
N001 T1 S2 500 F0,3	Різець T1, другий діапазон, $n = 500$ об / хв, $s = 0,3$ мм / об.
N002 X25 Z1E	Підхід різця до Н. Т. (X25, Z1) прискорено.
N003 W-30,5	Точіння шийки $\varnothing 25$ мм на довжину 29,5 мм.
N004 U10	Точіння торця до $\varnothing 35$ мм.
N005 W-20,5	Точіння шийки $\varnothing 35$ мм на довжину 20,5 мм.
N006 U11,2	Точіння торця до $\varnothing 46,2$ мм.
N007 W-52	Точіння шийки $\varnothing 46,2$ мм на довжину 52 мм.
N008 U13,8	Точіння торця до $\varnothing 60$ мм.
N009 M02	Кінець керуючої програми (останов шпинделя, відведення різця прискорено в початкове положення спочатку по осі X, потім по осі Z).

2. Програмування обробки конічних поверхонь ізняття фасок під кутом 45°

При програмуванні обробки конічних поверхонь лінійні переміщення по осях X і Z задають в одному кадрі. У цьому кадрі керуючої програми вказують координати кінцевої точки переміщення вершини різця з урахуванням знаків. Такий спосіб програмування обробки конічних поверхонь, включаючи і обробку фасок, є найбільш універсальним, так як дозволяє програмувати обробку з будь-яким кутом конусності.

Якщо різець має радіусу вершину, то при переході від циліндричної до конічної поверхні по осях X і Z необхідна корекція на координати кінцевої опорної точки.

Керуюча програма для обробки деталі з прямим і зворотним конусом (мал. 32) має вигляд:



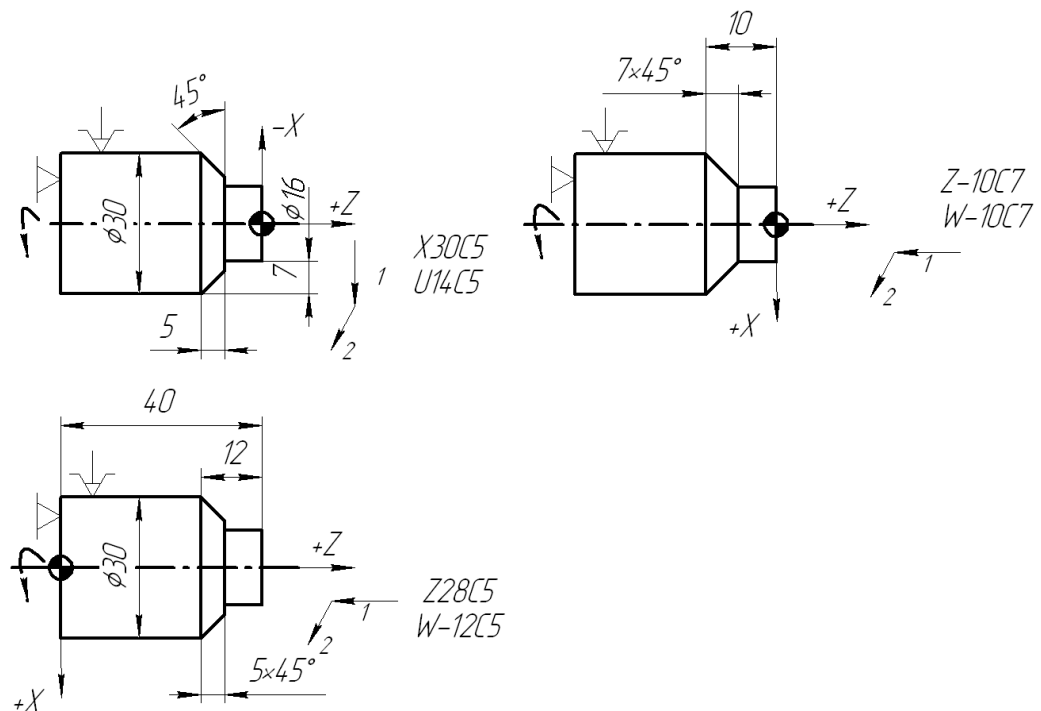
Мал. 32- Ескіз обробки деталі зі зворотнім конусом

N001 T1 S3 600 F0,25	Різець T1, третій діапазон, $n = 600$ об/хв, $S = 0,25$ мм/об.
N002 X40 Z5 E	Підхід різця до точки 1 з координатами $X = 40$, $Z = 5$ прискорено.
N003 Z0	Переміщення різця на робочій подачі в точку з координатами $X = 40$, $Z = 0$.
N004 X52 Z-30	Точіння прямого конуса на робочій подачі.
N005 U-12 W-30	Точіння зворотного конуса на робочій подачі, переміщення по координатах X і Z задано у відносній системі відліку.
N006 X54 E	Відведення різця до діаметра 54 мм прискорено.
N007 M02	Кінець керуючої програми; повернення різця в I.T.

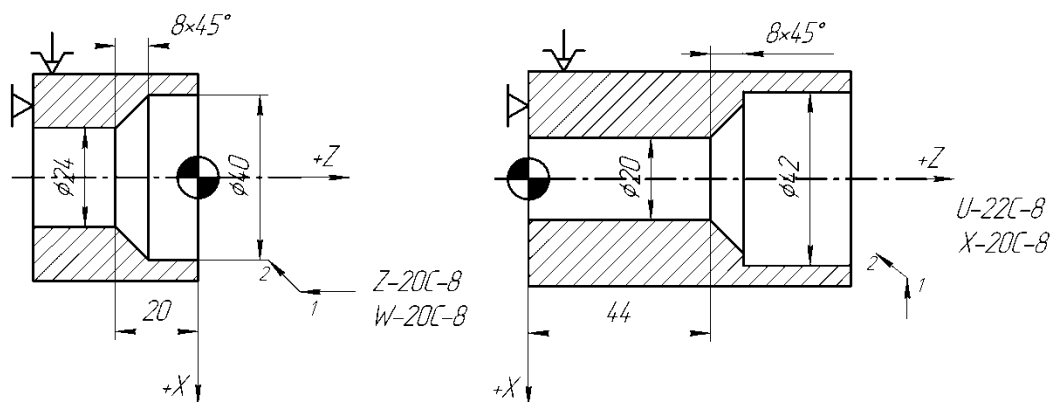
Для зняття фасок під кутом 45° можна використовувати й інший спосіб програмування. При цьому способі обробку фаски під кутом 45° задають кадром, в якому вказують такі дані: одну з координат, по якій йде обробка до фаски (X або Z); числове значення цієї координати, відповідне кінцевій точці

переміщення з урахуванням фаски зі знаком, що визначає напрямок переміщення; адреса C і число, що визначає величину фаски. Знак перед числом під адресою C відповідає знаку обробки по координаті X. Напрямок по координаті Z задається тільки в негативну сторону.

Приклади програмування зняття фасок в абсолютній і відносній системах відліку наведені на рис. 23 і рис. 24.



Мал. 33. Приклад запису в кадрах керуючої програми обробки фасок при зовнішньому точінні: 1 - рух, що передуює обробці фасок; 2 - напрямок руху по осі X при обробці фаски.

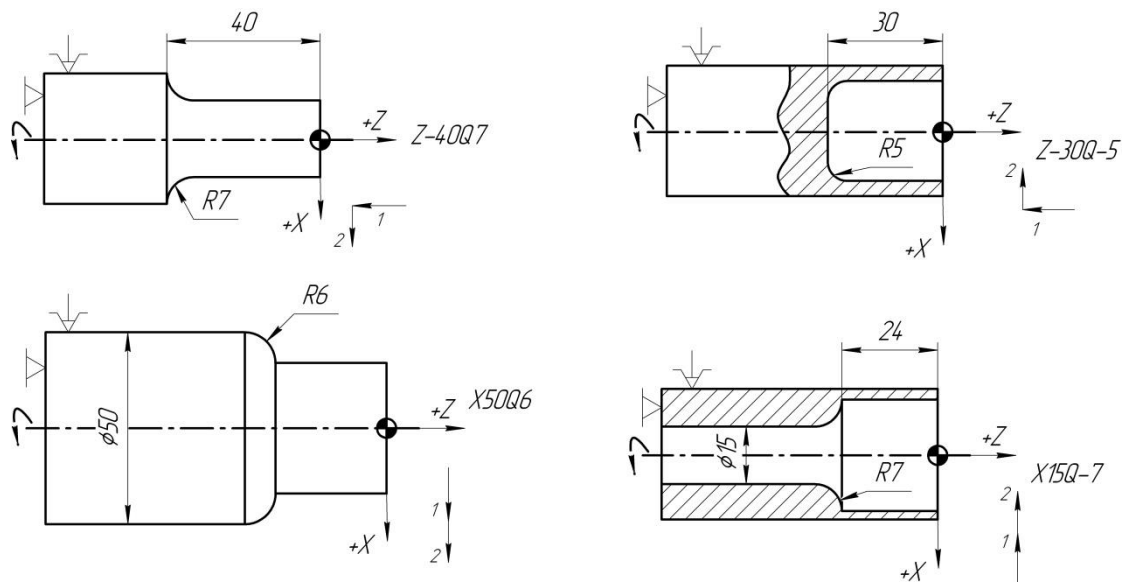


Мал. 34. Приклади запису в кадрах керуючої програми розточування фасок: 1 - напрямок руху, попереднє обробці фаски, 2 - напрямок руху по осі X при обробці фаски

3. Програмування обробки по дузі кола

Кадр керуючої програми, за яким програмують обробку галтелі і заокруглення (дуга окружності з кутом 90°), містить такі дані: позначення координати, по якій йде обробка деталі перед жолобником або округленням (X або Z); числове значення координати кінцевої точки переміщення з урахуванням галтелі або заокруглення зі знаком, що вказує напрямок переміщення; адреса Q і числове значення радіуса галтелі або заокруглення. Знак перед числовим значенням під адресою Q повинен збігатися зі знаком обробки по координаті X. Напрямок по координаті Z задають тільки в негативну сторону.

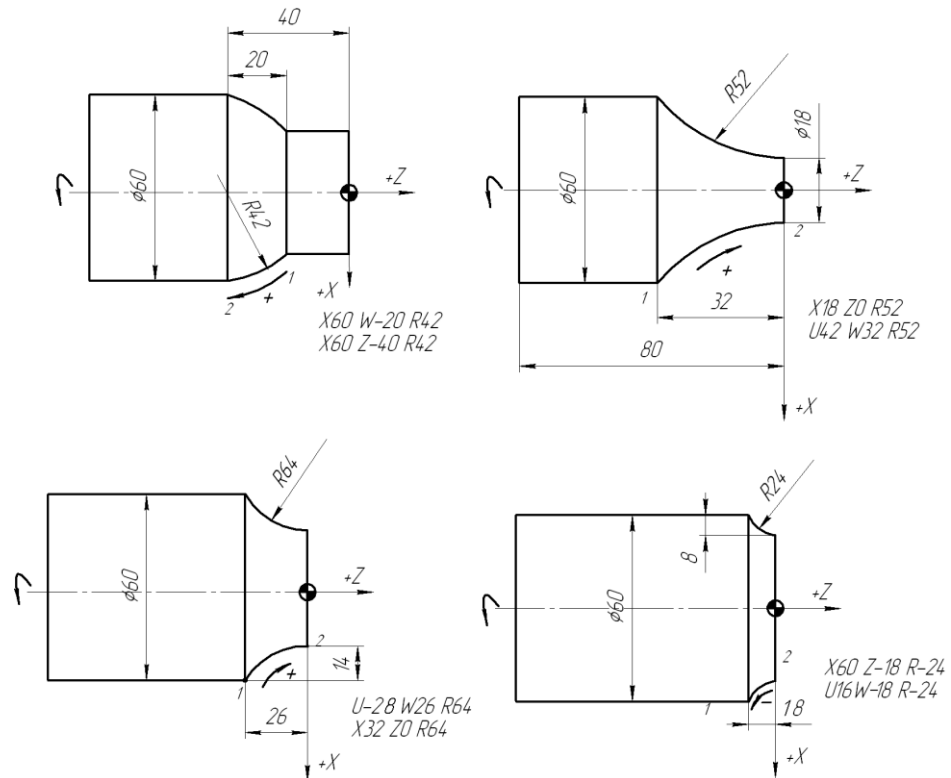
Приклади запису обробки галтелей і заокруглень в абсолютній і відносній системі відліку наведені на рис. 25.



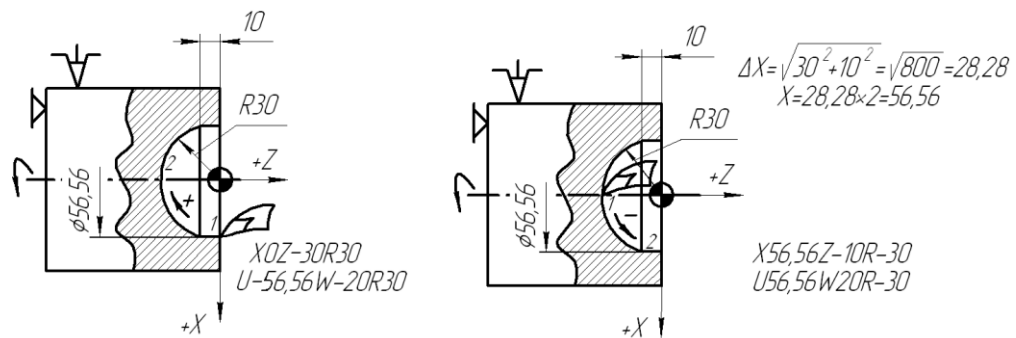
Мал. 35. Приклади запису в кадрах керуючої програми обробки галтелей і заокруглень: 1 - напрямок руху до галтелі або заокруглення; 2 - напрям галтелі або заокруглення по осі X

Кадр керуючої програми, яким програмують обробку дуг окружності в межах кута до 90°, містить позначення координат кінцевої точки дуги (X і Z), числові значення координат кінцевої точки дуги в абсолютній або відносній системах, адреса R і числове значення радіуса дуги зі знаком плюс при обробці за годинниковою, мінус - проти годинникової стрілки.

Приклади запису кадрів керуючої програми для обробки дуг окружності наведені на рис. 26 і рис. 27.



Мал. 36. Приклади запису обробки зовнішніх поверхонь по дузі кола (в межах кута до 90°)

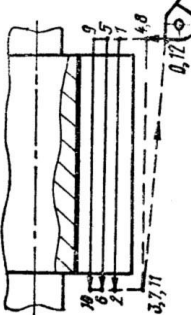
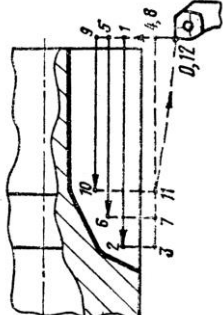
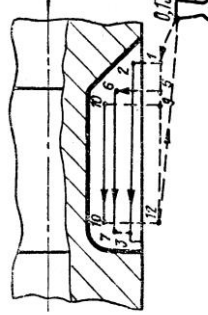
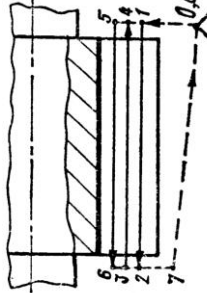
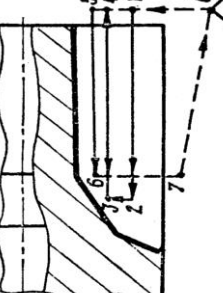
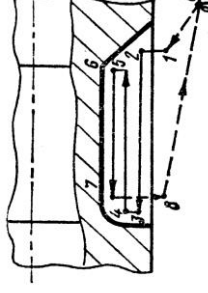
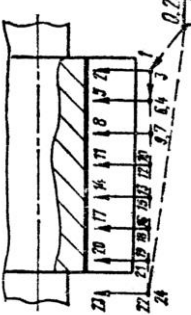
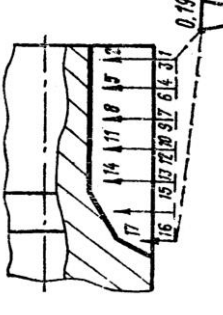
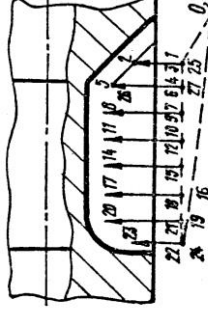
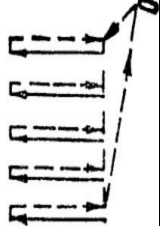


Мал. 37. Приклади запису обробки внутрішніх поверхонь по дузі кола (в межах кута до 90°)

4. Типові циклограми вершини різця

Залежно від конфігурації деталі розрізняють відкриті, напіввідкриті і закриті припуски. Для зрізання припуску застосовують типові циклограми вершини різця, такі як «петля», «зигзаг» і «спуск» (табл.1).

Таблиця 6. - Типові циклограми вершини різця.

Вид припуску			Схема циклограмми
відкритий	напіввідкритий	закритий	
			«петля» Петля 
			
			
			«зигзаг» зигзаг 
			«спуск» спуск 

Схему «петля» використовують при побудові траєкторії руху провідних і інших різців, які працюють в одному напрямку. Схема «зигзаг» призначена для обробки відкритих припусків двохкромочної і чашковими різцями, які допускають різання в прямому і зворотному напрямку. За схемою «спуск» виконують протачівання прорізними різцями канавок і інших елементів поверхонь, недоступних для обробки прохідними різцями. Схеми обробки прямокутної канавки і канавки з фасками канавочним різцем, ширина якого дорівнює ширині канавки, а також багатопрохідного

протачівання канавки різцем вужчим, ніж обробляється канавка, наведені на мал. 40.

Питання для самоконтролю

1. Як програмуються лінійні переміщення в системі УЧПУ 2P22?
2. Як програмується обробка конічних поверхонь і зняття фасок під кутом 45° ?
3. Як програмується обробка по дузі кола?
4. Назвіть типові циклограми вершини різця.

Лекція №26. Цикли обробки різі L1, цикл обробки канавки L2, програмування за циклами L3,L4,L5,L6.

План

1. Цикл нарізування різьблення L 01;
2. Цикл обробки канавок L02;
3. Цикл однопрохідного зовнішнього точіння за схемою «петля» L03;
4. Цикл однопрохідного внутрішнього точіння за схемою «петля» L04;
5. Цикл однопрохідної торцевої обробки за схемою «петля» L05;
6. Цикл глибокого свердління L06.

1. Цикл нарізування різьблення L 01

В системі ЧПУ 2P22 реалізовані одинадцять постійних циклів, що забезпечують обробку часто зустрічаються елементів контуру деталі при використанні набору певних траєкторій руху інструменту. Кожен постійний цикл записується одним кадром і вводиться в пам'ять системи ЧПУ в режимі діалогу.

Нарізування зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних різьб з автоматичним поділом на проходи програмують постійним циклом L01.

Перед програмуванням нарізування різьблення задають початкову точку циклу з наступними координатами:

X - дорівнює зовнішньому діаметру різьби при нарізанні зовнішньої різьби і внутрішньому - при нарізанні внутрішньої різьби;

Z - дорівнює значенню координати початку різьблення збільшеному на величину рівну або більше подвійного кроку різьблення (для забезпечення розгону приводу).

Структура циклу має вигляд:

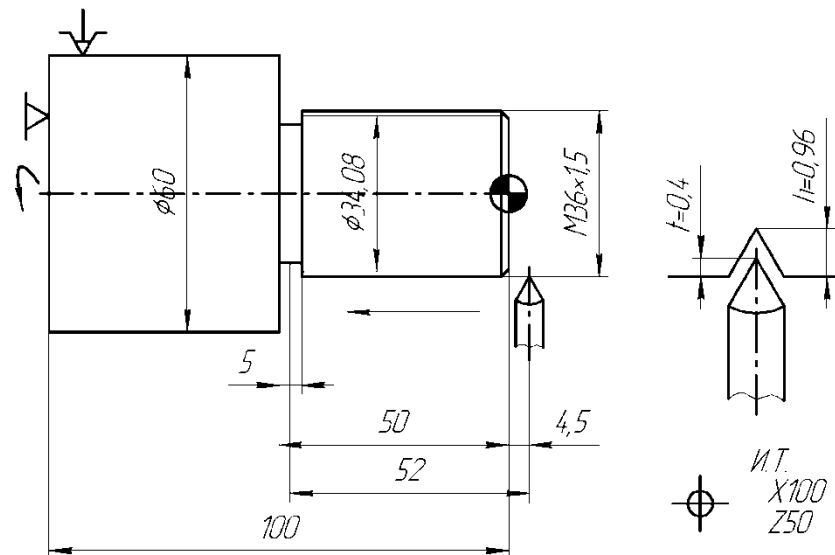
L01, F, W, X, A, P, C,

де F - крок різьби; W - довжина різьби; X - внутрішній діаметр різьби при нарізанні зовнішньої різьби або зовнішній діаметр різьби при нарізанні внутрішньої різьби; A - нахил різьблення, тобто різницю діаметрів для конічної різьби (для циліндричного різьблення $A = 0$); P - максимальна глибина різання за один прохід (на радіус); C- сбеґ різьблення (запис C1 означає, що стік дорівнює кроку різьблення, C0 - стік відсутній).

Внутрішній діаметр різьби визначається за таблицями для різьби. При багатопрхідному циклі параметр P приймають менше глибини різьблення, а при однопрхідному - рівним глибині різьби. Параметр A програмують без знака, W - зі знаком мінус.

При багатопрхідному циклі нарізування різьблення перед кожним черговим робочим ходом різець автоматично зміщується з координування Z вліво або вправо для того, щоб відбувалося різання однією різальною кромкою різця. Останній прохід різець виконує двома ріжучими крайками. На останньому витку здійснюється вихід різця (різьблення зі стоком).

Керуюча програма для нарізування зовнішньої циліндричної різьби M36 $\times$ 1,5 (рис. 30) має такий вигляд:

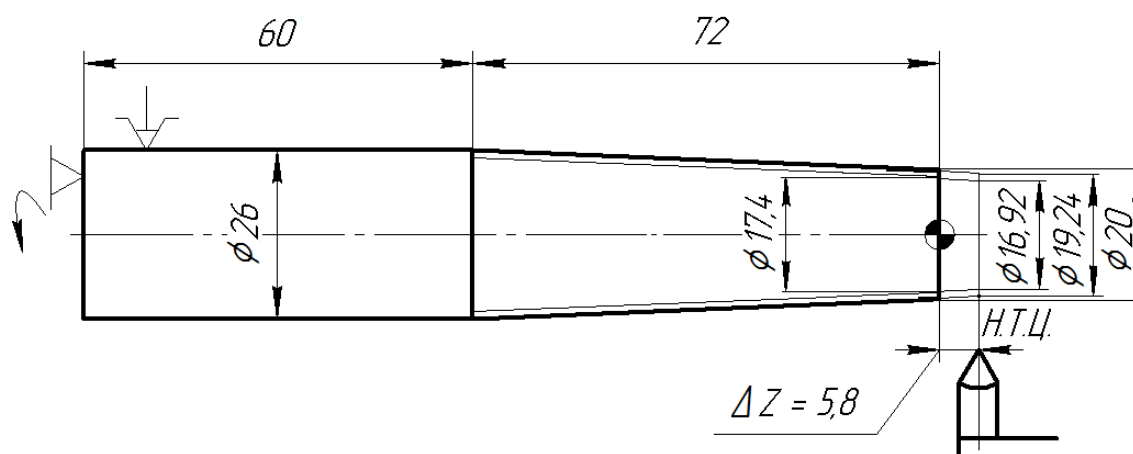


Мал. 38. Схема до програмування нарізування різьблення $M36 \times 1,5$ по циклу L01.

N001 T3 S3 600 F0,4	Різець Т3 - різьбовий, третій діапазон. Технологічні параметри: $n = 600$ об / хв; $S = 0,4$ мм / об.
N002 X38 Z4,5 E	Підведення різця до заготовки прискорено, одночасно по двох координатах. Між торцем деталі і вершиною різця відстань становить 4,5 мм, що перевищує подвоєний крок різьблення.
N003 X36 M08	Вивідрізця в початкову точку циклу, включення подачі MOP.
N004 L01 F1,5 W-57 X34,08 A0 P0,4 C0	Постійний цикл резьбонарезания L01, крок різьблення - 1,5 мм, величина переміщення різця з урахуванням виходу в канавку - 57 мм, внутрішній діаметр різби - 34,08 мм; A0 - нахил різьблення відсутня; P - глибина різання за перший прохід (на радіус) становить 0,4 мм; C0 - різьблення без збігу.
N005 M09	Вимкнення подачі MOP.
N006 M02	Кінець керуючої програми, повернення в I.T.

Для нарізування зовнішньої конічної різби (діаметри на меншому і більшому торці відповідно - 20 і 26 мм, довжина - 72 мм, крок - 2 мм, внутрен-ний діаметр на меншому торці - 17,4 мм) вибирають величину

повітряного зазору - $\Delta Z = 5,8$ мм (див. рис. 16) і визначають зовнішній і внутрішній діаметри різьби в початковій точці циклу (Н.Т.Ц.) (рис. 31).



Мал. 39. - Схема до нарізування зовнішньої конічної різьби по циклу L01.

Керуюча програма для нарізування конічного різьблення має вид:

N001 T1 S3 643 F0,3	Різець T1 - різьбовий, третій діапазон, $n = 580$ об / хв; $S = 0,2$ мм / об.
N002 X19,24 Z5,8 E	Підведення різця до заготівлі прискорено, одночасно по двох координатах. Між торцем деталі і вершиною різця відстань становить 4,5 мм, що перевищує подвоєний крок різьблення.
N003 M08	Включення подачі MOP.
N004 L01 F2 W-77,8 X16,92 A6 P0,2 C1	Постійний цикл резьбонарізання L01, крок різьблення - 2 мм, величина переміщення різця з урахуванням повітряного зазору - 77,8 мм, внутрішній діаметр різьби в початковій точці циклу - 16,92 мм; нахил різьблення; - A6, глибина різання за прохід - 0,2 мм; сбеґ різьблення - C1 (на довжині одного кроку).
N004 M09	Вимкнення подачі MOP.
N006 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

2. Цикл обробки канавок L02

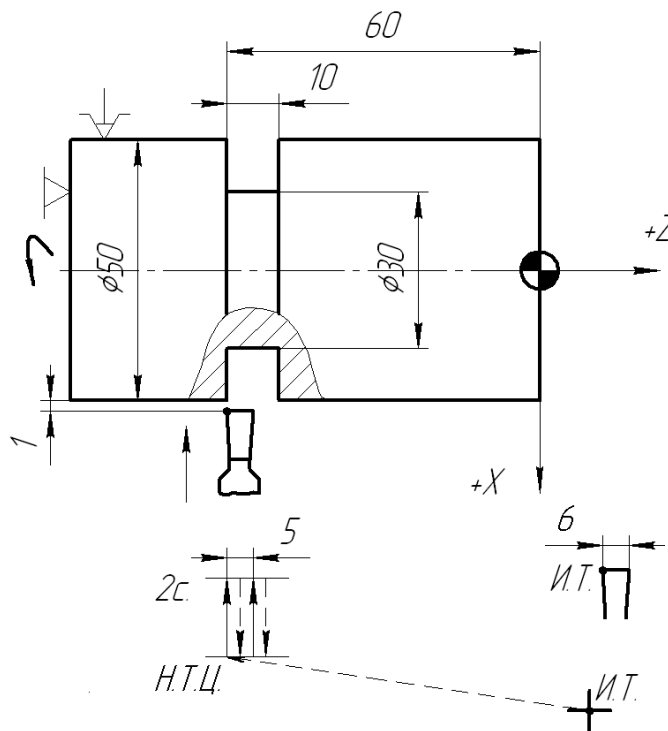
Обробка канавок з автоматичним поділом на проходи виконують з використанням постійного циклу L02.

Структура циклу має вигляд:

L02, D, X, A, P,

де, D - витримка часу в кінці робочого ходу; X - внутрішній діаметр канавки, мм; A - ширина канавки, мм; P - ширина ріжучої кромки різця, мм.

Цикл включає переміщення різця на робочій подачі до координати X, витримку часу (адреса D), його повернення в вихідну точку циклу на швидкому ході, зміщення по координаті Z в позитивну сторону на величину P (процес повторюється стільки раз, скільки потрібно для досягнення ширини канавки A) (рис. 32).



Мал. 40. - Схема для програмування точіння канавки по циклу L02

Для обробки канавки з перекриттям параметр P задають менше ширини різця, а параметр A зменшують на цю різницю ($A - P$). Для однокрохідної обробки канавки параметр $P = A$. Цикл завершується прискореним відведенням по осі X в початкову точку циклу. Причому по осі Z різець залишається в точці останнього робочого ходу. Керуюча програма для точіння канавки шириною 10 мм має вигляд:

N001 T2 S3 700 F0,2	Різець T2 - канавковий, третій діапазон, режими різання: $n = 700 \text{ об / хв}$, $s = 0,2 \text{ мм / об}$.
N002 X52 Z-60 E	Прискоренепідведення різця до початкової точки циклу (Н.Т.Ц.) одночасно по двох координатах.
N003 L02 D2 X30 A9 P5	Цикл L02 протачівання канавки з витримкою часу в кінці робочого ходу - 2 с, внутрішнім діаметром - 30 мм, шириною - 10 мм, різцем з шириною ріжучої кромки - 6 мм.
N004 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т

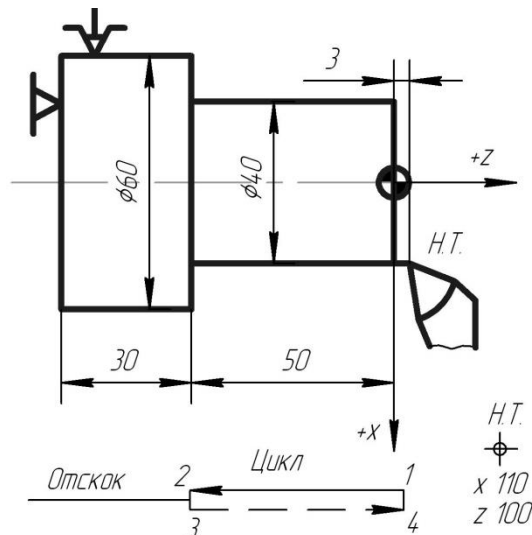
3. Цикл однопрохідного зовнішнього точіння за схемою «петля» L03

Однопрохідне зовнішнє точіння заготовки по координаті Z з автоматичним поверненням в початкову точку програмується циклом L03. Структура циклу має такий вигляд:

L03, W,

де W - довжина петлі.

Цикл включає переміщення на робочій подачі по осі Z на довжину W з урахуванням знака, відскік від заготовки на 1 мм по осі X і повернення прискорено в початкову точку циклу Н.Т.Ц (рис. 33).



Мал 41. - Схема до програмування зовнішнього точіння деталі по циклу L03

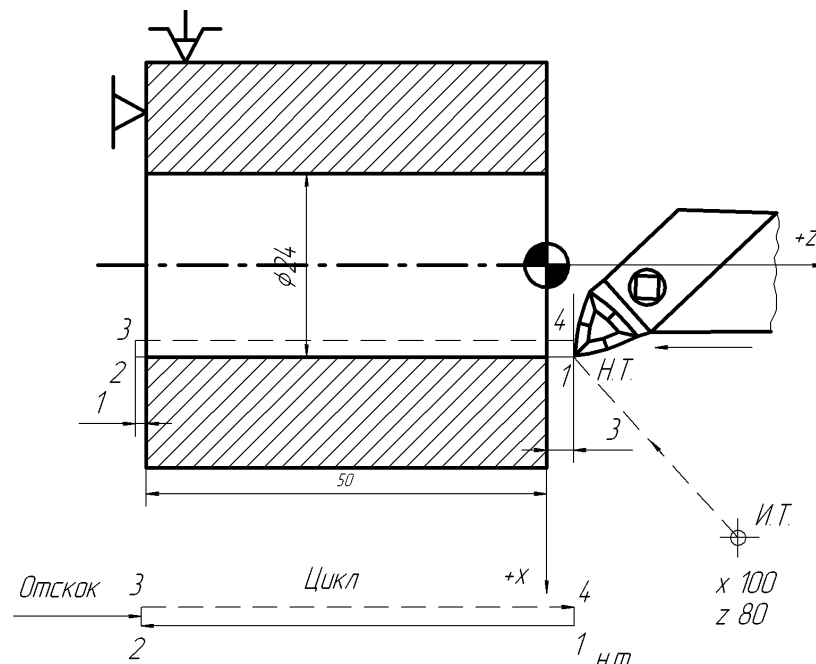
Керуюча програма для зовнішнього точіння по циклу L03 має вигляд:

N001 T1 S3 1100F0,3	Різець T1 - прохідний завзятий, третій діапазон, режими різання: $n = 1100$ об / хв, $S = 0,3$ мм / об.
N002 X40 Z3 E	Прискорений підведення різця до початкової точки циклу (Н.Т.Ц.) одночасно по двох координатах.
N003 L03 W-53	Цикл L03, що включає переміщення з точки 1 в точку 2 на робочій подачі, відскок на 1 мм в точку 3, відведення прискорено в точку 4, а потім в точку 1.
N004 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

4. Цикл однопрохідного внутрішнього точіння за схемою «петля» L04

Однопрохідне внутрішнє точіння заготовки по координаті Z з автоматичним поверненням в початкову точку програмується постійним циклом L04. Структура циклу має такий вигляд: L04,W,

де W -довжина петлі.
Цикл включає переміщення на робочій подачі по осі Z на величину W з урахуванням знака, відскік на 1 мм по осі X від заготовки і повернення на швидкому ході в початкову точку циклу Н.Т.Ц. (Рис. 34).



Мал. 42. - Схема до програмування растачивания деталі по циклу L04

Цикл L04 подібний циклу L03, відмінність полягає лише в напрямку відскоку. При зовнішньому точінні відскік виконується в позитивному напрямку осі X, а при внутрішньому точінні - в негативному напрямі осі X.

Координати початкової точки циклу L04 приймаються рівними: по осі X - діаметру отвору після обробки, по осі Z - величиною повітряного зазору.

Запис керуючої програми для однопрохідного розточування отвори із застосуванням циклу L04 має наступний вигляд:

N001 T1 S3 600 F0,3	Різець T1 - розточний, третій діапазон, режими різання: $n = 600$ об / хв., $S = 0,3$ мм / об.
N002 X24 Z3 E	Прискорений підведення різця до початкової точки циклу (П.Т.Ц.) одночасно по двох координатах.
N003 L04 W-54	Цикл L04, що включає переміщення з точки 1 в точку 2 на робочій подачі, відскік на 1 мм в точку 3, переміщення прискорено з точки 3 в точку 4, а потім в точку 1.
N004 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

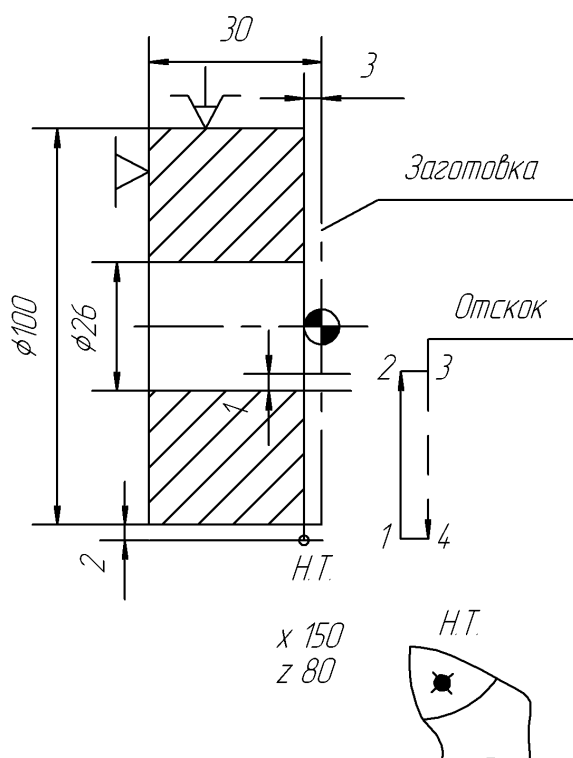
5. Цикл однопрохідної торцевої обробки за схемою «петля» L05

Одноразове підрізання торців з автоматичним поверненням в початкову точку програмується постійним циклом L05. Структура циклу має вигляд:

L05X,
де X - кінцевий діаметр підрізати торці.

В процесі обробки торцевої поверхні деталі в міру зміни діаметра відбувається пропорційне зміна швидкості різання. Система ЧПУ 2P22 забезпечує автоматичне безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя з метою підтримання сталості швидкості різання. Для цього перед циклом L05 необхідно задати функцію G10, а після його виконання - функцію G11, що скасовує дію функції G10. Цикл L05 містить переміщення на робочій подачі по осі X до заданого

діаметра, відскік на 1 мм по координаті Z в позитивну сторону, повернення прискорено в П.Т.Ц. (Рис. 35).



Мал. 43. - Схема до програмування торцевої обробки деталі по циклу L05

Керуюча програма обробки торцевої поверхні деталі, представленої на рис. 35, має наступний вигляд:

N001 T1 S3 700 F0,25	Різець T1 - підрізної, третій діапазон, режими різання: $n = 700$ об / хв, $s = 0,25$ мм / об.
N002 X104 Z-3 E	Прискорений підведення різця до початкової точки циклу (Н.Т.Ц.) одночасно по двох координатах.
N003 G10	Завдання постійної швидкості різання.
N004 L05 X24	Цикл L05, що включає підрізання торця на робочій подачі (переміщення з точки 1 в точку 2), відскік на 1 мм (точка 3), переміщення прискорено з точки 3 в точку 4, а потім в точку 1.
N005 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

6. Цикл глибокого свердління L06

Отвір є глибоким, якщо його довжина в п'ять і більше разів перевищує діаметр.

Свердління глибоких отворів виконують з періодичним виведенням свердла для видалення стружки, його охолодження і зняття напружень поздовжнього вигину. Програмування такої обробки на верстаті з ЧПУ проводиться із застосуванням постійного циклу глибокого свердління з автоматичним поділом на проходи - L06.

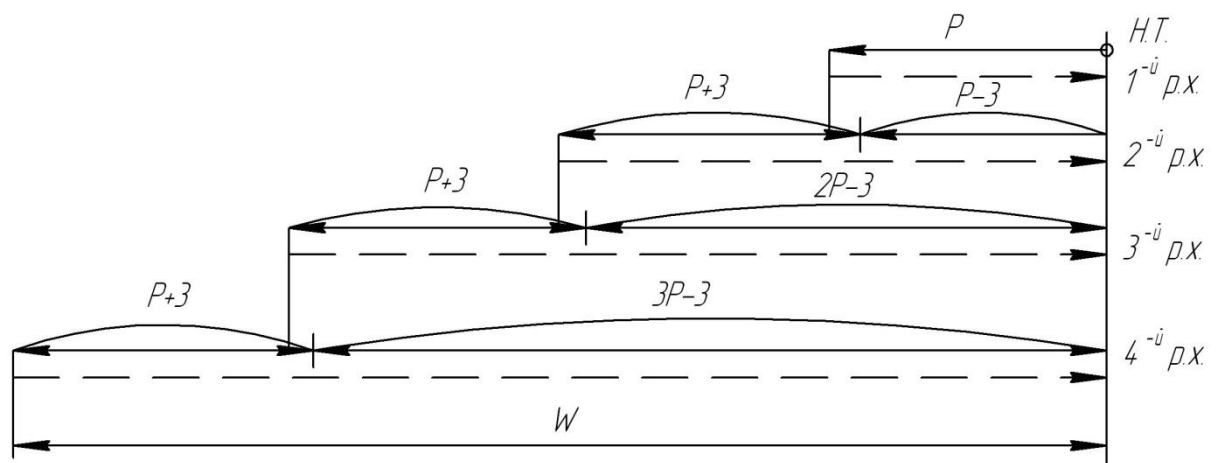
Структура циклу глибокого свердління має вигляд:

L06, P, W,

де P - глибина свердління за один робочий хід; W - загальна глибина свердління з урахуванням повітряного зазору і перебігаючи.

Початкова точка циклу приймається на осі отвору із забезпеченням повітряного зазору по осі Z.

Цикл включає переміщення інструменту на робочій подачі на довжину P, повернення на швидкому ході в початкову точку циклу (Н.Т.Ц.), переміщення на швидкому ході в точку, відстаючу від точки попереднього свердління на 3 мм, переміщення на робочій подачі на величину $(P + 3)$ мм і т. д. до досягнення необхідної глибини свердління W. в кінці циклу інструмент виводиться в Н.Т.Ц (рис. 36).



Мал. 44. - Схема циклу L06 глибокого свердління отвору.

Керуюча програма для глибокого свердління отвору довжиною 170 мм має наступний вигляд:

N001 T4 S2 200 F0,35	Свердло в позиції T4, другий діапазон, режими різання: $n = 200$ об / хв, $S = 0,35$ мм / об.
N002 X0 Z6 E	Прискорений підведення свердла до початкової точки циклу (Н.Т.Ц.) одночасно по двох координатах.
N003 L06 P45 W-180	Цикл L06, що включає свердління отвору на глибину 45 мм за один прохід, прискорене виведення свердла в Н.Т.Ц., прискорене переміщення по осі Z на 42 мм, свердління отвору на глибину 90 мм за другий прохід і т.д. (Переміщення свердла за чотири проходу становить 180 мм).
N004 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть параметри циклу нарізування різьблення L 01;
2. Назвіть параметри циклу обробки канавок L02;
3. Назвіть параметри циклу однопрохідного зовнішнього точіння за схемою «петля» L03;
4. Назвіть параметри циклу однопрохідного внутрішнього точіння за схемою «петля» L04;
5. Назвіть параметри циклу однопрохідної торцевої обробки за схемою «петля» L05;
6. Назвіть параметри циклу глибокого свердління L06.

Керуюча програма для нарізування внутрішньої різьби $M27 \times 1,5$ мітчиком має наступний вигляд:

N001 T6 S2 120	Мітчик в позиції револьверної головки T6, другий діапазон, $n = 120$ об / хв.
N002 X0 Z6 E	Прискорений підведення мітчика до початкової точки циклу (Н.Т.Ц.) одночасно по двох координатах.
N003 L07 F1,5 W-106	Цикл L07, що включає переміщення мітчика з подачею 1,5 мм / об, на довжину 106 мм (з урахуванням повітряного зазору), реверс шпинделя і повернення мітчика в початкову точку циклу з подачею 1,5 мм / об.
N004 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

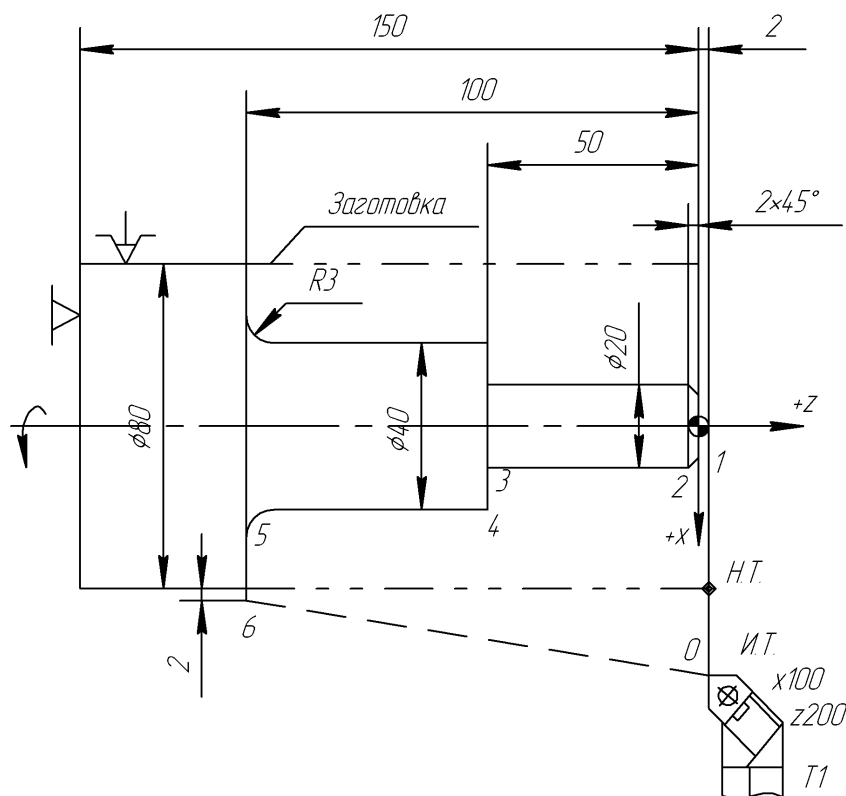
2. Цикли багатопрохідної обробки L08, L09

Багатопрохідна обробка циліндричних заготовок або заготовок з контуром близьким до контуру деталі (наприклад, поковок) з автоматичним поділом на проходи програмується відповідно циклами L08 і L09.

Структура постійних циклів L08 і L09 однакова і має такий вигляд:
L08 (L09), A, P,

де, A - припуск під чистову обробку (на діаметр) в мм (якщо чистової робочий хід не задається, то $A = 0$); P - максимальна глибина різання за один прохід (на радіус) в мм.

Цикли L08 і L09 застосовують для обробки деталей ступінчастою форми, у яких діаметри шийок збільшуються у напрямку до шпинделя при зовнішньому точінні (рис. 38) або зменшуються - при внутрішньою обробці.



Мал. 45. - Схема до програмування обробки ступеневої валика з циліндричної заготовки по циклу L08

Після програмування кадру, що містить ці цикли, необхідно запрограмувати опис кінцевого контуру деталі, яке може складатися з декількох кадрів, але не більше п'ятнадцяти. Кадри з фасками і галтелями вважаються за два. Деталь описують в сторону шпинделя. Ознакою закінчення опису контуру деталі служить функція M17. Припуск під чистову обробку по осі Z забезпечується автоматично і визначається шляхом ділення заданого припуску по діаметру на чотири.

Багатопрхідний цикл L08 зазвичай застосовується для чорнової обробки при використанні заготовки у формі циліндра. У цьому випадку кожен прохід виконується паралельно твірної циліндра.

Початковою точкою циклу L08 є початок заготовки. Якщо контур деталі починається з одного з елементів - фаски, галтелі або конуса, то необхідно на початку контуру програмувати умовну циліндричну щабель з діаметром рівним діаметру початку цього елемента.

Керуюча програма для обробки ступеневої валика з циліндричної заготовки з використанням циклу L08 має наступний вигляд:

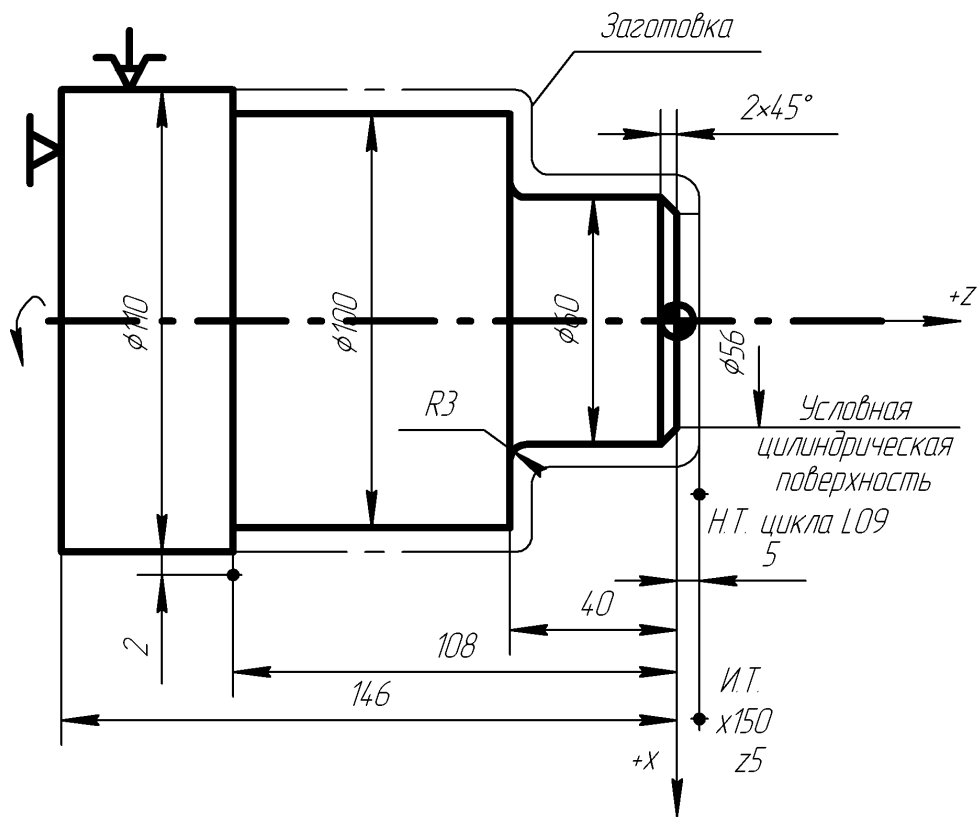
N001 T1 S2 500 F0,3	Різець T1 - прохідний завзятий, другий діапазон, режими різання: $n = 500$ об / хв, $S = 0,3$ мм / об.
N002 X80 Z2 E	Прискорений підведення різця до початкової точки циклу (Н.Т.Ц.) одночасно по двох координатах.
N003 L08 A0 P5	Цикл L08, що включає багатопрохідну обробку ступеневого валика без припуску під чистову обробку - A0 і глибиною різання за прохід - 5 мм.
N004 X16	Опис контуру деталі.
N005 Z0	
N005 X20 C2	
N006 Z-50	
N007 X40	
N008 Z-100 Q3	
N009 X84 M17	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.
N010 M02	

Для визначення значення координат початкової точки циклу L09 необхідно спочатку обчислити величини максимальних припусків по довжині на сторону і діаметру. Якщо учетверений припуск по довжині більше припуску по діаметру, то координату Хп.т.ц. знаходять як суму діаметра правого торця деталі і почетверений припуску по довжині, а координату Zп.т.ц. - Як суму координати Z торця деталі і припуску по довжині на сторону.

Коли вчетверенний припуск по довжині на сторону менше, ніж припуск по діаметру, то координатою Хп.т.ц. є сума діаметра правого торця деталі і припуску по діаметру, а координатою Zп.т.ц. - Сума координати Z торця деталі і припуску по діаметру, що ділиться на чотири.

Наприклад, для заготівлі (рис. 39) учетверенное припуск по довжині на сторону дорівнює 20 мм, тобто більше припуску по діаметру. Отже,

координата Хн.т.ц. буде дорівнює 80 мм ($60 + 20 = 80$ мм), а координата Zн.т.ц. = 5 мм.



Мал. 45. - Схема до програмування обробки ступеневої валика з поковки по циклу L09

Керуюча програма для обробки ступеневої валика з поковки представлена на рис. 39, по циклу L09 має наступний вигляд:

N001 T1S2 600 F0,32	Різець T1 - прохідний завзятий, другий діапазон, режими різання: $n = 600$ об / хв, $S = 0,32$ мм / об.
N002 X80 Z5 E M08	Прискорений підведення різця до початкової точки циклу (Н.Т.Ц.) одночасно по двох координатах, включення подачі MOP.
N003 G10	Завдання постійної швидкості різання.
N004 L09 A0 P3	Цикл L09, що включає багатопрохідний обробку ступеневої валика без припуску під чистову обробку - A0 і глибиною різання за прохід - 3 мм.
N005 X56	 Опис контуру деталі.
N006 Z0	
N007 X60 C2	
N008 Z-40 Q3	
N009 X100	
N010 Z-108	
N011 X114 M17	
N012 Z0 E	Відхід по осі Z на координату Z0 прискорено
N013 X62 E	Підведення по осі X на координату X62.
N014 X0 F0,25	Підрізання торця на робочій подачі 0,25 мм / об.
N015 Z1 M09	Відхід на координату Z1, вимикання подачі MOP.
N016 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

3. Цикл чистової обробки по контуру з заданого кадру L10

У тих випадках, коли при обробці з одного установа проводиться чорнове і чистове точіння, для спрощення програмування і зменшення обсягу

керуючої програми застосовують постійний цикл чистової обробки по контуру з заданого кадру L10. Структура циклу має такий вигляд:

L10, B,

де B - номер кадру початку повторення опису контуру деталі. Перед циклом необхідно запрограмувати початкову точку циклу, координати якої повинні збігатися з координатами початку кінцевого контуру. Ознакою кінця опису контуру деталі для циклу L10 є функція M17.

Керуюча програма для чорнової і чистової обробки ступеневої валика (див. Рис. 38) з використанням циклів L08 і L10 має вигляд:

N001 T1S2 500 F0,3	Різець T1 - чорновий прохідний завзятий, другий діапазон, режими різання: $n = 500 \text{ об / хв}$, $S = 0,3 \text{ мм / об}$.
N002 X80 Z2 E	Прискорений підведення різця T1 до початкової точки (Н.Т.Ц.) циклу L08 одночасно по двох координатах.
N003 L08 A1 P4	Цикл L08, що включає багатопрохідну чорнову обробку ступеневої валика з припуском під чистову обробку - 1 мм на діаметр і глибиною різання за прохід - 4 мм.
N004 X16	Опис контуру деталі.
N005 Z0	
N006 X20 C2	
N007 Z-50	
N008 X40	
N009 Z-100 Q3	
N010 X84 M17	
N011 T3 S2 870 F0,1	Різець T3 - чистової прохідний завзятий, другий діапазон, режими різання: $n = 870 \text{ об / хв.}$, $S = 0,1 \text{ мм / об}$.
N012 X16 Z2 E	Прискорений підведення різця T3 до заготівлі одночасно по двох координатах.
N013 Z0	Підведення різця T3 до початкової точки (Н.Т.Ц.) циклу L10
N014 L10 B4	Цикл L10, що включає чистову обробку валика по опису контуру деталі з кадру N004.
N015 M02	Кінець керуючої програми, повернення в І.Т.

4. Цикл повторення частини програми L11

Якщо однакові елементи розташовані на деталі через рівномірні проміжки (мають постійний крок), то їх програмування значно спрощується в разі застосування постійного циклу L11. Структура циклу має такий вигляд:

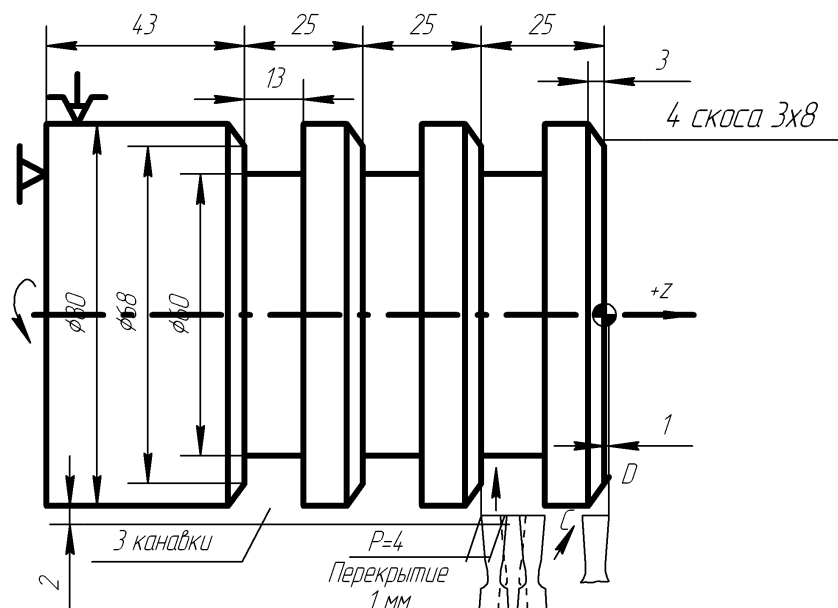
L11, N, B,

де, N - число повторень однакових елементів; B - номер кадру початку повторення.

Ознакою кінця ділянки програми, який буде повторюватися в циклі L11, є функція M18.

Перед циклом необхідно запрограмувати обробку одного повторюваного елемента контуру деталі. Причому програмувати цю обробку слід у відносній системі відліку.

Деталь, представлена на рис. 40, має три канавки і чотири скоса. У цій деталі спочатку обробляємо скіс на торці, потім - канавку з скосом і з використанням циклу L11 - дві що залишилися канавки з скосом.



Мал. 46. Схема для програмування циклу L11
(Проточування канавок зі скосом)

Керуюча програма має такий вигляд:

N001 T2S2 X520 F0,1	Різець T2 - канавковий, другий діапазон, режими різання: $n = 520$ об / хв., $s = 0,1$ мм / об.
N002X84 Z-3E	Прискорений підведення різця до заготівлі одночасно по двох координатах.
N003 X80	Підведення різця до заготівлі для обробки скоса.
N004 X60 Z0	Точіння скоса 3×6 мм на торці.
N005 X84 E	Відведення різця по осі X прискорено.
N006 W-25 E	Підведення різця до першої канавці по осі Z прискорено
N007 U-3	Підведення різця до першої канавці по осі X.
N008 L02 D0,5 X60 A12 P3	Цикл L02, що включає багатопрхідну обробку канавки. Різець виконує 4 проходу, зі зміщенням при кожному проході на 3 мм, забезпечуючи перекриття - 1 мм. В кінці кожного проходу забезпечується витримка часу - 0,5 с.
N009 W-12 E	Підведення різця по осі Z до скосу на першій канавці
N010 U-1	Підведення різця по осі X до точки початку скоса.
N011 U-12 W3	Висновок різця по осі X пришвидшити на діаметр 84 мм. Кінець ділянки програми для повторення.
N012 U16 E M18	Висновок різця по осі X прискорено на діаметр 84 мм. Кінець ділянки програми для повторення.
N013 L11 H3 B6	Цикл L11, що включає число повторень - 3, початок повторення з кадру N006.
N014 M02	Кінець керуючої програми, повернення в I.T.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть параметри циклу нарізування різьблення мітчиком або плашкою L07;
2. Назвіть параметри циклу багатопрхідної обробки L08, L09;
3. Назвіть параметри циклу чистової обробки по контуру з заданого кадру L10;
4. Назвіть параметри циклу повторення частини програми L11.

Список літератури

1. Мельничук П.П., Василюк Г.Д., Лоев В.Ю. Конструювання, розрахунок та експлуатація токарних верстатів з ЧПК. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 268 с.
2. Технологія автоматизованого виробництва: Підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович та ін. – Житомир: ЖДТУ, 2008 – 1014 с.
3. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. –Вінниця: ВНТУ, 2004. –91 с.
4. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник / За ред. Сіліна Р.І. Львів: Виробництво Державного університету "Львівська політехніка", 2000. -380 с.
5. Серебrenицкий П.П., Схиртладзе А.Г. Программирование для автоматизированного оборудования, М.: Высшая школа, 2003 – 592 с.
6. Ловыгин А.А., Васильев А.В., Кривцов С.Ю., Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система. – М.: Эльф ИПР, 2006 – 286 с.
7. Серебrenицкий П.П., Гжиров Р.И., Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. М.: Машиностроение, 1990, - 588 с.
8. Сотников В.И. Программирование на станках, оснащенных системой 2P22: учебное пособие для вузов. Орел, 2009, - 83 с.
9. Пикула А.Н. Руководство для подготовки рабочих станочных профессий к работе на станках, оснащенных системой управления «Sinumerik» - Краматорск: НКМЗ, 2008 – 84 с.
10. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы ЧПУ: Учебное пособие, - М.: Логос, 2005, - 296 с.
11. Пикула А.Н., Кочержинский А.И. Панель управления. Функциональные кнопки. Часть 1. Учеб. метод. пособие, ПАО НКМЗ, 2008, - 25с.
12. Пикула А.Н., Кочержинский А.И. Термины и основные понятия. Часть 2. Учеб. метод. пособие, ПАО НКМЗ, 2008, - 32с.
13. Пикула А.Н., Кочержинский А.И. Стандартные циклы Sinumerik 802D/810D/840D/840DI/. Учеб. метод. пособие, ПАО НКМЗ, 2008, - 25 с.