

ОСНОВИ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки
з виконання практичних занять з дисципліни для здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання
за спеціальностями А5.34 «Професійна освіта (Машинобудування)»,
А5.38 «Професійна освіта (Транспорт)»

Електронний ресурс

Рецензенти:

О. А. Пермяков – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологія машинобудування та металорізальні верстати, НТУ «ХПІ»;

А. М. Чернюк – кандидат тех. наук, доцент, завідувач кафедри електротехніки та електроенергетики, ННІ «УПА», ХНУ імені В. Н. Каразіна.

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 1 від 23 жовтня 2025 року)*

Основи обробки матеріалів : методичні вказівки з виконання практичних занять з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальностями А5.34 «Професійна освіта (Машинобудування)», А5.38 «Професійна освіта (Транспорт)» [Електронний ресурс] / уклад. О. Л. Кондратюк, В. О. Скоркіна, М. Г. Іщенко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025.– (PDF 228 с.)

У методичних вказівках розглядаються такі теми: «Будова токарно-гвинторізного верстата»; «Токарні різці. Геометрія, типи та призначення»; «Призначення операційних припусків та розрахунок операційних розмірів методом розмірних ланцюгів»; «Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку циліндричних поверхонь та розрахунок операційних виконавчих розмірів методом розмірних ланцюгів»; «Складання технологічного процесу механічної обробки заготовки»; «Розрахунок режимів різання при зовнішньому точінні»; «Розрахунок режимів різання при циліндричному фрезеруванні»; «Розрахунок режимів різання при торцевому фрезеруванні»; «Розрахунок режимів різання при свердлінні»; «Розрахунок режимів різання при шліфуванні»; «Нарізання зовнішньої та внутрішньої різьби»; «Визначення характеристик шліфувального круга для різних умов шліфування»; «Геометричні основи програмування на верстатах з числовим програмним керуванням»; «Технологічні основи програмування на верстатах з числовим програмним керуванням»; «Програмування постійних циклів для токарних верстатів з ЧПК»; «Розробка КП для токарної операції»; «Програмування постійних циклів при фрезерній, багатоінструментальній обробці на верстатах з ЧПК»; «Розробка КП для фрезерної, багатоінструментальній операції».

Методичні вказівки з виконання практичних занять призначено для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм здобуття освіти спеціальностей А5.34 «Професійна освіта (Машинобудування)», А5.38 «Професійна освіта (Транспорт)».

УДК 621.91.01(075.8)

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2025

© Кондратюк О. Л., Скоркіна В. О., Іщенко М. Г., уклад., 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1	8
1. Будова токарно-гвинторізного верстата	8
1.1 Основні теоретичні положення по темі заняття	8
1.2 Порядок виконання роботи	13
1.3 Контрольні запитання	13
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2	14
2. Токарні різці. Геометрія, типи та призначення	14
2.1 Основні теоретичні положення по темі заняття	14
2.2 Порядок виконання роботи	20
2.3 Контрольні запитання	20
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3	21
3. Призначення операційних припусків та розрахунок операційних розмірів методом розмірних ланцюгів	21
3.1 Основні теоретичні положення по темі заняття	21
3.1.1 Метод розмірних ланцюгів	23
3.2 Порядок виконання роботи	27
3.2.1 Приклад розв'язання задачі	27
3.3 Контрольні запитання	36
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4	37
4. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку циліндричних поверхонь та розрахунок операційних виконавчих розмірів методом розмірних ланцюгів	37
4.1 Основні теоретичні положення по темі заняття	37
4.2 Порядок виконання роботи	38
4.2.1 Приклад розв'язання задачі	38
4.3 Контрольні запитання	43
4.4 Індивідуальне завдання	43
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5	47
5. Складання технологічного процесу механічної обробки заготовки	47
5.1 Основні теоретичні положення по темі заняття	47
5.2 Порядок виконання роботи	54
5.2.1 Звіт до роботи	55
5.3 Контрольні запитання	55
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6	56
6. Розрахунок режимів різання при зовнішньому точінні	56

6.1.	Основні теоретичні положення по темі заняття	56
6.1.1	Загальні уявлення про процес точіння	56
6.2	Порядок виконання роботи	61
6.2.1	Умови для виконання завдання	61
6.2.2	Зразок виконання практичної роботи № 6 (Розрахунок режимів різання при зовнішньому точінні)	62
6.3	Контрольні запитання	67
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7		69
7.	Розрахунок режимів різання при циліндричному фрезеруванні	69
7.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	69
7.1.1	Загальні уявлення про процес циліндричного фрезерування	69
7.2	Порядок виконання роботи	76
7.2.1	Умови для виконання завдання	76
7.2.2	Зразок виконання практичної роботи №7 (Розрахунок режимів різання при циліндричному фрезеруванні)	77
7.3	Контрольні запитання	82
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8		85
8.	Розрахунок режимів різання при торцевому фрезеруванні	85
8.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	85
8.1.1	Загальні уявлення про процес торцевого фрезерування	85
8.2	Порядок виконання роботи	91
8.2.1	Умови для виконання завдання	91
8.2.2	Зразок виконання практичної роботи № 8 (Розрахунок режимів різання при торцевому фрезеруванні)	92
8.3	Контрольні запитання	96
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9		98
9.	Розрахунок режимів різання при свердлінні	98
9.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	98
9.1.1	Загальні уявлення про процес свердління	98
9.2	Порядок виконання роботи	105
9.2.1	Умови для виконання завдання	105
9.2.2	Зразок виконання практичної роботи № 9 (Розрахунок режимів різання при свердлінні)	107
9.3	Контрольні запитання	110
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10		113
10.	Розрахунок режимів різання при шліфуванні	113
10.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	113
10.1.1	Загальні уявлення про процес шліфування	113

10.2	Порядок виконання роботи	120
10.2.1	Умови для виконання завдання	120
10.2.2	Зразок виконання практичної роботи № 10 (Розрахунок режимів різання при шліфуванні)	121
10.3	Контрольні запитання	124
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 11		126
11.	Нарізання зовнішньої та внутрішньої різьби	126
11.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	126
11.2	Порядок виконання роботи	134
11.3	Контрольні запитання	134
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 12		135
12.	Визначення характеристик шліфувального круга для різних умов шліфування	135
12.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	135
12.2	Порядок виконання роботи	142
12.3	Контрольні запитання	143
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 13		144
13.	Геометричні основи програмування на верстатах з числовим програмним керуванням	144
13.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	144
13.2	Порядок виконання роботи	151
13.2.1	Завдання	151
13.3	Контрольні запитання	151
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 14		152
14.	Технологічні основи програмування на верстатах з числовим програмним керуванням	152
14.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	152
14.2	Порядок виконання роботи	160
14.2.1	Завдання	160
14.3	Контрольні запитання	160
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 15		161
15.	Програмування постійних циклів для токарних верстатів з ЧПК	161
15.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	161
15.2	Порядок виконання роботи	168
15.2.1	Завдання	168
15.3	Контрольні запитання	168
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 16		169
16.	Розробка КП для токарної операції	169

16.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	169
16.2	Порядок виконання роботи	171
16.2.1	Завдання	171
16.3	Контрольні запитання	172
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 17		172
17.	Програмування постійних циклів при фрезерній, багатокінструментальної обробці на верстатах з ЧПК	173
17.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	173
17.2	Порядок виконання роботи	177
17.2.1	Завдання	177
17.3	Контрольні запитання	177
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 18		178
18.	Розробка КП для фрезерної, багатокінструментальної операції	178
18.1	Основні теоретичні положення по темі заняття	178
18.2	Порядок виконання роботи	181
18.2.1	Завдання	181
18.3	Контрольні запитання	181
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ		182
ДОДАТКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ		183
	ДОДАТОК А (Моделі верстатів)	184
	ДОДАТОК Б (Вибір ріжучого інструменту)	195
	ДОДАТОК В (Вибір періоду стійкості ріжучого інструменту)	205
	ДОДАТОК Г (Вибір подачі)	206
	ДОДАТОК Д (Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах для розрахунку режимів різання при точінні)	210
	ДОДАТОК Е (Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах для розрахунку режимів різання при торцевому та циліндричному фрезеруванні)	214
	ДОДАТОК Ж (Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах для розрахунку режимів різання при шліфуванні)	216
	ДОДАТОК З (Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах для розрахунку режимів різання при свердлінні)	217
	ДОДАТОК К (Завдання для розробки КП на токарні операції)	219
	ДОДАТОК Л (Завдання для розробки КП на фрезерні, багатокінструментальні операції)	223

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки по виконанню практичних занять з дисципліни «Основи обробки матеріалів» розроблено для здобувачів вищої освіти спеціальності спеціальностей А5.34 Професійна освіта (Машинобудування) та А5.38 Професійна освіта (Транспорт) з метою формування фахових компетентностей у галузі технології механічної обробки матеріалів, експлуатації верстатного обладнання, а також програмування обробки на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Зміст вказівок охоплює основні теми, передбачені навчальним планом: будову токарно-гвинторізного верстата, типи та геометрію токарних різців, визначення операційних припусків та розрахунок розмірів методом розмірних ланцюгів, побудову технологічного процесу обробки заготовки, а також розрахунок режимів різання при різних видах механічної обробки — точінні, фрезеруванні, свердлінні, шліфуванні.

Окремий розділ методичних вказівок присвячено технологічним і програмним основам обробки на верстатах з ЧПК, включаючи програмування постійних циклів, розробку керуючих програм для токарної та фрезерної обробки, вибір параметрів та інструментів залежно від умов виробництва.

Методичні матеріали розроблено з урахуванням сучасних вимог до професійної підготовки педагогів інженерно-технічного профілю, які в подальшому здійснюватимуть підготовку кваліфікованих робітників та молодших спеціалістів у галузі машинобудування. Вказівки можуть бути використані як під час практичних занять, так і при самостійній роботі студентів, а також у підготовці до виконання лабораторних робіт, курсових і дипломних проєктів.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

1. БУДОВА ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА

Мета роботи: Ознайомлення з будовою верстата та формування навичок управління токарно-гвинторізним верстатом.

Знати: Будову верстата та розташування його частин.

Пристосування для закріплення заготовок.

Вміти: Включити верстат, переключати коробку швидкостей, закріплювати заготовку на верстаті, встановлювати величину подачі, працювати лімбами.

Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат, пристосування до нього, штангенциркуль, лінійка.

Основні теоретичні положення по темі заняття

Металорізальним верстатом називається машина, призначена для придання оброблюваній заготовці певної форми, розмірів, чистоти обробленої поверхні шляхом зняття стружки тим чи іншим металорізальним інструментом. На верстатах токарної групи виконується обробка різних деталей машин та механізмів, які мають переважно форму тіл обертання. При виготовленні цих деталей основним інструментом є різці різних типів. Крім різців також використовуються свердла, зенкери, розвертки, мітчики, плашки, ролики для рифлення та ін. Токарні верстати призначені для чорнової, напівчистої та чистої обробки точінням деталей які являють собою тіла обертання.

Не дивлячись на різноманітність типів, конструкцій та розмірів верстатів токарної групи, вони мають загальні вузли та деталі, які ми розглянемо на прикладі сучасного токарно-гвинторізного верстата 16К20 (рис. 1.1) який широко використовується на машинобудівних підприємствах та інших сферах, пов'язаних із ремонтом техніки, тощо.

Основними вузлами токарно-гвинторізного верстата являються: станина, передня бабка, коробка швидкостей, супорт, задня бабка, гітара змінних зубчатих коліс, коробка подач, ходовий гвинт, ходовий валик, опорні тумби (рис.1.1.)

Одним із важливих вузлів, пов'язаних з обробкою на токарному верстаті є затискний пристрій деталі – патрон. Цей вузол, або пристрій відповідає за затискання заготовки. Але насправді цей пристрій відповідає ще за базування за розмірами, якщо коротко, то патрон - це вузол, який відповідає за базування заготовки - це розмірний ланцюг, який закладає точність обробки деталі.

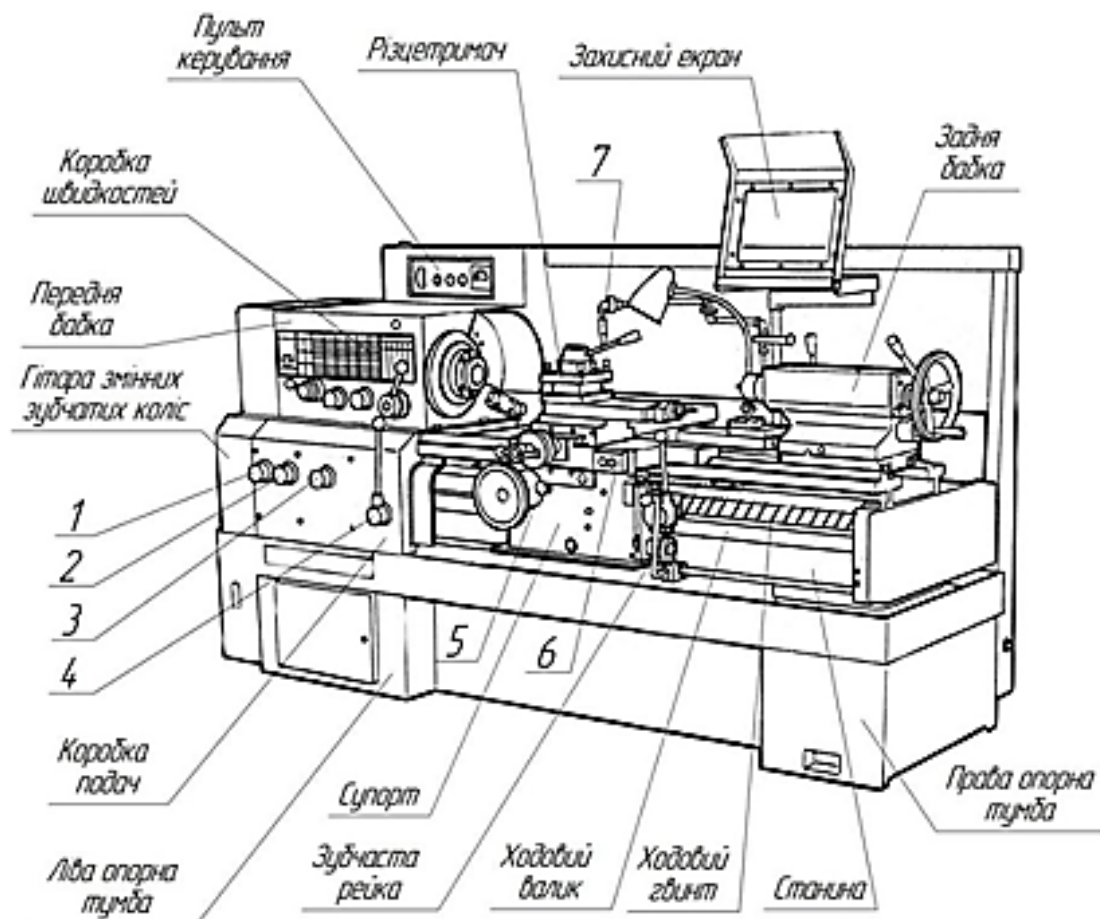


Рисунок 1.1 - Будова токарно-гвинторізного верстату 16К20 (1,2,3 – ручки управління коробкою подач, 4 – ручка включення обертання шпинделя, 5 – маховичок повздовжнього переміщення супорта, 6 – кнопка включення електродвигуна верстата, 7 – подача охолоджуючої рідини)

Трикулачковий самоцентруючий патрон

Найбільше розповсюдження на токарно-гвинторізних верстатах отримав трикулачковий самоцентруючий патрон.

В корпусі цього патрона закладена стальна конічна шестерня на зворотній стороні якої нарізана спіральна канавка (спіраль Архімеда). На кулачках патрона зроблено декілька виступів, які входять до спіральної канавки шестерні. При обертанні однієї з трьох шестерень за допомогою ключа (квадратний хвостовик якого заходить в такий же отвір в торці шестерні) обертається шестерня. Під дією спіралі, нарізаної на зворотній стороні цієї шестерні, кулачки будуть переміщуватись у пазах корпуса патрона, що і потрібно для закріплення деталі циліндричної, або багатогранної з кількістю граней кратне трьом, при цьому вісь деталі буде співпадати з віссю обертання шпинделя (див. рис.1.1))

Патрон який ми розглядаємо має два комплекти кулачків. Один з цих комплектів (кулачки А) використовують для закріплення деталі за зовнішню (невеликого діаметра) та за внутрішню поверхні, а другий (кулачки В) – за її зовнішню поверхню (деталей більшого діаметра). Для правильного встановлення кулачків у патрон (щоб всі зійшлися до центра), треба з'ясувати їх номери. Першим встановлюється кулачок у якого менший захід, ще треба не забувати що кожен кулачок має свій паз у корпусі і має номер на торці паза, якщо номера нема – то перший кулачок встановлюють проти нульового гнізда шестерні.

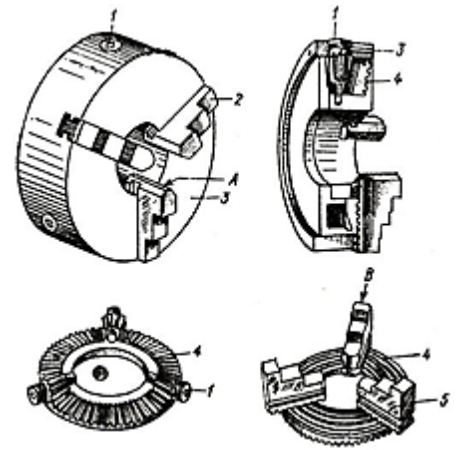


Рисунок 1.2. - Трикулачковий самоцентруючий патрон

(1 – конічна шестерня з гніздом під ключ, 2 – прямі кулачки, 3 – стопорний гвинт конічної шестерні, 4 – конічний диск зі спіральною різьбою, 5 – зворотні кулачки)

Чотирикулачковий патрон з незалежним переміщенням кулачків

Чотирикулачковий патрон з незалежним переміщенням кулачків призначений для закріплення заготовки неправильної форми. Відрізняється від трьохкулачкового тим що кожен його кулачок переміщується незалежно, та може бути як прямим так і зворотнім.

На передній стороні патрона нанесені кругові риски на відстані 10-15 мм одна від одної. Користуючись цими рисками, можна швидко встановити всі кулачки на однакову відстань від центра патрона. Певний недолік чотирикулачкового патрона полягає в тому що треба довго проводити перевірку закріплених в них деталей.

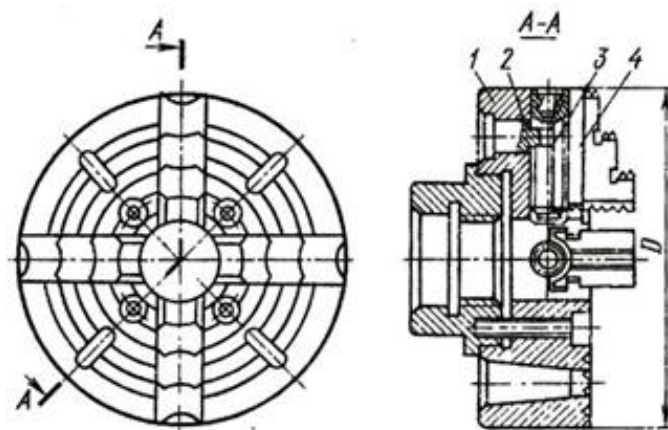


Рисунок 1.3 - Чотирикулачковий патрон (1 – корпус, 2 – гайка кулачка, 3 – гвинт переміщення кулачка, 4 – кулачок)

Планшайба

Призначена для закріплення плоских деталей за допомогою гвинтів, змінних накладок чи прихватів, а центрують за допомогою індикаторних центрошукачів. Перевага перед іншими пристосуваннями полягає в тому, що на планшайбі відсутнє встановлення плоскої заготовки у площині обертання. Робоча поверхня планшайби може бути виконана з радіальними чи концентричними пазами.

Повідковий патрон

Для обробки заготовок типу вал які повинні мати соосність по всій своїй довжині використовують повідковий патрон (рис 1.5.). Спочатку у заготовки торцюють та центрують з обох сторін. В якості затискного пристосування використовують передній опорний центр (4) який встановлюють в шпindel верстата, та в задній обертовий центр (6) який закріплюють в піноль задньої бабки. Передній центр обертає заготовку (5) за рахунок сил тертя між центром та отвором заготовки, але сила різання при роботі перевищить силу тертя і заготовка зупиниться обертатися, що приведе до поломки різця і пошкодження заготовки. Для передачі обертання від шпинделя до заготовки встановленої у центри використовують різні повідкові пристосування.

Планшайба (1) яка закріплена на шпинделі має паз або водило (2), тому поводок (3) бувають з прямими хвостовиками або з відігнутими. В цілях безпеки використовують планшайби з захисним кожухом під яким захований поводок. Щоб не пошкодити поверхню заготовки болтом хомутика на неї вдягають розрізну втулку. Обробивши одну частину деталі яка знаходиться ближче до задньої бабки її розвертають, пере закріплюють і оброблюють з іншої сторони. При перестановках вісь деталі буде знаходитись між центрами і загальною для всієї деталі.

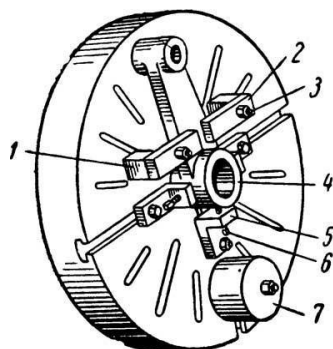


Рисунок 1.4. Планшайба (1 – підставка прихвату, 2 – прихват, 3 – гвинт прихвата, 4 – деталь, 5 – направляючий кутник, 6 – гвинт регулювання, 7 – балансир)

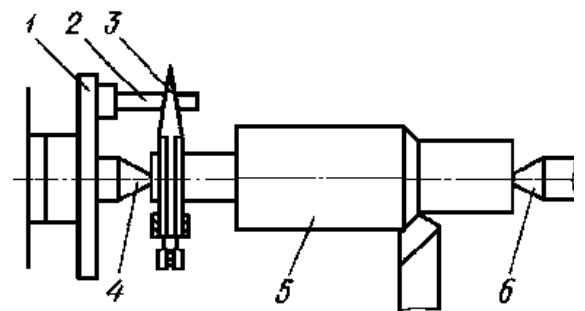


Рисунок 1.5. Повідковий патрон (1 – планшайба, 2 – водило, 3 – поводок, 4 – глухий центр шпинделя, 5 – заготовка, 6 – центр задньої бабки)

Люнети рухомі та нерухомі

Для обробки заготовок типу вал які повинні мати соосність по всій своїй довжині використовують повідковий патрон (рис 1.5.).

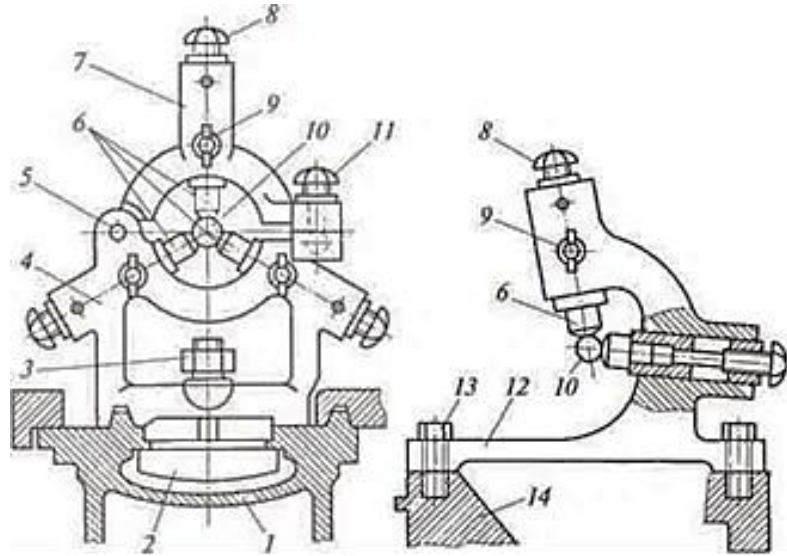


Рисунок 1.6 - Люнети (нерухомий та рухомий) (1 – станина, 2 – притискач, 3 – гайка притискача, 4 – корпус, 5 – шарнір верхньої кришки, 6 – кулачки, 7 – кришка, 8 – гвинт регулювання, 9 – фіксатор кулачка, 10 – заготовка, 11 – фіксатор кришки, 12 – корпус, 13 – болт кріплення, 14 – повздовжній супорт)

Спочатку у заготовки торцюють та центрують з обох сторін. В якості затискного пристосування використовують передній опорний центр (4) який встановлюють в шпindelь верстата, та в задній обертовий центр (6) який закріплюють в піноль задньої бабки. Передній центр обертає заготовку (5) за рахунок сил тертя між центром та отвором заготовки, але сила різання при роботі перевищить силу тертя і заготовка зупиниться обертатися, що приведе до поламки різця і пошкодження заготовки. Для передачі обертання від шпинделя до заготовки встановленої у центри використовують різні повідкові пристосування.

Планшайба (1) яка закріплена на шпинделі має паз або водило (2), тому поводи (3) бувають з прямими хвостовиками або з відігнутими. В цілях безпеки використовують планшайби з захисним кожухом під яким захований поводи. Щоб не пошкодити поверхню заготовки болтом хомутика на неї вдягають розрізну втулку. Обробивши одну частину деталі яка знаходиться ближче до задньої бабки її розвертають, пере закріплюють і оброблюють з іншої сторони. При перестановках вісь деталі буде знаходитись між центрами і загальною для всієї деталі.

При обробці заготовок у яких довжина яка виступає з патрона складає 12-15 діаметрів та більше, в якості допоміжної опори використовують люнети рухомі та нерухомі.

Нерухомий люнет закріплюють на станині верстата та закріплюють планкою за допомогою гвинта та гайки. Верхня частина люнета може бути суцільна чи відкидна що дозволяє знімати чи встановлювати заготовку на кулачки чи ролики які служать опорою для оброблюваної заготовки та піджимаються до заготовки гвинтами.

Рухомий люнет закріплюється на каретку супорта та переміщується при обробці вздовж заготовки. Рухомий люнет має два кулачки, які служать опорою для заготовки; третьою опорою виступає різець.

1.2 Порядок виконання роботи

1. По зразку та опису верстата ознайомитись з його будовою виконати вправи по управлінню верстатом.

2. Визначити модель верстата та розшифрувати її позначення.

3. Показати на верстаті: станину, передню бабку, коробку швидкостей, коробку подач, гітара змінних зубчастих коліс, задню бабку, супорт та його частини, ходовий вал, ходовий гвинт, опорні тумби. Пояснити призначення кожної частини та механізмів.

4. Налагодити верстат на певну частоту обертання шпинделя: включити верстат, повторити дії 2-3 рази встановлюючи різні частоти обертання.

5. Встановити певну величину подачі, повторити дії 2-3 рази встановлюючи кожен раз різну величину подачі.

1.3 Контрольні запитання

1. Де використовують ТГВ?
2. З яких вузлів складається ТГВ?
3. Розказати про будову передньої бабки.
4. Розказати про призначення задньої бабки.
5. Пояснити призначення супорта?
6. За допомогою яких механізмів здійснюється подача супорта?
7. Для чого служить фартух супорта?
8. Які пристосування використовують для закріплення деталей на токарних верстатах.
9. Розказати будову трикулачкового самоцентруючого патрона.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

2. ТОКАРНІ РІЗЦІ. ГЕОМЕТРІЯ, ТИПИ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета роботи: Вивчититипи та види токарних різців та їх сферу застосування. Способи установки на верстатах. Геометричні особливості різних типів різців.

Знати: Типи різців та визначати їх по зразку. Способи встановлення у різцетримач.

Вміти: Вибрати різець для виконання певного виду робіт.

Правильно встановити його у різцетримач.

Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат, різного типу різці, пластили для встановлення різців, шаблони для заточування різців.

2.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Різці є основним видом інструмента який використовують на токарних верстатах для виконання самих різноманітних робіт. Різець складається з головки та державки (тіло) (див. рисунок 2.1.) Головка виконує роботу різання і є найбільш важливою частиною різця. Державка служить для закріплення різця у різцетримач та має круглий, квадратний чи прямокутний переріз.

На рисунку 2.1 показано прохідний токарний різець. На його головці розрізняють: передню поверхню, по якій сходить стружка під час точіння, головну задню поверхню яка повернута до поверхні різання заготовки та допоміжну задню поверхню яка повернута до обробленої поверхні заготовки.

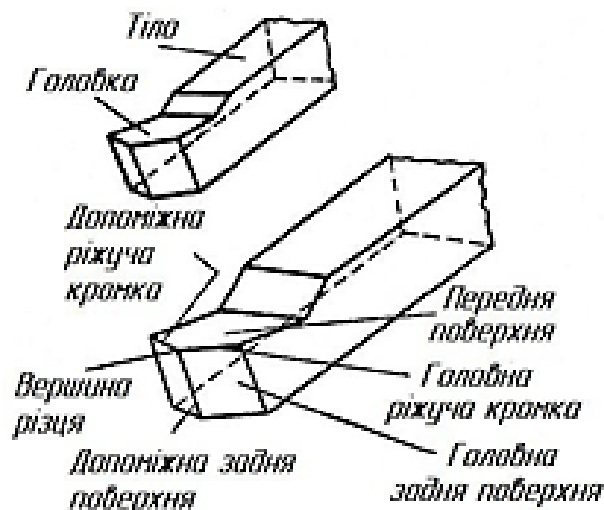


Рис. 2.1. Будова токарного різця

При перетині передньої та головної ріжучих кромки утворюється лінія яку називають головною ріжучою кромкою, при перетині передньої та допоміжної задньої поверхні утворюється допоміжна ріжуча кромка. Перетин головної та допоміжної ріжучих кромки утворює вершину різця. З метою

підвищення стійкості різця його вершину роблять не гострою, а закруглюють по радіусу, чи роблять допоміжну прямолінійну ріжучу кромку, яка називається перехідною.

Взаємне розташування поверхонь відносно одне до одного визначається кутами різця. Величину кутів вибирають в залежності від типу різця, оброблюваного матеріалу та матеріалу ріжучої частини різця, умов роботи.

Для відліку кутів введені вихідні площини: основна площина, площина різання, головна та допоміжна січна площина.

Основною називається площина, яка проходить через нижню опорну частину різця і завжди горизонтальна.

Площиною різання називається площина, яка проходить через головну ріжучу кромку по дотичній до поверхні різання заготовки, (коли різець встановлений по центру заготовки, площина різання перпендикулярна основній площині).

Площина яка перетинає головну ріжучу кромку та перпендикулярна проекції цієї кромки на основну площину, називається головною січною площиною.

Площина, перпендикулярна проекції допоміжної ріжучої кромки на основну площину, називається допоміжною січною площиною.

Всі токарні різці розділяються на шість типів. Першим та самим розповсюдженим типом є:

Прохідні різці

Прохідні різці використовуються для зовнішнього циліндричного та конічного точіння та деяких допоміжних видів токарних робіт. По перше в залежності від напрямку подачі прохідні різці бувають праві та ліві (рис.2.2) а по конструкції державки прямі та відігнуті. Щоб визначити правий чи лівий різець потрібно на різець накласти руку таким чином щоб чотири пальці були направлені до головки різця а великий відігнутий співпадав з напрямком подачі, якщо ці умови виконуються тоді яка рука (права чи ліва) такий і різець. Види прохідних правих різців показано на (рис 2.3) швидкоріжучих сталей, металокерамічних сплавів та мінералокерамічних сплавів. Прохідні різці виготовляють з стандартними кутами у плані ϕ які дорівнюють 90° ,

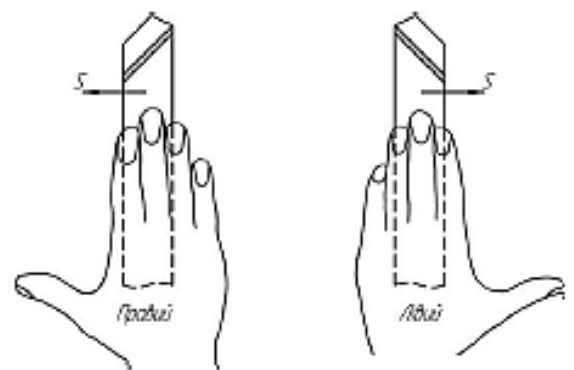


Рисунок 2.2 - Правий та лівий прохід

75°, 60°, 45°, та в деяких випадках 30°. Допоміжний кут у плані φ_1 може коливатися в межах від 10°-45°. Прохідні різці у яких кут у плані дорівнює 90° називається упорним. Такими різцями дуже зручно обробляти зовнішні циліндричні поверхні та підрізати уступи. Упорні різці використовують також при обточуванні довгих нежорстких валів (відношення довжини до діаметра $\frac{l}{d} \geq 12$).

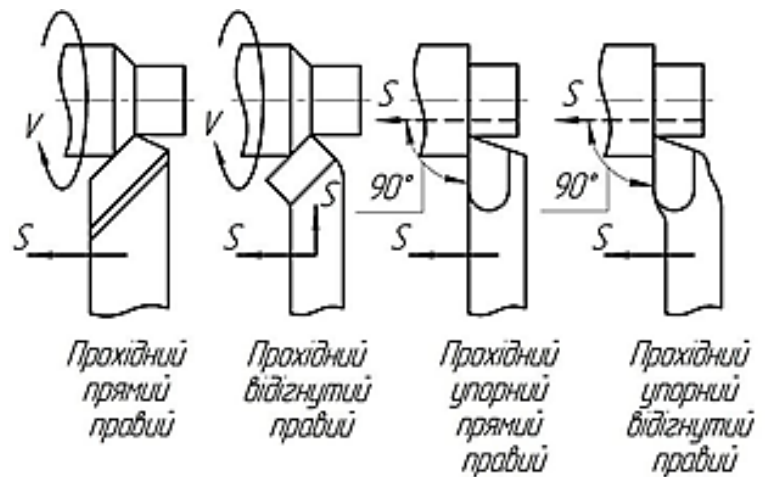


Рисунок 2.3 - Види прохідних різців

Такі різці викликають менший прогин заготовки. Прохідні різці встановлюють у різцетримач таким чином, щоб його вершина була розташована на рівні вісі центрів, а для чистової обробки допускається на 0,1-0,2мм вище вісі центрів. Це робиться за допомогою підкладок із м'якої сталі. Кількість прокладок повинно бути мінімальним, а основа різця повинна опиратися на підкладку всією поверхнею. Виліт різця з різцетримача не повинен перевищувати 1,5 висоти державки різця.

Підрізні різці

Призначені для підрізання торцевих поверхонь та уступів. До торцевих поверхонь висувають наступні вимоги: плоскість (відсутність випуклості та вгнутості), перпендикулярність до осі, паралельність площин уступів між собою.

Перед обробкою торцевих площин заготовки закріплюють таким же чином що і при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь, але виліт заготовки повинен бути мінімальним так як на заготовку діє в основному радіальна складова сили різання. (рисунок 2.4).

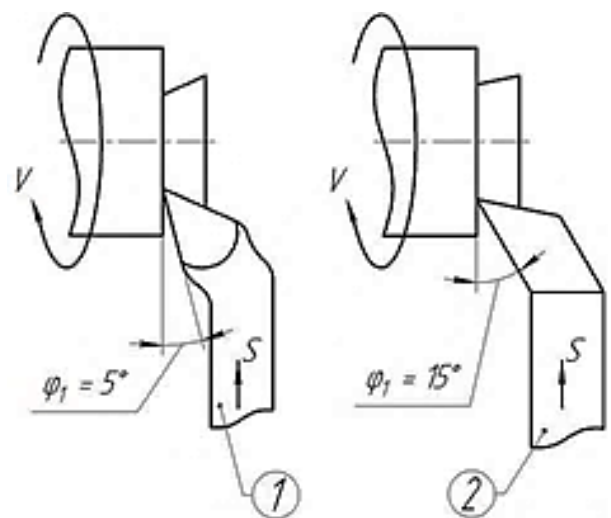


Рисунок 2.4 - Види підрізних різців
(1 – різюча частина з металокерамічного твердого сплаву,
2 – різюча частина з швидкоріжучої сталі)

Відрізні та прорізні різці

В сучасній металообробці використовують відрізні різці, які оснащені пластинами твердого металокерамічного сплаву. Ріжуча кромка такого різця як правило перпендикулярна до вісі головки різця. Довжина ріжучої кромки визначає глибину різання відрізного різця, і чим вона більша тим більше навантаження на заготовку і різець. Так як головка відрізного різця тонка то тепловідвід із зони різання погіршений, тому режими різання (швидкість та подача) при відрізанні повинні бути зменшені у два рази, по зрівнянню з зовнішнім циліндричним точінням.

Для підвищення чистоти поверхні, яку отримують після відрізання, на задніх допоміжних поверхнях роблять фаски шириною 1-2мм.

Допоміжні кути у плані ϕ_1 у відрізних різців роблять 1-2°. Головний задній кут α у відрізних різців роблять до 12°; допоміжні задні кути α_1 приймають біля 2°.

Відрізні різці потрібно встановлювати точно по лінії центрів верстата. Відомо що, при встановленні різця нижче лінії центру передній кут зменшується (дивись рис.2.5), тиск стружки на різець збільшується тому неміцний відрізний різець може зламатися.

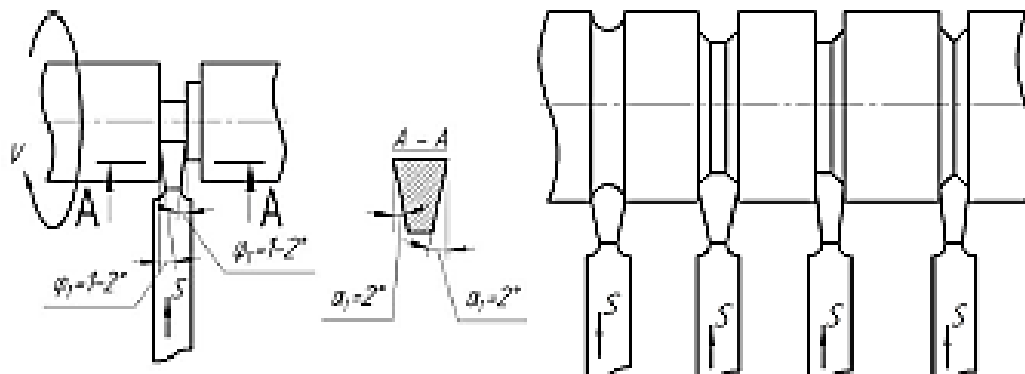


Рисунок 2.5 - Відрізні та прорізні різці

Розточувальні різці

Для розточування отворів у заготовок використовують два види розточувальних різців, для наскрізних та глухих отворів, які відрізняються один від одного геометричними параметрами.

Розточування використовується в таких випадках:

1. Коли свердління розсвердлювання чи зенкерування не забезпечують необхідної точності.
2. При необхідності забезпечити прямолінійність вісі отвору та точність її розташування відносно інших поверхонь.
3. При відсутності свердла чи зенкера необхідного діаметру.

4. При необхідності обробити отвір, діаметр якого перевищує найбільші розміри свердел чи зенкерів.
5. При невеликій довжині отвору.
6. При виготовленні глухого отвору.
7. При виготовленні конічного отвору

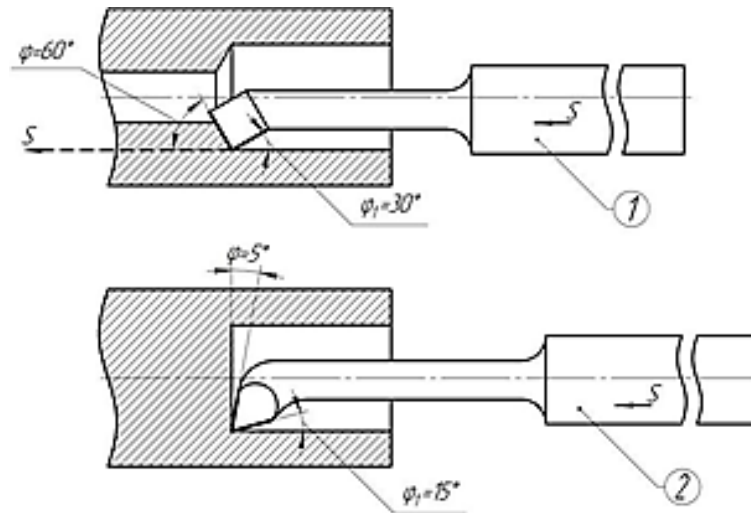


Рисунок 2.6 - Види розточувальних різців
(різець для наскрізних(1) та глухих(2) отворів)

Різьбові різці

Нарізання різьби різбовими різцями самий універсальний спосіб виготовлення різьби який забезпечує виготовлення різьби різних видів у широкому діапазоні діаметрів, кроків, та оброблюваних матеріалів (рис. 2.7). При цьому способі обробки можна досягти високої точності, а особливо взаємного розташування вісі виготовлюваної різьби відносно інших циліндричних та торцевих поверхонь деталі. Для точіння різьби використовують простий інструмент – різець, гребінку, чи комплект різців.

Заготовку закріплюють у патроні чи в центрах токарного верстата, а інструмент встановлюють на супорт та надають рух подачі, на глибину та паралельно вісі. Подача вздовж вісі дорівнює кроку різьби. Різець встановлюється за допомогою шаблона відносно проточеної заготовки чи пінолі задньої бабки.

Точіння успішно використовується при точінні багатоходових різьб. Після обробки кожної гвинтової канавки ділення на послідуочий захід здійснюється трьома способами.

Точіння внутрішньої різьби не отримало такого розповсюдження як точіння зовнішньої, внаслідок консольного закріплення ріжучої частини інструмента, важко нарізати різьби великої довжини та невеликого діаметра до 20мм.

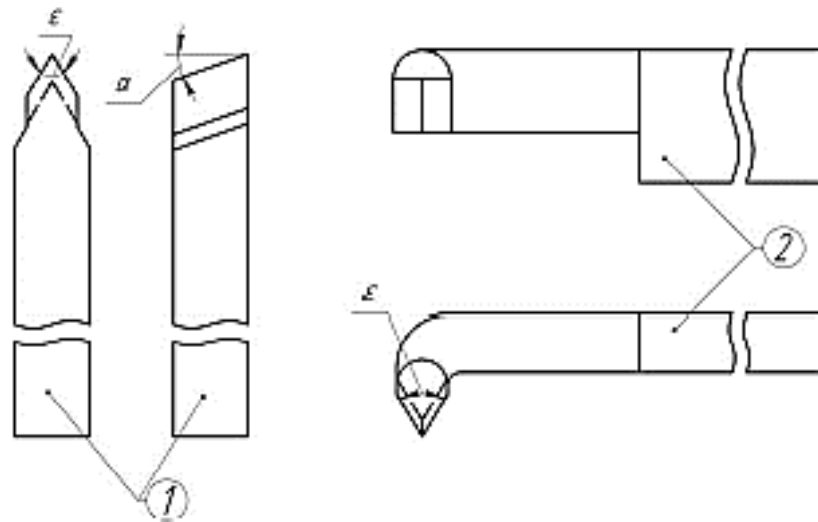


Рисунок 2.7 - Види різьбових різців: (1 – для зовнішньої різьби, 2 – для внутрішньої різьби)

Фасонні різці

Поверхня називається фасонною, коли вона утворена криволінійними твірними (опуклими та вгнутими), комбінацією прямолінійних та криволінійних твірних, та тільки прямолінійними твірними які розташовані під різними кутами до вісі обертання (рисунок 2.8).

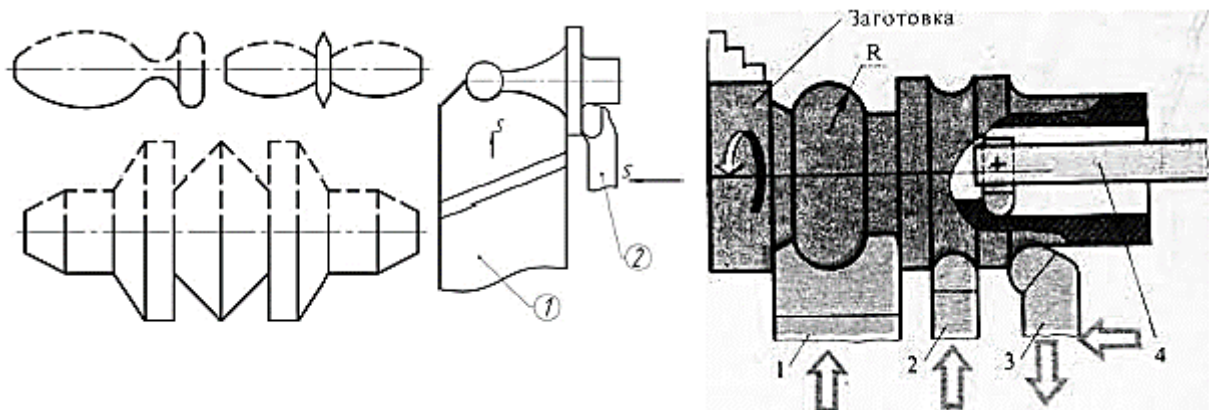


Рисунок 2.8 - Фасонні(1) та галтельні(2) різці

Обробка фасонних поверхонь фасонним різцем здійснюється коли ріжуча кромка співпадає з криволінійним чи ступінчастим профілем оброблюваної поверхні. Простий різець для обробки фасонних поверхонь часто називають стержньовим. Переваги такого різця простота та низька собівартість. Недоліком являється те, що після декількох заточувань попередній поверхні пластинка витончується, висота по центру при встановленні зменшується і різець стає непридатним для подальшої роботи. Тому стержньові фасонні різці використовують переважно в випадках одиничного виробництва. В масовому виробництві використовують призматичні та дискові фасонні різці.

2.2 Порядок виконання роботи

1. По зразкам ознайомитись з типами та видами токарних різців.
2. Провести розподіл різців по типам.
3. Показати на різцях поверхні та ріжучі кромки.
4. Визначити та показати головні кути різців.
5. Показати в якій послідовності проводять заточування різців.
6. Показати як правильно встановити прохідний різець в різцетримач?

2.3 Контрольні запитання:

1. Які різці використовують для зовнішнього циліндричного та конічного точіння.
2. Для яких видів робіт використовують підрізні різці.
3. З яких матеріалів виготовляють ріжучу частину різців.
4. Як встановлюють заготовку при підрізанні торця та її відрізанні?
5. Від чого залежить ширина відрізного різця?
6. Що таке площина різання та де вона проходить?
7. Як поділяються прохідні різці в залежності від напрямку подачі?
8. Як називаються прохідні різці з кутом $\varphi=90^\circ$?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

3. ПРИЗНАЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИПУСКІВ ТА РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНИХ РОЗМІРІВ МЕТОДОМ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Величини операційних припусків (ОП) використовуються при розрахунку операційних виконавчих розмірів (ОВР), забезпечених на кожній операції технологічного процесу. Ці розміри необхідні для налагодження та настроювання верстатів, вибору різального інструменту, розрахунок режимів різання, оформлення документації.

Величину ОП можна розрахувати за формулами, які враховують конкретні умови виконання операції, або вибрати з нормативних джерел, в яких наведені досвідно-статистичні значення цих припусків.

Мета роботи: оволодіти нормативним методом призначення ОП і методикою розрахунку ОВР.

3.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Припуск призначається на кожну поверхню деталі, яка обробляється.

Загальним припуском Z_0 на обробку зветься шар матеріалу, знімаємий з поверхні вихідної заготовки під час процесу механічної обробки.

Операційний припуск Z_0 - це шар матеріалу, знімаємий з заготовки при виконанні однієї технологічної операції (ДСТ 3.1109-82). Якщо операція складається з декількох технологічних переходів, то необхідно розрахувати припуски Z_{ji} , які знімаються на кожному j -му технологічному переході i -ї операції, при цьому ОП:

$$Z_i = \sum_{j=1}^k Z_{ji}, \quad (3.1)$$

де k – загальна кількість технологічних переходів для обробки поверхні на i -ї операції.

Операційний припуск може приймати значення: номінальне Z_i^H , мінімальне Z_i^{min} , та максимальне Z_i^{max} .

Значення Z_i^{min} задаються у нормативних таблицях. При відомих Z_i^{min} можливо розрахувати:

$$Z_i^H = Z_i^{min} + Td_{i-1} \quad (3.2)$$

$$Z_i^{max} = Z_i^H + Td_i \quad (3.3)$$

Td_{i-1} та Td_i - відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на даній та попередніх операціях. Розрахунок ОВР слід починати з останньої операції, на якій забезпечується розмір, проставлений для поверхні, яка розглядається на робочому кресленні деталі.

Для зовнішніх циліндричних поверхонь (див. рис. 3.1) значення номінальних розмірів розраховується за формулою:

$$d_i^H = d_{i+1}^H + 2Z_{i+1}^H \quad (3.4)$$

Для внутрішніх циліндричних поверхонь:

$$D_i^H = D_{i+1}^H - 2Z_{i-1}^H \quad (3.5)$$

Для запису ОРВ необхідно вказати номінальне значення розміру d_i^H та D_i^H допустимі граничні відхилення es та ei або ES та EI .

На розмір заготовки граничні відхилення задаються з урахуванням способу її отримання.

Розміри відливок мають симетричне розташування допуску, звідки:

$$|es| = |ei| = \frac{1}{2}Td_{\text{зар}}$$

Розміри зовнішніх (які охоплюються) і внутрішніх (які охоплюють) поверхонь гарячештампованих заготовок відповідно мають:

$$\text{Зовнішні} \quad es = +\frac{2}{3}Td_{\text{зар}}; ei = -\frac{1}{3}Td_{\text{зар}}$$

$$\text{Внутрішні} \quad ES = +\frac{1}{3}TD_{\text{зар}}; EI = -\frac{2}{3}TD_{\text{зар}}$$

Розмір заготовок з прокату забезпечується з es та ei , які знаходять зі стандартів на прокат.

При механічній обробці заготовок усі проміжні ОВР повинні мати розміщення допуску «у метал». Звідси, для розмірів поверхонь, які охоплюються $es=0$, для поверхонь, які охоплюють $EI=0$.

Граничні відхилення розмірів остаточно обробленої поверхні мають знаки і значення, які проставляють на робочому кресленні деталі.

Вірність проведення розрахунків перевіряється за формулами:

$$T_{zi} = 2Z_i^{\max} - 2Z_i^{\min} = Td_{i-1} + Td_i \quad (3.6)$$

$$2Z_o = D_{\text{зар}}^H - d_{\text{дет}}^H \quad (3.7)$$

Якщо перевірка показала вірність розрахунків, то усі ОРВ та виконавчій розмір заготовки необхідно вказати, округливши їх номінальні значення до того знаку після коми, з котрим вказані на них граничні відхилення.

Більш докладні правила розрахунку ОРВ викладені у [1,2].

3.1.1 Метод розмірних ланцюгів

В основу цього методу покладено розмірний зв'язок шуканого технологічного розміру з іншими розмірами, що утворюють замкнутий контур. Наприклад, потрібно обробити поверхню заготовки розміром

$A_{\text{заг}} = A_{\text{мех}} = A_i$ за один прохід, забезпечуючи розмір деталі $A_{\text{дет}} = A_{i+1}$. При цьому знімається Z_{i+1} припуск. Розміри-ланки A_i , і A_{i+1} припуск Z_{i+1} утворюють замкнутий контур – розмірний ланцюг

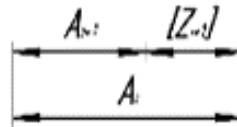


Рисунок 3.1 - Замкнутий контур розмірного зв'язку зовнішньої поверхні

У цьому замкнутому контурі кожна ланка-розмір впливають на розмір припуску. Тому припуск приймається замикаючою ланкою. Таким чином, до розрахунку технологічних розмірів механічної обробки можна застосовувати теорію розмірних ланцюгів, згідно якої рисунок 3.1:

Номінальне значення припуску як замикаючої ланки:

$$Z_{i+1} = A_i - A_{i+1} \quad (3.8)$$

Допуск замикаючої ланки – допуск на припуск:

$$TZ_{i+1} = Z_{i+1}^{\max} - Z_{i+1}^{\min} = TA_i + TA_{i+1} = \Sigma TA_i \quad (3.9)$$

звідки

$$Z_{i+1}^{\max} = Z_{i+1}^{\min} + TA_i + TA_{i+1} \quad (3.10)$$

В рівнянні (8) розмір TA_{i+1} , що виконується, і мінімальний припуск Z_{i+1}^{\min} відомі величини: A_{i+1} , як конструкторський розмір або раніше розрахований і отриманий технологічний розмір; Z_{i+1}^{\min} відомий як раніше розраховане чи прийняте значення мінімального припуску. Тоді значення замикаючої ланки:

$$Z_{i+1}^{\min} = A_i^{\min} - A_{i+1}^{\max} \quad (3.11)$$

звідки мінімальне значення шуканого технологічного розміру для зовнішніх поверхонь:

$$A_i^{min} = A_{i+1}^{max} + Z_{i+1}^{min} \quad (3.12)$$

Технологічні розміри переходів механічної обробки заготовки повинні мати розташування допуску в «тіло». Отже, для розмірів охоплених (зовнішніх) поверхонь $ei=0$, а для охоплюючих (внутрішніх) поверхонь $EI=0$.

Технологічні розміри зовнішніх поверхонь (валиків) звичайно задаються в системі «вала-h». Визначимо номінальне (максимальне) значення технологічного розміру для зовнішньої поверхні, враховуючи (3.12):

$$A_i^H = A_i^{max} = A_i^{min} + TA_i = A_{i+1}^{max} + Z_{i+1}^{min} + TA_i \quad (3.13)$$

Вираз (3.13) дозволяє сформулювати практичну методику – правило визначення технологічного розміру A_i :

Беруть максимальний розмір поверхні деталі A_{i+1}^{max} , до цього розміру додають мінімальний припуск Z_{i+1}^{min} на останній перехід механічної обробки і потім ще додають допуск на точність обробки TA_i .

Для i -го технологічного переходу вище викладену методику можна записати у вигляді аналітичних виразів: для зовнішніх поверхонь спочатку розраховують максимальний розмір:

$$A_{iр.} = A_i^{max} = A_i^H + esTA_{i+1}$$

$$A_i^{max} = A_{i+1}^{max} + Z_{i+1}^{min} + TA_i$$

а потім розраховують мінімальний розмір:

$$A_i^{min} = A_i^{max} - TA_i$$

Якщо задавати відхилення по «h», то технологічний виконавчий розмір:

$$A_i^H = A_i^{max + esAt=0} - eiAt=TAAt$$

Контрольне правило – допуск на припуск:

$$TZ_0 = Z_0^{max} - Z_0^{min} = TA_{заг} + TA_{дет}$$

де

$$Z_0^{max} = A_{заг}^{max} + A_{дет}^{min}$$

$$Z_0^{min} = A_{заг}^{min} + A_{дет}^{max}$$

У вище наведених формулах: A_i – шуканий технологічний розмір поверхні; A_{i+1} - розмір поверхні, який отримують після наступного (за i -м) технологічного

переходу, відома величина; Z_{i+1} - припуск, що знімається на наступному переході механічної обробки, відома величина; $i = 1, 2, \dots, k$ – індекс номера технологічного переходу.

Більш детальну методику розрахунку технологічних розмірів показано в прикладах.

Схема розташування полів допусків, припусків і технологічних розмірів, розрахованих методом розмірних ланцюгів для зовнішніх поверхонь, показана на рисунку 3.2.

Розглянемо внутрішню поверхню (отвір). Схема розмірного ланцюга для розрахунку технологічного розміру внутрішньої поверхні виглядає так, як рис. 1.3.

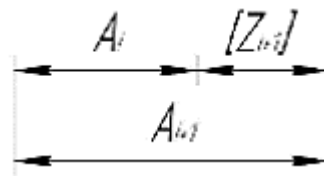


Рисунок 3.2 - Замкнутий контур розмірного зв'язку внутрішньої поверхні (отвору)

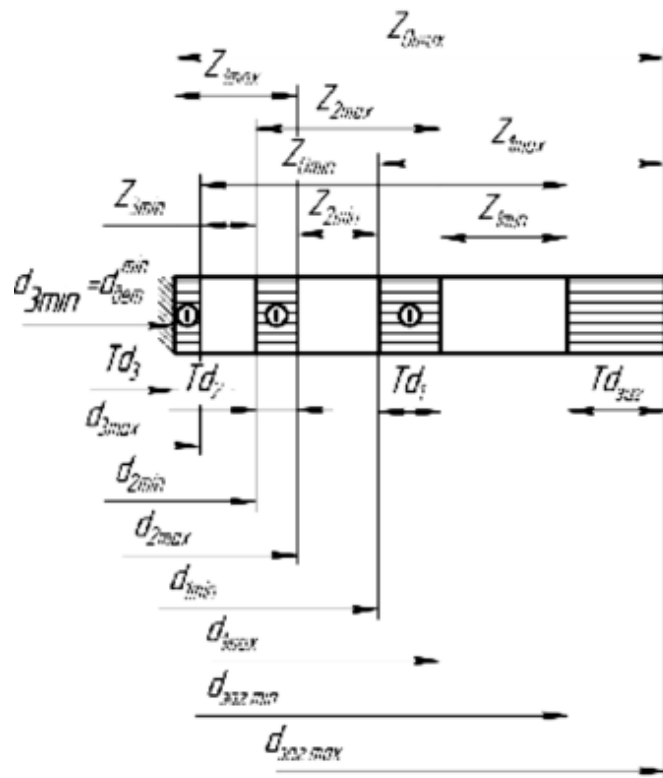


Рисунок 3.3 – Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів, визначених методом розмірних ланцюгів для зовнішніх поверхонь (валів).

Із схеми розмірного ланцюга при відомому впливає, що

$$Z_{i+1}^{min} = A_{i+1}^{min} - A_i^{max}$$

звідки
$$A_i^{max} = A_{i+1}^{min} - Z_{i+1}^{min}$$

Технологічні розміри внутрішніх поверхонь (отворів) звичайно задаються в системі «отвору-Н». Визначимо номінальне (мінімальне) значення технологічного розміру для внутрішньої поверхні:

$$A_{i+1 p.} = A_{i+1}^{min} = A_{i+1}^H - esTA_{i+1}$$

$$A_i^H = A_i^{min} = A_i^{max} - TA_i = A_{i+1}^{min} - Z_{i+1}^{min} - TA_i$$

Цей вираз дозволяє сформулювати методику-правило визначення технологічного розміру A_i внутрішньої поверхні:

Беруть мінімальний розмір A_{i+1}^{min} внутрішньої поверхні, від цього розміру віднімають мінімальний припуск AZ_{i+1}^{min} і потім ще віднімають допуск на точність обробки TA_i .

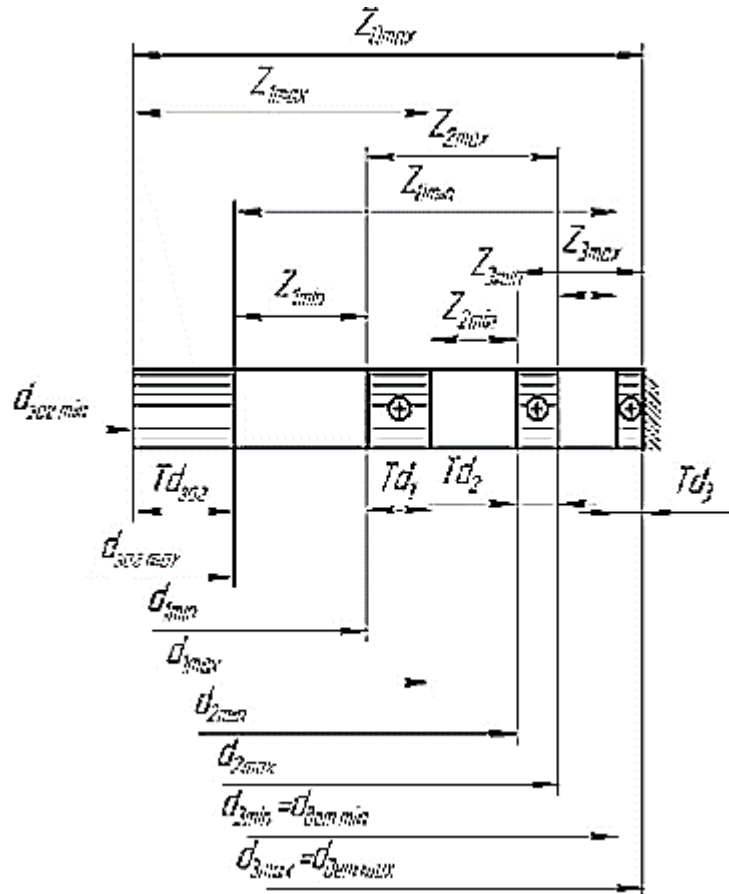


Рисунок 3.4 – Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів, визначених методом розмірних ланцюгів

Для i -го технологічного переходу вище викладену методику можна записати у вигляді аналітичних виразів:

- для внутрішніх поверхонь спочатку розраховують мінімальний розмір:

$$A_i^{min} = A_{i+1}^{min} - Z_{i+1}^{min} - TA_i$$

- а потім максимальний:

$$A_i^{max} = A_{i+1}^{min} + TA_i$$

Технологічний виконавчий розмір при заданому відхиленні по «Н»:

$$A_i^H = [A_i^{min}]^{esA_i = TA_i}$$

Контрольне правило – допуск на припуск визначається за формулою:

$$TZ_0 = Z_0^{max} - Z_0^{min} = TA_{заг} + TA_{дет},$$

де

$$Z_0^{max} = A_{дет}^{max} - A_{заг}^{min}$$

$$Z_0^{min} = A_{дет}^{min} - A_{заг}^{max}$$

3.2. Порядок виконання роботи

3.2.1 Приклад розв'язання задачі

1. Вихідні дані

Робоче креслення деталі (див. рис. 2.1)

Заготовка – поковка із сталі 40Х, група сталі М-1, нормальної точності та складності С-1. Вага заготовки Q=3,8 кг. Тип виробництва – масовий.

2. Вибираємо допуски згідно призначених квалітетів точності обробки за призначеним у другій роботі планом обробки та заносимо у табл. 3.1 стовпчик (7):

$$Td_{1заг} = \begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix} \text{ мм}$$

$$Td_{2заг} = 0,390 \text{ мм}$$

$$Td_{3заг} = 0,160 \text{ мм}$$

$$Td_{5заг} = 0,039 \text{ мм}$$

$$Td_{6заг} = 0,03 \text{ мм}$$

$$Td_{7заг} = 0,03 \text{ мм}$$

3. Призначаємо припуски (за табл. 3.2 та 3.3).

У таблицях представлені припуски діаметри обробки:

- точіння чорнове: $2Z_2^{min} = 3,0 \text{ мм}$

- точіння чистове: $2Z_3^{min} = 0,3 \text{ мм}$

- шліфування чорнове: $2Z_5^{min} = 0,85 \text{ мм}$ (після ТО)

- шліфування чистове: $2Z_6^{min} = 0,1\text{мм}$

Вказати значення на схемі (див. рис. 2.5) та занести у табл. 3.1 стовпчик

(5).

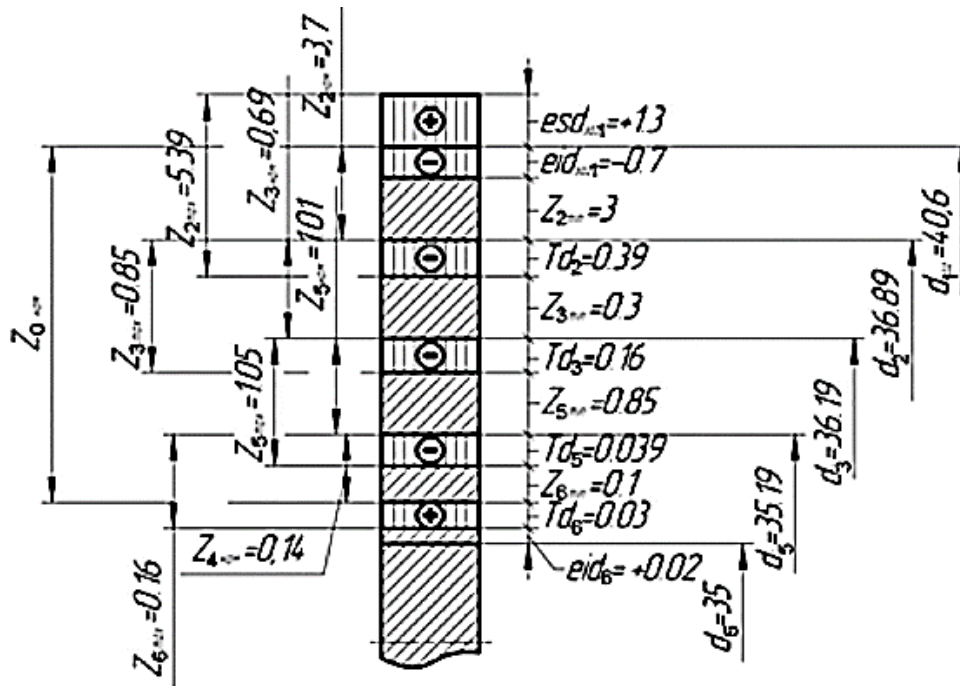


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

4. Розрахунки технологічних розмірів виконуємо за методикою розмірних ланцюгів.

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховують максимальний розмір за формулою (3.15) та формулою (3.16):

$$d_i^{max} = d_i^H + esTd_i \quad (3.15)$$

$$d_{дет6}^{max} = d_6^H + esTd_6 = 35 + 0,05 = 35,05\text{мм}$$

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2Z_{i+1} + Td_i \quad (3.16)$$

$$d_5^{max} = d_6^{max} + 2Z_6 + Td_5 = 35,05 + 0,1 + 0,039 = 35,189\text{мм}$$

$$d_3^{max} = d_5^{max} + 2Z_5 + Td_3 = 35,189 + 0,85 + 0,16 = 36,199\text{мм}$$

$$d_2^{max} = d_3^{max} + 2Z_3 + Td_2 = 36,199 + 0,3 + 0,39 = 36,889\text{мм}$$

$$d_{заг1}^{max} = d_2^{max} + 2Z_2 + Td_1 = 36,889 + 3,0 + 2,0 = 41,889\text{мм}$$

5. Отримані розміри заносимо у розрахункову таблицю 3.1 у стовпчик (6).

6. Виконуємо округлення розрахованих розмірів до можливої точності виконання у більшу сторону та заносимо результат у стовпчик (8) «Граничні значення розмірів» з позначкою d^{max}

$$\begin{aligned}d_{дет 6}^{max} &= 35,05\text{мм} \\d_5^{max} &= 35,189\text{мм} \\d_3^{max} &= 36,2\text{мм} \\d_2^{max} &= 36,89\text{мм} \\d_{заг 1}^{max} &= 41,9\end{aligned}$$

7. Розрахуємо «Граничні значення розмірів», мінімальні для переходів за формулою (3.17) та занесемо результати у стовпчик (9) табл. 3.1:

$$d_i^{min} = d_i^{max} - Td_i \quad (3.17)$$

$$\begin{aligned}d_{дет 6}^{min} &= d_6^{max} - esTd_6 = 35,05 - 0,03 = 35,02\text{мм} \\d_5^{min} &= d_5^{max} - Td_5 = 35,189 - 0,039 = 35,150\text{мм} \\d_3^{min} &= d_4^{max} - Td_3 = 36,2 - 0,16 = 36,04\text{мм} \\d_2^{min} &= d_2^{max} - Td_2 = 36,89 - 0,39 = 36,50\text{мм} \\d_{заг 1}^{min} &= d_1^{max} - Td_1 = 41,9 - 2,0 = 39,9\text{мм}\end{aligned}$$

8. Визначаємо «Граничні значення припусків» для переходів механічної обробки:

а) мінімальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки розраховуємо за формулою (3.18) та заносимо у стовпчик (11) табл. 3.1:

$$2Z_{imin} = d_{i-1min} - d_{imax} \quad (3.18)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2min} = 39,9 - 36,89 = 3,01\text{мм}$;
- точіння чистове: $2Z_{3min} = 36,5 - 36,2 = 0,3\text{ мм}$;
- шліфування чорнове: $2Z_{5min} = 36,04 - 35,189 = 0,851\text{ мм}$;
- шліфування чистове: $2Z_{6min} = 35,150 - 35,05 = 0,1\text{ мм}$.

б) максимальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки розраховуємо за формулою (3.19) та заносимо у стовпчик (10) у табл. 3.1:

$$2Z_{imax} = d_{i-1max} - d_{imin} \quad (3.19)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2max} = 41,9 - 36,5 = 5,4\text{ мм}$;
- точіння чистове: $2Z_{3max} = 36,89 - 36,04 = 0,85\text{ мм}$;
- шліфування чорнове: $2Z_{5max} = 36,20 - 35,15 = 1,05\text{ мм}$;

- шліфування чистове: $2Z_{6\max} = 35.189 - 35.02 = 0.169$ мм.

9. Робимо перевірку розрахунків за формулою (3.20), використовуючи контрольне правило:

$$TZ_i = 2Z_{imax} - 2Z_{imin} = Td_i + Td_{i-1} \quad (3.20)$$

$$TZ_2 = 5.4 - 3.01 = 2.0 + 0.39 = 2.39 \text{ мм};$$

$$TZ_3 = 0.85 - 0.3 = 0.39 + 0.16 = 0.55 \text{ мм};$$

$$TZ_5 = 1.05 - 0.851 = 0.160 + 0.039 = 0.199 \text{ мм};$$

$$TZ_6 = 0.169 - 0.1 = 0.039 + 0.03 = 0.069 \text{ мм};$$

10. Робимо загальну перевірку розрахунків за формулою (3.21):

$$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \quad (3.21)$$

$$2Z_{0\max} = d_{\text{заг max}} - d_{\text{дет min}} = 41,9 - 35,02 = 6,88 \text{ мм};$$

$$2Z_{0\min} = d_{\text{дет max}} - d_{\text{заг min}} = 39,9 - 35,05 = 4,85 \text{ мм};$$

$$TZ_0 = 6,88 - 4,85 = 2,0 + 0,03 = 2,03 \text{ мм};$$

Перевірка стверджує, що виконані розрахунки вірні.

11. Визначаємо технологічні виконавчі розміри та заносимо у табл. 3.1 у стовпчик (12):

$$d_{\text{заг вик}} = d_{\text{заг ном}} = d_{\text{заг max}} - esTd_{\text{заг}} = d_{\text{заг min}} + eiTd_{\text{заг}}$$

$$d_{\text{заг вик}} = 41,9 - 1,3 = 39,9 + 0,7 = 40,6 \text{ мм}$$

- заготовка: $d_{\text{заг вик}} = 40,6_{-0,7}^{+1,8}$ мм;

- точіння чорнове: $d_2 = 36,89_{-0,89}$ мм;

- точіння чистове: $d_3 = 36,2_{-0,16}$ мм;

- шліфування чорнове: $d_5 = 35,189_{-0,039}$ мм;

- шліфування чистове: $d_6 = 35_{+0,02}^{+0,06}$ мм

- суперфінішування: $d_7 = 35_{+0,02}^{+0,06}$ мм

Розмір на останньому переході повинен співпадати з розміром на кресленні деталі.

Примітка:

Якщо розмір заготовки вже визначений попередньо (наприклад заготовка прокат нормальної точності $\emptyset 50_{-0,8}^{+0,2}$ мм), то це повинно бути враховано при визначенні граничних розмірів заготовки ($d_{\text{max}}^{\text{заг}} = 50$ мм; $d_{\text{max}}^{\text{заг}} = 49,8$ мм), та «граничних значень припусків» на перший перехід – точіння чорнове, які повинні бути визначені за формулами (18-19) з напуском $2Z_{1\max} = 50,2 - 36,5 = 13,7$ мм; $2Z_{1\min} = 49,2 - 36,89 = 12,31$ мм. Саме вони повинні бути враховані у подальших розрахунках за загальною методикою та занесені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам.

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий		Допуск Td, мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, мкм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		Rz _i	h _i	ρ _i	ε _i	Припуск 2Z	Розмір d		D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}												
1	Заготовка					-	41,889	2,0	41,9	39,9	-	-	Ø40,6 ^{+1,3} _{-0,7}
2	Точіння чорнове					3,0	36,889	0,390	36,89	36,5	5,4	3,01	Ø36,89 _{-0,39}
3	Точіння чистове					0,3	36,199	0,160	36,2	36,04	0,85	0,3	Ø36,2 _{-0,16}
4	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування чорнове					0,85	35,189	0,039	35,189	35,15	1,05	0,851	Ø35,189 _{-0,02}
6	Шліфування чистове					0,1	35,05	0,03	35,05	35,02	0,169	0,1	Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}
7	Суперфінішування					-	35,05	-	35,05	35,02	-	-	Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}

Таблиця 3.2 – Мінімальні припуски на обробку зовнішніх поверхонь обертання, мм

Номінальний діаметр , мм	Спосіб обробки	Прокат		Штамповані		Відливки	
		Припуск на діаметр при довжині деталі , мм					
		до 120	120-260	До 120	120-260	до 120	120-260
До 30	Чорнове	1.3/1.1	1.7/-	1.6/1.5	2.0/1.8	1.6	1.9
	Напівчистове	0.45/0.45	0.5/-	0.5/0.5	0.55/0.55	0.5/0.5	0.55/0.55
	Чистове	0.25/0.2	0.25/-	0.25/0.25	0.3/0.25	0.25/0.25	0.3/0.25
	Тонке	0.13/0.12	0.15/-	0.14/0.14	0.15/0.14	0.14/0.14	0.15/0.14
більш 30 до 50	Чорнове	1.3/1.1	1.6/1.4	1.8/1.7	2.3/2.0	1.8	2.0
	Напівчистове	0.45/0.45	0.45/0.45	0.5/0.5	0.5/0.5	0.5/0.5	0.5/0.5
	Чистове	0.25/0.25	0.25/0.2	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25
	Тонке	0.13/0.12	0.13/0.12	0.15/0.15	0.16/0.15	0.15/0.15	0.16/0.15
більш 50 До 80	Чорнове	1.5/1.1	1.7/1.5	2.2/2.0	2.9/2.6	2.0	2.2
	Напівчистове	0.45/0.45	0.5/0.45	0.5/0.5	0.55/0.5	0.5/0.5	0.55/0.5
	Чистове	0.25/0.2	0.25/0.25	0.3/0.3	0.3/0.3	0.3/0.3	0.3/0.3
	Тонке	0.13/0.12	0.14/0.13	0.16/0.16	0.18/0.17	0.16/0.16	0.18/0.17
Більш 80 До 180	Чорнове	1.9/1.3	2.0/1.4	2.9/2.5	3.8/3.5	2.4	2.6
Більш 180 до 260	Чорнове	2.3/1.4	2.4/1.5	-	-	3.0	3.5

Примітка: У чисельнику вказані припуски при обробці у центрах, у знаменнику – у патронах.

Таблиця 3.3 – Мінімальні припуски на шліфування зовнішніх поверхонь. мм

Номінальний діаметр. мм	Спосіб обробки поверхні	Припуск на діаметр при довжині деталі, мм			
		до 120	більше 120 до 260	більше 260 до 500	більше 500 до 800
до 30	1	0,30	0,60	-	-
	2	0,10	0,10	-	-
	3	0,06	0,06	-	-
більше 30 до 50	1	0,25	0,50	0,85	-
	2	0,10	0,10	0,10	-
	3	0,06	0,06	0,06	-
більше 50 до 80	1	0,25	0,40	0,75	1,20
	2	0,10	0,10	0,10	0,10
	3	0,06	0,06	0,06	0,06
більше 80 до 120	1	0,20	0,35	0,65	1,00
	2	0,10	0,10	0,10	0,10
	3	0,06	0,06	0,06	0,06

Примітка. Спосіб шліфування визначають: а) після термообробки; б) після чистового точіння; в) чистове після попереднього шліфування

Таблиця 3.4 – Мінімальні припуски на фінішні методи обробки отворів, мм

Методи обробки	Припуск на діаметр при розмірі отвору, мм			
	до 30	30-50	50-80	80-120
Шліфування:				
Чорнове	0,2	0,2	0,3	0,3
Чистове	0,1	0,1	0,2	0,2
Тонке розточування		0,1	0,2	0,3
Хонінгування	0,1	0,03	0,05	0,06
Притирка	0,01	0,01	0,015	0,02

Таблиця 3,5 – Точність обробки отворів у литому або гаряче штампованому матеріалі та рекомендований інструмент.

Номінальний діаметр отвору, мм	H13-H12	H11	H10	H9-H8			H7			
	Чорний зенкер	Чорний зенкер	Чорний зенкер	Чорний зенкер	Напівчистовий зенкер	Точна розвертка	Чорний зенкер	Напівчистовий зенкер	Розвертка	Тонка розвертка
	Забезпечення точності на переході									
	H13-H12	H13-H12	H11-H10	H13-H12	H11-H10	H9-H8	H13-H12	H11-H10	H9-H8	H7
13	13	12	13	12	12,82	13	12	12,82	12,94	13
18	18	17	18	17	17,82	18	17	17,82	17,94	18
19	19	18	19	18	18,75	19	18	18,75	18,93	19
30	30	28	30	28	29,75	30	28	29,75	29,93	30
32	32	30	32	30	31,71	32	30	31,71	31,92	32
50	50	48	50	48	49,71	50	48	49,71	49,92	50
52	52	50	52	50	51,65	52	50	51,65	51,91	52
72	72	70	72	70	71,65	72	70	71,65	71,91	72

Таблиця 3,6 – Точність обробки отворів у литому або гарячештампованому матеріалі та рекомендований інструмент.

Номинальний діаметр отвору, мм	H13-H12		H11-H10			H9-H8				H7				
	Перше свердло	Друге свердло	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер або розгортка	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер	Розгортка	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер	Точна розгортка	Точна розгортка
	Забезпечення точності на переході													
	H13	H12	H13	H12	H11- H10	H13	H12	H11- H10	H9-H8	H13	H12	H11- H10	H9- H8	H7
10	10	-	8,7	-	10	8,7	-	9,82	10	8,7	-	9,82	9,94	10
15	15	-	13,7	-	15	13,7	-	14,82	15	13,7	-	14,82	14,94	15
16	16	-	14,25	-	16	14,25	-	15,82	16	14,25	-	15,82	-	16
18	18	-	16,25	-	18	16,25	-	17,82	18	16,25	-	17,82	17,94	18
19	19	-	16,5	-	19	16,5	-	18,75	19	16,5	-	18,75	18,93	19
28	28	-	25,5	-	28	25,5	27	27,25	28	25,5	27	27,25	27,93	28
30	20	30	20	27	30	20	20	29,71	30	20	20	29,71	29,92	30
45		45		42	45		41	44,71	45		41	44,71	44,92	45

Вихідні дані для кожного варіанта приведені в табл. 3.7 попередньої задачі. Розмір заготовки і ОВР розраховують з урахуванням отриманих у цій задачі планів обробки поверхні. Мінімальні значення операційних припусків зазначені в табл. 3.2. Мінімальні припуски для внутрішніх циліндричних поверхонь оброблюваних розточуванням у отворах, отриманих у поковках і виливках, брати такими ж, як і для точіння зовнішніх циліндричних поверхонь (табл. 3.2). У випадках обробки отворів мірним інструментом, номінальні припуски встановлювати на підставі даних табл. 3.5, 3.6. Інші довідкові дані дивитись у [1], де точність обробки поверхонь зазначена в табл. 4, с.8 і в табл. 5, с.11, а точність вихідних заготовок – у табл. 3, с.120 і в табл. 2.3, с.146, у табл. 6.2, с.163. Номінальні значення припусків брати для виливків і поковок у ГОСТ 1855-95, ГОСТ 2009-95 і в ГОСТ 7505-89.

3.3 Контрольні запитання

1. Що називається припуском на обробку?
2. Що називають номінальним, мінімальним і максимальним операційним припуском?
3. Які вихідні дані треба мати для розрахунку ОВР?
4. Які якості точності встановлені для заготовок, одержаних за допомогою лиття і гарячим штампуванням?
5. У залежності від яких чинників установлюються допуск, граничні відхилення і розміри вихідної заготовки?
6. Якими нормативними документами регламентуються припуски на обробку?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

4. РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ НА ОБРОБКУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ТА РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНИХ ВИКОНАВЧИХ РОЗМІРІВ МЕТОДОМ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Розрахунково-аналітичний метод установалення припусків (РАМУП) базується на аналізі чинників, впливаючих на припуск, який визначається з урахуванням складаючих його елементів. РАМУП передбачає розрахунок припусків по усім послідовно виконуєним технологічним переходам обробки даної поверхні, їх підсумовуванням для визначення загального припуску операційних виконавчих розмірів.

Мета роботи: оволодіння РАМУП та порівняння розрахункових припусків з нормативними. Визначення операційних розмірів методом розмірних ланцюгів.

4.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку.

При послідовній обробці протилежних поверхонь припуск на поверхню:

$$2Z_i^{min} = Rz_{i+1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (4.1)$$

При паралельній обробці протилежних поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2(Rz_{i+1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (4.2)$$

При обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(Rz_{i+1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (4.3)$$

У формулах (4.1) – (4.3) Rz_{i+1} - висота нерівностей профілю на попередній ($i-1$) операції чи переході, h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні, обробленої на тій же попередній ($i-1$) операції; ρ_{i-1} – сумарне відхилення форми (зігнутість вісі, бочкоподібність тощо) поверхні на ($i-1$) операції, ε_i - похибка установки заготовки на виконуємой i -й операції чи на i -м переході.

Нормативні матеріали та розрахункові формули, необхідні для визначення елементів: Rz , h , ρ , ε , мінімального припуску наведені в [3]:

- для заготовок з прокату у табл. 1 – 5, с. 180-182;
- відливок – табл. 6-10, с. 182-185;

- для поковок, виготовлених куванням та штампуванням – табл. 11- 25, с. 185-189.

Додатково необхідно використовувати табл. 27-30, с. 190-191.

Величини операційних номінальних Z_i^H та максимальних Z_i^{max} загальних Z_0^{min} та Z_0^{max} припусків, а також номінальних, граничних виконавчих розмірів, забезпечуємих на i -х операціях, розраховують по формулам (3.2) – (3.5) виходячи з рис. 3.1. (див. ПЗ №3)

Вірність розрахунків перевіряють по формулам (3.6), (3.7).

4.2 Порядок виконання роботи

4.2.1 Приклад розв'язання задачі

Вихідні дані:

Деталь – вал (див. рис. 4.1)

Поверхня $\varnothing 35^{+0,06}_{+0,02}$

Робоче креслення деталі (рис. 4.1)

Заготовка – поковка із сталі 40Х, група сталі М-1, нормальної точності та складності С-1. Вага заготовки $Q=3,8$ кг. Тип виробництва – масовий.

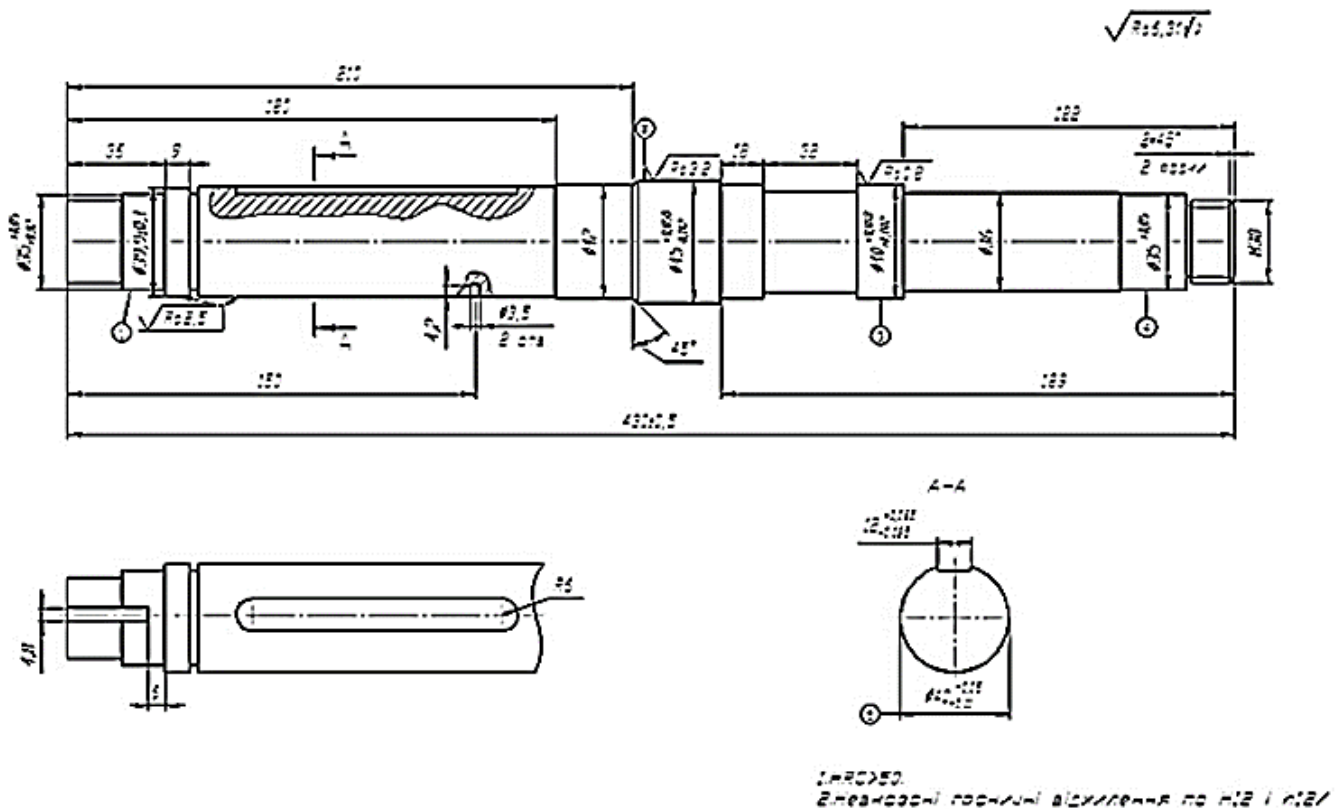


Рисунок 4.1 - Вал

Постановка задачі

Визначити припуски розрахунково-аналітичним методом та технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Матеріал деталі – сталь 40Х, твердість поверхні HRC 48...53, шорсткість поверхні Ra0,4 (Rz1,25). Заготовка-штамповка на пресах нормальної точності, маса заготовки 3,8 кг, група сталі М1, ступінь складності штамповки С1. Обробка поверхні виконується на токарних і шліфувальних напівавтоматах при установці заготовки в центрах.

Технологічний маршрут обробки поверхні:

- 1) заготовка-штамповка;
- 2) точіння чорнове;
- 3) точіння чистове;
- 4) термообробка - загартування;
- 5) шліфування попереднє;
- 6) шліфування остаточне;
- 7) суперфінішування.

Виробництво серійне.

Розв'язання:

1. Підготувати розрахункову таблицю 4.1 і занести основні характеристики поверхні: зовнішня поверхня $\varnothing 35_{+0,02}^{+0,06}$; Rz=1,25; HRC 48...53; мм.

2. Припуски визначаємо розрахунково-аналітичним методом. Вибираємо нормативні і розраховуємо значення елементів припусків для технологічних переходів.

а) для заготовки нормативні значення Rz_i, h_i приймаємо за [4, табл.12, с.186] в залежності від маси штамповки – Rz₁ = 200мкм, h₁ = 200мкм. Заносимо у табл. 4.1 (стовпчик 1 та 2);

Просторові відхилення заготовки визначаємо як суму допустимих значень зміщення $\rho_{зм}$ і короблення поверхні $\rho_{кор}$. За [4, табл.18, с. 187] для групи точності 3 (серійне виробництво): $\rho_{зм} = 1,0\text{мм}$. За [4, табл.16, с.186]- $\Delta_{зм} = 3,0\text{мкм}$, тоді:

$$\rho_{кор} = \Delta_{зм} \cdot l = 3 \cdot 36 = 106\text{мкм} \approx 0,11\text{мм}$$

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кар.}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{1,0^2 + 0,11^2} = 1,006\text{мм}$$

Отримані значення елементів припуску заносимо до таблиці 4.1. у стовпчик 3.

б) для точіння чорнового нормативні значення Rz, h приймаємо за [4, табл. 25, с. 190]:

$$Rz_2 = 50\text{мкм}, h_2 = 50\text{мкм}$$

$$\rho_2 = \Delta_4 \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 1006 = 60,36\text{мкм}$$

де $\Delta_4 = 0,06$ – коефіцієнт уточнення приймаємо за [4, табл. 29, с.190].

Тут слід порівнювати значення Rz із значенням Rz, яке призначили в МОП відповідно до прийнятої схеми досягнення показників якості поверхні.

Похибка зацентрування (фокусування) заготовки визначається за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = \sqrt{2^2 + 1} = 560\text{мкм}$$

де $Td_{\text{заг}} = 2,0$ мм – допуск діаметрального розміру бази заготовки, що використовується при центруванні-свердлінні центрових отворів заготовки. Призначається в залежності від $Q=3.8\text{кг}$. [4, табл. 23, с.147] в) Для точіння чистового за [4, табл. 25, с.188] приймаємо:

$$Rz_3 = 25\text{мкм}, h_3 = 25\text{мкм}$$

$$\rho_3 = 0,05 \cdot 60 = 3\text{мкм}$$

$$\varepsilon_3 = \Delta_4 \cdot \varepsilon_2 = 0,06 \cdot 560 = 33\text{мкм}$$

г) для термообробки (з використанням СВЧ) – за [4, табл. 16, с.186]

$$\rho_4 = 0,75 \cdot 36 = 27\text{мкм}$$

д) для шліфування попереднього приймаємо за [4, табл. 25, с.188]:

$$Rz_5 = 10\text{мкм}, h_5 = 10\text{мкм}$$

$$\rho_5 = 0,05 \cdot 27 = 1,35 \approx 1\text{мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,05 \cdot 33 = 1,65 \approx 2\text{мкм}$$

е) для шліфування остаточного:

$$Rz_6 = 5\text{мкм}, h_6 = 15\text{мкм}$$

$$\rho_6 = 0\text{мкм}$$

$$\varepsilon_6 = 0\text{мкм}$$

ж) для суперфінішування:

$$Rz_7 = 1,25\text{мкм}, h_7 = 1,25\text{мкм}$$

$$\rho_7 = 0\text{мкм}$$

$$\varepsilon_7 = 0\text{мкм}$$

На цій операції припуск не знімається, а лиш тільки поліпшується шорсткість поверхні.

3. Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (4.3):

Для точіння чорнового:

$$2Z_2^{min} = 2 \left(200 + 250 + \sqrt{1006^2 + 560^2} \right) = 3203 \text{ мкм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_3^{min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{60^2 + 33^2} \right) = 337 \text{ мкм}$$

Для шліфування попереднього:

$$2Z_3^{min} = 2 \left(25 + 25 + \sqrt{27^2 + 2^2} \right) = 154 \text{ мкм}$$

Для шліфування остаточного:

$$2Z_2^{min} = 2(200 + 250 + 1) = 62 \text{ мкм}$$

Отримані значення заносимо до табл. 4.1 стовпчик (5).

4. Допуски на розміри для технологічних переходів призначаємо згідно з раніше розробленим МОП, починаючи з останнього:

згідно з раніше розробленим МОП, починаючи з останнього:

$Td_6 = T_{дет} = 0,03$ мм – за кресленням деталі –р7 ;

$Td_5 = 0,039$ мм – відповідно до МОП – h8;

$Td_3 = 0,160$ мм – відповідно до МОП – h11;

$Td_2 = 0,390$ мм – відповідно до МОП – h13.

Допуск на розмір заготовки знаходимо за [4, табл. 23, с.147] з урахуванням маси заготовки 3,8 кг, групи сталі М1, ступеня складності штамповки С1, штамповки нормальної точності і розмірного інтервалу до 50 мм.

$$Td_1 = Td_{зар} = +1,3 - (-0,7) = 2,0 \text{ мм}$$

Отримані дані заносимо до табл.4.1 стовпчик (7).

5. Визначаємо граничні значення технологічних розмірів.

а) розраховуємо максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу:

$$d_{дет}^{max} = d_6^{max} + esd_6 = 35 + 0.05 = 35.05 \text{ мм}$$

б. розраховуємо розрахункові максимальні розміри для переходів за формулою (4.5):

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2Z_{i+1}^{min} + Td_i \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned}
 d_5^{max} &= d_6^{max} + 2Z_6^{min} + Td_5 = 35,05 + 0,062 + 0,039 = 35,151\text{мм} \\
 d_3^{max} &= d_5^{max} + 2Z_5^{min} + Td_3 = 35,151 + 0,154 + 0,16 = 35,465\text{мм} \\
 d_2^{max} &= d_3^{max} + 2Z_3^{min} + Td_2 = 35,465 + 0,337 + 0,39 = 36,192\text{мм} \\
 d_{\text{заг 1}}^{max} &= d_2^{max} + 2Z_2^{min} + Td_1 = 36,192 + 3,203 + 2,00 = 41,395\text{мм}
 \end{aligned}$$

Отримані результати заносимо до розрахункової таблиці 4.1 у стовпчик (6).

б). Розраховуємо мінімальні розміри поверхні для переходів за формулою (4.6), попередньо округлимо розраховані розміри в більшу сторону до можливої точності виконання:

- отримані "Граничні значення розмірів" заносимо у табл. 4.1 стовпчик (8) та (9):

$$d_i^{min} = d_i^{max} - Td_i \quad (4.6)$$

$$d_{\text{дет 6}}^{min} = d_6^{max} - esTd_6 = 35,05 - 0,03 = 35,02\text{мм}$$

$$d_5^{min} = d_5^{max} - Td_5 = 35,151 - 0,039 = 35,112\text{мм}$$

$$d_3^{min} = d_4^{max} - Td_3 = 35,47 - 0,16 = 35,31\text{мм}$$

$$d_2^{min} = d_2^{max} - Td_2 = 36,2 - 0,39 = 35,81\text{мм}$$

$$d_{\text{заг 1}}^{min} = d_1^{max} - Td_1 = 41,4 - 2 = 39,4\text{мм}$$

7. Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

А) мінімальні значення припусків визначаємо за формулою (4.7):

$$2Z_{imin} = d_{i-1min} - d_{imax} \quad (4.7)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2min} = 39,4 - 36,2 = 3,2\text{мм}$;

- точіння чистове: $2Z_{3min} = 35,81 - 35,47 = 0,34\text{ мм}$;

- шліфування чорнове: $2Z_{5min} = 35,31 - 35,151 = 0,159\text{ мм}$;

- шліфування чистове: $2Z_{6min} = 35,112 - 35,05 = 0,062\text{ мм}$.

Б) максимальні значення припусків розраховуємо за формулою (4.7):

$$2Z_{imax} = d_{i-1max} - d_{imin} \quad (4.7)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2max} = 41,4 - 35,81 = 5,59\text{ мм}$;

- точіння чистове: $2Z_{3max} = 36,2 - 35,31 = 0,89\text{ мм}$;

- шліфування чорнове: $2Z_{5max} = 35,47 - 35,112 = 0,358\text{ мм}$;

- шліфування чистове: $2Z_{6max} = 35,151 - 35,02 = 0,131\text{ мм}$.

Результати заносимо у табл. 4.1 у стовпчик (10) та (11).

8. Робимо перевірку розрахунків за формулою (4.9), використовуючи контрольне правило:

$$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (4.9)$$

$$2Z_{0max} = d_{загmax} - d_{детmin} = 41,4 - 35,02 = 6,38\text{мм};$$

$$2Z_{0min} = d_{детmax} - d_{загmin} = 39,4 - 35,05 = 4,35\text{мм};$$

$$TZ_0 = 6,38 - 4,35 = 2,0 + 0,03 = 2,03 \text{ мм};$$

Отримані результати заносимо до таблиці 4.1.

9. Технологічні виконавчі розміри визначені і наведені в розрахунковій таблиці 4.1.

Розмір заготовки розраховуємо за формулою (4.10):

$$d_{1н} = d_{1min} + eid_1 = d_{1max} - esd_1 \quad (4.10)$$

$$d_{1н} = 41.4 - 1.3 = 39.4 + 0.7 = 40.1\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 40_{-0,7}^{+1,3}$

Технологічні виконавчі розміри для другого, третього і п'ятого переходів проставляємо в системі «вала – h», тобто за номінальний розмір приймається максимальний розмір поверхні мінус допуск на обробку, як нижнє відхилення, (див. розрахункову таблицю 4.1).

4.3 Контрольні запитання

1. Які існують методи встановлення номінальних припусків?
2. У чому полягає головна ідея РАМУП?
3. З яких елементів складається мінімальний припуск?
4. Як записується формула для розрахунку мінімального припуску при обробці поверхонь?
5. Як розрахувати величину?
6. Що зветься похибкою установки заготовки?
7. Що називають загальним та місцевим відхиленням осі від прямолінійності?
8. Як розраховується місцеве відхилення осі від прямолінійності?
9. Що розуміють під зміщенням осі заготовки при центруванні вала?

4.4 Індивідуальне завдання

Вихідні дані для кожного варіанта приведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам.

I	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий		Допуск Td. Мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, мкм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		Rzi	hi	ρi	εi	Припуск 2Z	Розмір d		Dmax	Dmin	2Zmax	2Zmin	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35^{+0,05}_{+0,02}$												
1	Заготовка	200	250	1006	-	-	41,395	2,0	41,49	39,4	-	-	$\varnothing 40,1^{+1,3}_{-0,7}$
2	Точіння чорнове	50	50	60	56	3203	36,192	0,39	36,2	36,81	5590	3200	$\varnothing 36,2_{-0,39}$
3	Точіння чистове	25	25	3	33	337	35,465	0,16	35,47	35,32	890	340	$\varnothing 35,47_{-0,16}$
4	Т/О	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування чорнове	10	20	1	2	154	35,151	0,039	35,151	35,112	358	159	$\varnothing 35,151_{-0,02}$
6	Шліфування чистове	5	15	0	0	62	35,05	0,03	35,05	35,02	131	62	$\varnothing 35^{+0,05}_{+0,02}$
7	Суперфінішуванн	1,25	35	0	0	-	35,05	-	35,05	35,02	-	-	$\varnothing 35^{+0,05}_{+0,02}$

Таблиця 4.2 – Вихідні данні для розв'язання задач.

№ вар.	Деталь	Поверхня	Твердість поверхні	Заготовка			
				матеріал	вид	вага, кг	точність
1	2	3	4	5	6	7	8
1,16	Вісь ролика рис.4.2	1 і 2	HRC57...61	сталь 12ХН3А	сталь гарячекатаная Ø34	1,2	Висока
2,17							Підвищена
3,18							Звичайна
4,19		1 і 2	HRC57...61	сталь 12ХН3А	Штамповка	1,2	Підвищена
5,20							Нормальна
6,21	Полумуфта рис.4.3	1 і 2	Без Т/О	сталь 3	Відливка у землю	3,2	1 клас
7,22							2 клас
8,23							3 клас
9,24		1 і 3			Штамповка		Підвищена
10,25							Нормальна
11,26	Вал рис 4.1 (див. п.4.2)	1 і 2	HRC50 не менше	сталь 40Х	Прокат сортовий Ø50	0,9	Висока
12,27							Підвищена
13,28							Звичайна
14,29		3 і 4			Штамповка		Підвищена
15,30		1 і 5					Нормальна

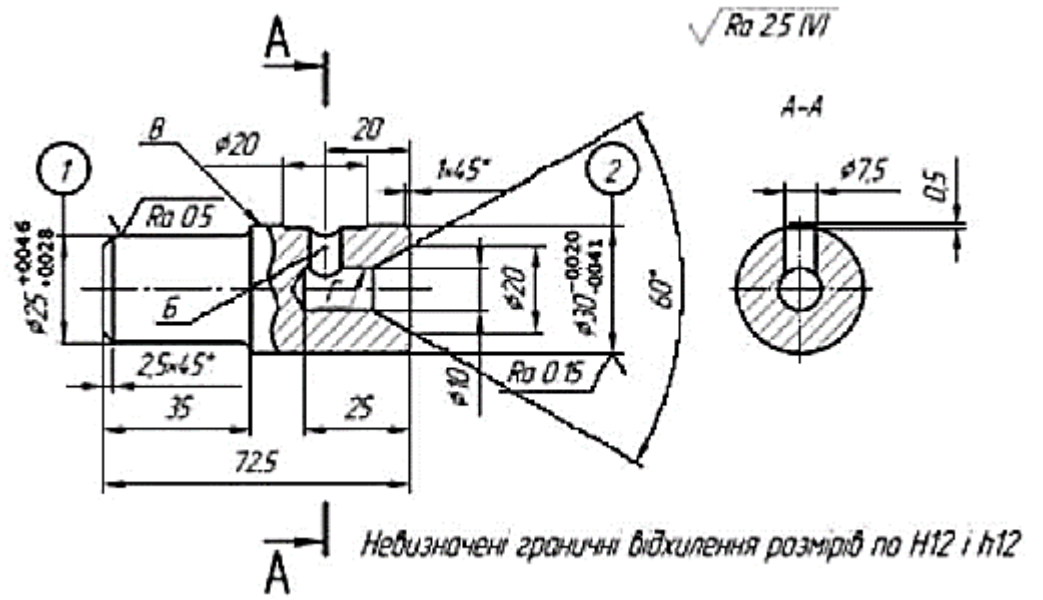


Рисунок 4.2 – Вісь ролика

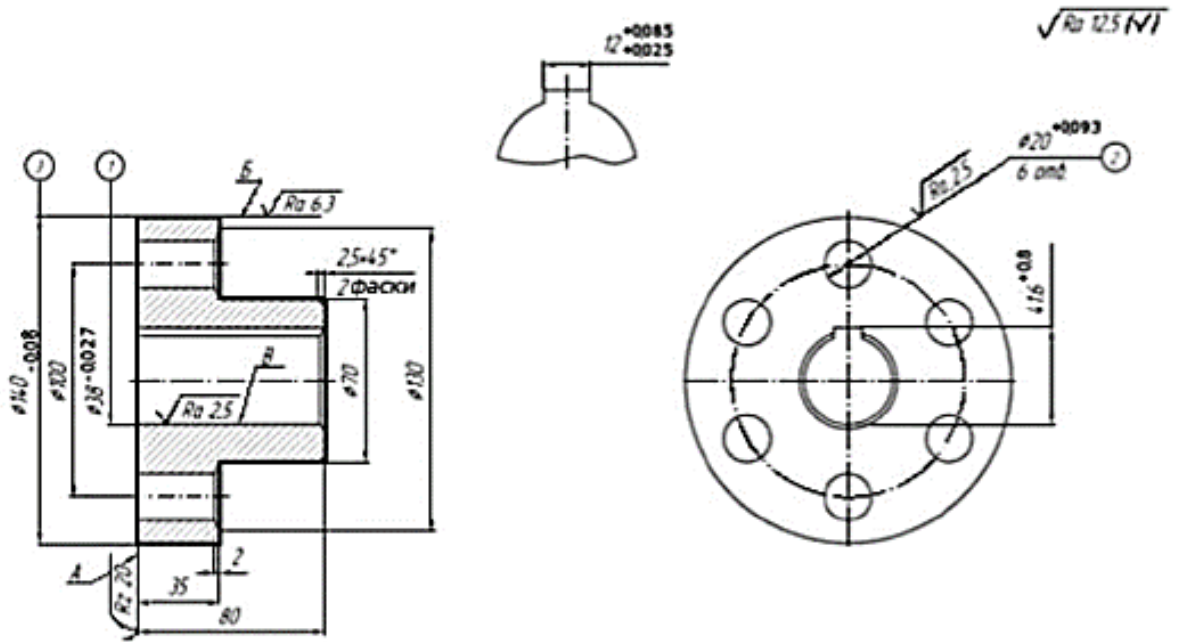


Рисунок 4.3 – Полумуфта

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

5. СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ

Мета роботи: Ознайомитись з поняттям технологічний процес та його елементами. Вибір технологічних баз, послідовністю розробки технологічного процесу.

Знати: Що називається технологічним процесом, порядок складання технологічного процесу, розрізняти елементи технологічного процесу.

Вміти: Скласти технологічний процес виготовлення деталі при механічній обробці металів для певної деталі.

Обладнання: Набір креслярського інструменту, плакати, зразки технологічних карток та бланків.

5.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Виробничий процес являє собою сукупність усіх дій людей та знарядь виробництва, необхідних для виготовлення чи ремонту виробів, що випускаються.

У виробничий процес входять не тільки основні, безпосередньо пов'язані з виготовленням деталей та складанням виробів, але й усі допоміжні процеси, що забезпечують можливість виготовлення продукції (наприклад, транспортування матеріалів і деталей, контроль деталей, виготовлення пристосувань і інструменту, ремонт обладнання, заточування інструменту тощо).

Технологічним процесом механічної обробки називають частину виробничого процесу, безпосередньо пов'язану зі зміною форми, розмірів або властивостей оброблюваної заготовки, виконувану в певній послідовності.

Технологічний процес складається з низки операцій.

Операцією називають закінчену частину технологічного процесу обробки однієї або декількох одночасно оброблюваних заготовок, виконувану на одному робочому місці одним робітником або бригадою. Операція починається з моменту установки заготовки на верстат, включає всю її подальшу обробку і зняття з верстата. Операція є основним елементом при розробці, плануванні та калькуляції технологічного процесу обробки заготовок або складання машин. Операцію можна виконувати за одну або кілька установок заготовки.

Установом (установкою) називають частину технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок.

Позицією називається фіксоване положення, займане незмінно закріпленою оброблюваною заготовкою спільно з пристосуванням щодо

інструмента чи нерухомої частини устаткування для виконання певної частини операції.

Операція може бути виконана за один або декілька переходів.

Переходом (технологічним переходом) називається частина операції, що характеризується незмінністю оброблюваної поверхні, ріжучого інструменту та режиму роботи верстата (кількість оборотів, подача і глибина різання).

Наступний перехід починається тоді, коли зміниться який-небудь з цих параметрів.

Якщо проводиться одночасна обробка декількох поверхонь (наприклад, фрезерування набором фрез), то такий перехід називається складним переходом.

Проходом називається частина переходу, коли знімається шар матеріалу без зміни налаштування верстата. Перехід складається з декількох однакових, наступних друг за іншому проходів. Наприклад, чорнове фрезерування площини з великим припуском на обробку може бути зроблене за два або більше проходів (з однаковою глибиною різання, хвилинною подачею і числом оборотів фрези).

Допоміжний перехід — частина операції, яка складається з дій людини та (або) обладнання, які не супроводжуються зміною форми, розмірів і шорсткості поверхні, але необхідні для виконання технологічного переходу (наприклад, установка заготовки, закріплення фрези на оправці, зміна, підвід і відвід інструмента тощо).

При розробці технологічного процесу механічної обробки важливим є правильне базування заготовки.

Під терміном база розуміють сукупність поверхонь, ліній або точок, по відношенню до яких орієнтуються інші поверхні даної деталі або інші деталі виробу при їх обробці, вимірі або складанні.

Базуванням заготовки називають установку і закріплення її в певному положенні щодо верстата і ріжучого інструменту. Від правильності розташування заготовки відносно верстата і ріжучого інструменту буде залежати точність розміру, точність геометричної форми і взаємного розташування оброблених поверхонь.

Розрізняють бази конструкторські і технологічні.

Конструкторськими базами називають поверхні, лінії і точки на кресленнях, від яких проставлені розміри. Поверхні, які використовуються в технологічному процесі механічної обробки та складання, називають технологічними базами. Вони поділяються на установні, складальні та вимірювальні.

Установочними базами називають поверхні оброблюваної заготовки, які використовуються при встановленні її в пристосуванні або безпосередньо на верстаті. У першій стадії механічної обробки, коли жодна поверхню заготовки ще не оброблена, її встановлюють на необроблені поверхні, які називають чорновими базами. Оброблені поверхні, які використовуються для закріплення заготовки на верстаті при виконанні наступних операцій, називають чистовими базами.

Вимірювальними базами називають ті поверхні або поєднання поверхонь, ліній і точок, від яких виробляють відлік розмірів при вимірюванні деталей.

Для виконання більшості операцій обробки заготовки намагаються використовувати одну і ту ж базу.

Якщо неможливо обробити всі поверхні заготовки з однієї установки або у разі, коли деталь обробляється на різних верстатах, можна змінювати настановні бази.

Проте кожний перехід від однієї бази до іншої збільшує накопичення похибок базування — похибок положення оброблюваної деталі відносно верстата, пристосування інструмента. При виборі баз різного призначення треба прагнути використовувати одну і ту ж поверхню в якості різних баз, так як це сприяє підвищенню точності обробки і вимірювання. Наприклад, доцільно в якості вимірювальної бази використовувати настановну базу.

При виборі чорнових баз треба виходити з таких основних положень:

1. Для заготовок, які обробляються не колом, слід, як правило, використовувати в якості чорнових баз поверхню, яка не буде оброблятися зовсім. Це дозволить отримати найменшу похибку відносно оброблених поверхонь.

2. При обробці заготовок колом слід приймати за чорнові бази такі поверхні, які мають найменший припуск на обробку. Це дозволить уникнути браку з-за нестачі припуску на прийняту за базу оброблювану поверхню.

3. Поверхні, прийняті за чорнові бази повинні дозволяти надійно закріпити заготовку, щоб проводити обробку при заданих режимах різання.

При виборі чистових баз слід керуватися такими основними положеннями:

При обробці точних деталей за чистову базу слід по можливості приймати ту поверхню, по якій готова деталь встановлюється при складанні машин.

Чистові бази повинні забезпечувати найменші деформації заготовки при її закріпленні й обробці.

Базування оброблюваних деталей.

З механіки відомо, що кожне абсолютно тверде тіло в просторі має шість ступенів свободи, тобто воно може рухатися в трьох взаємно перпендикулярних напрямках по осях X , Y і Z і повертатися навколо цих осей. Щоб однозначно визначити положення твердого тіла в просторі, треба позбавити його цих шести ступенів свободи.

При встановленні заготовки на верстаті необхідно забезпечити певний її положення відносно ріжучого інструменту, так як від цього в значній мірі залежить точність обробленої деталі. На рис. 5.1 показана схема установки на шість точок заготовки, яка має форму паралелепіпеда.

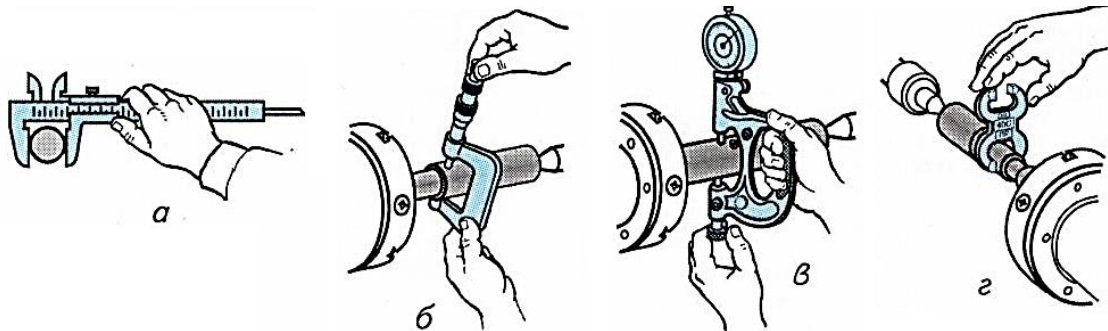


Рисунок 5.1 - Схема установки призматичної заготовки на шість точок

Нижній опорною базою заготовку встановлюють на три точки (штифта) 7, 2 і 3. Заготовка при цьому втратила трьох ступенів свободи, а саме: повороту навколо осей x , y і переміщення вздовж осі Z . Притиснувши заготовку до двох бічних точок (штифтів) 4 і 5, ми позбавляємо її ще двох ступенів свободи — повороту навколо осі Z і переміщення вздовж осі X . Щоб позбавити заготівлю останній, шостий, ступені свободи — переміщення вздовж осі Y , досить наполегливу площину притиснути до штифта 6. Таким чином, для отримання цілком певної установки заготівлі в пристосуванні необхідно і достатньо мати шість опорних точок, з яких три — в опорній площині, дві — в направляючої і одна — у впертій. Це правило в технології машинобудування носить назву «**правила шести точок**».

При базуванні циліндричної деталі на призмі (див. рис. 5.2) вона позбавляється чотирьох ступенів свободи чотирма нерухомими одноточечними опорами 1, 2, 3 і 4.

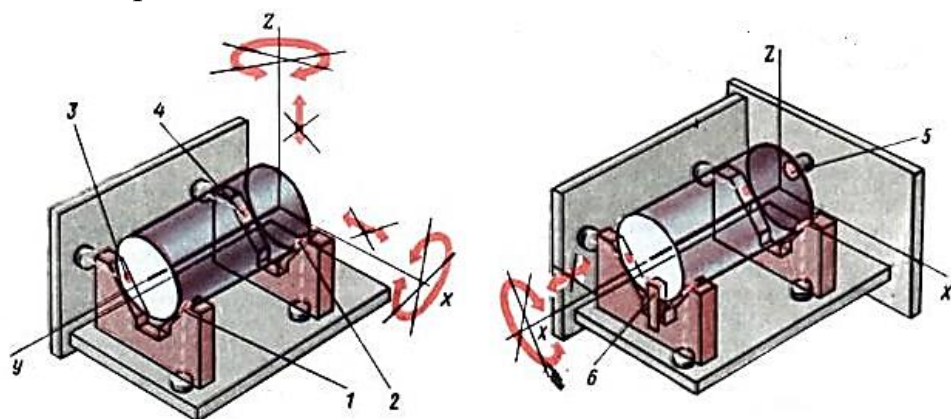


Рисунок 5.2 - Базування вала

Останніх двох ступенів вільності (переміщення вздовж осі деталі (уздовж призми) і обертання деталі навколо своєї осі — вона позбавляється за допомогою ще двох одноточкових опор 5 і 6. Для цього необхідно в точці 5 поставити упор, а в точці 6 — шпонку.

Припуск на обробку

Загальним припуском на обробку називається шар металу або матеріалу, що видаляється в процесі виконання всіх операцій обробки даної поверхні деталі. Він дорівнює різниці розмірів заготовки і готової деталі.

Межопераційним припуском на обробку називається шар металу або матеріалу, залишеного після цього переходу для виконання подальшого переходу обробки.

Запитання про вибір припусків має велике значення.

Від величини припуску залежить кількість стружки. Видалення зайвих шарів металу вимагає додаткової витрати часу, витрати електроенергії і т. д. Тому надмірно великі припуски знижують продуктивність і економічність обробки.

При виборі припусків слід зменшувати загальні та міжопераційні (проміжні) припуски на обробку, особливо в умовах масового і великосерійного виробництва. Заготовки за своїми розмірами і формою повинні максимально наближатися до готової деталі (рис.5.3).

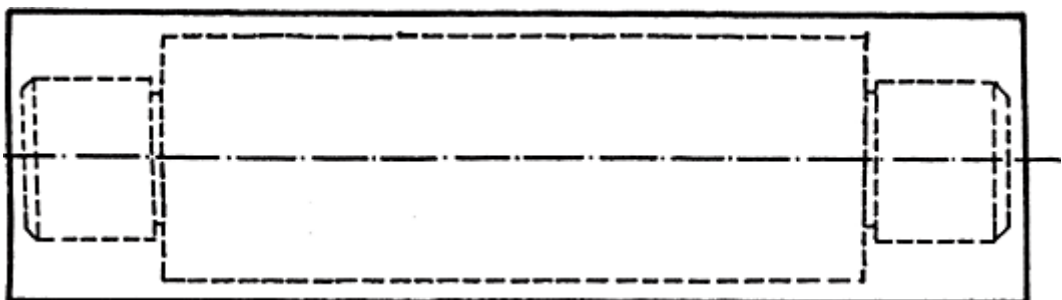


Рисунок 5.3 - Контури заготовки і готової деталі

Комплекс державних стандартів

ЕСТД комплекс державних стандартів, що встановлюють взаємопов'язані правила і положення розробки, оформлення, комплектації та обігу технологічної документації, яка застосовується у виробництві усіма машинобудівними та приладобудівними організаціями і підприємствами.

Основне значення стандартів ЕСТД — встановити у всіх організаціях і на всіх підприємствах єдині правила виконання, оформлення та обігу технологічної документації. Впровадження стандартів ЕСТД дає можливість

використовувати технологічну документацію як інформаційну базу автоматизованої системи управління виробництвом (АСУП) в умовах різних масштабів і характеру виробництва. Створення Єдиної системи технологічної документації є важливим етапом робіт з удосконалення технологічної підготовки виробництва.

ЕСТД дає можливість обміну технологічними документами між організаціями і підприємствами без їх переоформлення.

Основними видами технологічних документів (ГОСТ 3.1102—73) є: маршрутна карта, карта ескізів, технологічна інструкція, відомість оснастки, операційна карта і ін.

Маршрутна карта — технологічний документ, що містить опис технологічного процесу виготовлення чи ремонту виробу (включаючи контроль і переміщення) за всіма операціями різних видів у технологічній послідовності з зазначенням даних про обладнання, оснащення, матеріальних і трудових нормативів у відповідності з встановленими формами.

Карта ескізів — технологічний документ, що містить ескізи, схеми і таблиці, які необхідні для виконання технологічного процесу, операції, технологічного переходу або ремонту виробу (включаючи контроль і переміщення).

Технологічна інструкція — технологічний документ, що містить опис прийомів роботи, або технологічних процесів виготовлення чи ремонту виробу (включаючи контроль і переміщення), правил експлуатації засобів технічного оснащення, опис фізичних і хімічних явищ, що виникають при окремих операціях.

Відомість оснащення — документ, що містить перелік стандартних та спеціальних пристосувань, необхідних для оснащення технологічного процесу виготовлення виробу.

Операційна карта — технологічний документ, що містить опис технологічної операції із зазначенням переходів, режимів обробки і даних про засоби технологічного оснащення.

Одним з основних принципів побудови технологічних процесів є принцип поєднання технічних, економічних і організаційних задач, вирішуваних в даних виробничих умовах. Технологічний процес повинен безумовно забезпечити виконання всіх вимог до точності і якості деталей і виробу в цілому, передбачених кресленнями і технічними умовами, при найменших затратах праці і мінімальній собівартості. Існує зазвичай декілька варіантів обробки деталей, однаково задовольняють вимогам креслень і технічних умов, але вартість обробки різна.

Для заданих умов і масштабу виробництва слід вибрати той варіант, який в більшій мірі задовольняє вирішенню зазначених вище вимог.

Вибір оптимального варіанту технологічного процесу вимагає в ряді випадків розрахунку економічної ефективності і порівняння економічності варіантів обробки.

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки вихідними є наступні дані: програмне завдання; креслення і технічні умови на виготовлення і приймання виробу; вид заготовки, що залежить від розміру партії, матеріалу, геометричної форми і розміру деталі та ін.

Існують два випадки розробки технологічних процесів.

Перший, коли для виробництва машин проектується нові заводи або цехи заводу і, отже, вільний вибір обладнання, виробничих площ та інших технічних засобів, складових виробничий процес.

Другий, найбільш поширений, коли на базі діючого заводу з урахуванням технічної оснащеності організують виробництво нового виробу. В цьому випадку розробка технології виготовлення підпорядкована конкретній виробничій обстановці. Розробка технологічних процесів ведеться за планом.

Знайомляться з призначенням виробу, вивчають креслення деталей і технічні умови на їх виготовлення.

Вибирають спосіб отримання заготовки для деталей залежно від розміру партії і матеріалу. Визначають розміри припусків на обробку.

За кресленнями деталей визначають базуються поверхні (чорнові і чистові), за якими буде проводитися кріплення деталі. Призначають першу початкову операцію, використовуючи правило чорнових баз.

Послідовність і характер операцій визначаються конфігурацією, точністю і класом шорсткості оброблюваних поверхонь, заданих за кресленням деталі.

У більшості випадків обробку заготовки доцільно проводити в кілька операцій:

- чорнова обробка, при якій знімають основну частину загального припуску;
- напівчистова та чистова обробка, при якій забезпечується задана точність;
- оздоблювальна обробка, при якій забезпечується необхідний клас чистоти поверхні і точність форми і розмірів деталі.

Для кожної операції вибирають верстат, пристосування, ріжучий, допоміжний і вимірювальний інструменти, охолодження з урахуванням кількості одночасно оброблюваних деталей.

Для кожного переходу визначають розрахункові розміри оброблюваних поверхонь, число проходів і режими різання.

Для кожного переходу нормують основне технологічне (машинне) і допоміжний час та ін.

Порядок складання технологічного процесу механічної обробки заготовки

Для складання технологічного процесу механічної обробки заготовки необхідно мати креслення деталі з технічними умовами, складальне креслення вузла, в який входить певна деталь відомості про вид та розміри заготовки [1].

- 1) знайомляться з призначенням деталі;
- 2) вибирають вид заготовки,
- 3) групують переходи в операції та намічають послідовність операцій та переходів;
- 4) складають технологічний маршрут, в якому вказують зміст операцій, установок, переходів, та позначають схематичне зображення переходів;
- 5) вибирають для кожної операції тип верстата, а також пристосування, ріжучі та вимірювальні інструменти;
- 6) вибирають режими роботи, складають розрахунки основного (технологічного) часу, та норм на виконання роботи в цілому.

Технологічний процес складають з врахуванням передових методів праці, досвіду новаторів виробництва та сучасних рівнів технологій, тобто процес повинен забезпечити високу продуктивність праці, високу якість виготовлених деталей та найменшу собівартість. [1]

Заготовки для виготовлення деталей

Заготовка деталі повинна мати декілька більші розміри ніж готова деталь, тобто передбачається шар металу який знімають при механічній обробці, який називають припуском на обробку. Величина припуску повинна бути найменшою (тобто, заготовка по формі та розмірам повинна нагадувати форму та розмір готової деталі), але при цьому повинно бути забезпечено виготовлення гідної деталі.

Величину припуску вибирають по довідниках в залежності від розмірів та способу виготовлення заготовки.

Заготовки деталей виготовляють литтям, ковкою, штампуванням, сваркою, пресуванням, прокат, волочіння. Заготовки бувають металеві та неметалеві. Неметалеві заготовки в основному виготовляють з пластмас (синтетичних речовин органічного походження) методом лиття, пресування чи видавлювання.

До металічних заготовок відносять прокат з сталі та кольорових металів (простих та складних профілів) у вигляді прутків та труб, поковки, листове штампування, відливки.

Більшість деталей типа валів, втулок, шайб та кілець виготовляють з заготовок які поставляють у вигляді округлих, шестигранних та квадратних

прутків. Крупні та складні по формі заготовки виготовляють з штучних заготовок, які виготовляють литтям, ковкою чи штамповою.

5.2 Порядок виконання роботи

1. Вибрати зразок виробу для складання технологічного процесу.
2. Ознайомитися з призначенням деталі.
3. Вибирати вид заготовки.
4. Згрупувати переходи в операції та намітити послідовність операцій та переходів.
5. Вибирати тип верстата, а також пристосування, ріжучі та вимірювальні інструменти.
6. Вибирати режими роботи, скласти розрахунки основного (технологічного) часу, та норм на виконання роботи в цілому.
7. Накреслити технологічну карту виготовлення деталі.

5.2.1 Звіт до роботи.

1. Зробити технологічну карту виготовлення вибраної деталі.
2. Обґрунтувати послідовність виготовлення деталі.
3. Розрахувати основний час на виготовлення деталі.

5.3 Контрольні запитання

1. Що називається технологічним процесом механічної обробки заготовки?
2. Що таке технологічна операція, перехід та прохід?
3. Що називається установкою?
4. Що таке припуск на обробку?
5. Що таке технологічні бази та правила їх вибору?
6. В якій послідовності здійснюється розробка технологічного процесу?
7. В якій технологічній документації фіксують відомості про технологічний процес виготовлення виробу?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

6. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ЗОВНІШНЬОМУ ТОЧІННІ

Мета роботи: Вивчити методику розрахунку режимів різання, що витрачається на видалення поверхневого шару, який зрізується при точінні. Ознайомитися і набути навичок роботи з довідковою літературою.

Вихідні данні: Розрахувати режими різання при виконанні технологічної операції «точіння зовнішньої поверхні на прохід»

6.1. Основні теоретичні положення по темі заняття

6.1.1 Загальні уявлення про процес точіння

Різнання матеріалів – наука про закономірності виникання, протікання та взаємодії фізичних явищ, які з'являються в процесі видалення поверхневого шару оброблюваного матеріалу при механічній обробці матеріалів.

Обробка різанням полягає в тому, що необхідно зрізати (видаляти) з поверхні оброблюваної заготовки деяку масу обробленого матеріалу, спеціально залишеного на механічну обробку, який називається **припуском на обробку**.

Припуск може віддалятися (зрізатися) одночасно з однієї або декількох поверхонь, або послідовно один за одним на окремих поверхнях. У ряді випадків він може бути настільки великим, що для його видалення потрібно декілька **проходів**.

Після видалення всього припуску, призначеного для механічної обробки, заготовка припиняє своє існування і перетворюється на деталь.

Матеріал припуску, відокремлений механічно від поверхні заготовки, піддається пластичній і термічній деформації, а також руйнуванню на окремі елементи або фрагменти. В ході деформацій поверхневий шар, що видаляється, набуває характерного вигляду, який прийнято називати, – **стружкою**.

Стружка є побічним продуктом або відходами обробки матеріалів різанням. Сучасна тенденція при обробці матеріалів різанням прагне зменшити відношення ваги отриманої в ході механічної обробки стружки по відношенню до ваги заготовки (деталі).

Кінематика різання — це розділ теорії різання, що розглядає відносний рух інструменту і заготовки в процесі різання, його елементи, вплив цих елементів на процес різання.

Рух різання — загальний (результуючий) або відносний рух інструменту і заготовки в процесі різання, який необхідний для здійснення процесу перетворення поверхневого шару оброблювального матеріалу, що зрізається, в стружку. Він може бути як *простим*, так і *складним*. Складний рух різання відтворити робочим органом буває скрутно, тому його розчленовують на прості рухи. Простих рухів у складі руху різання може бути декілька і їх розділяють на *головний рух* (D_v), *рух повздовжньої подачі* (D_s) і *поперечної подачі* (D_{s1}).

Головний рух (D_v) — прямолінійна або поступальна, чи обертальна хода заготовки або ріжучого інструменту, що призначена для видалення поверхневого шару (припуску) оброблювального матеріалу. Головний рух визначає *швидкість різання*.

Рух подачі (D_s) — прямолінійна або поступальна, чи обертальна хода ріжучого інструменту або заготовки, яку призначено для того, щоб розповсюдити відділення поверхневого шару матеріалу на всю оброблювану поверхню. Рух подачі прийнято називати просто *подачею*.

Точіння (чорнове, чистове, комбіноване, тонке) — *обробка різцями та іншим осьовим інструментом з різцями поверхонь деталі, з метою отримання заданого діаметру, формоутворення контуру деталі, та забезпеченням збігу осі поверхні з віссю обертання виробу або інструменту. Окремим видом точіння є обробка отворів – розточування.*

Розточування (чорнове, чистове, комбіноване і тонке) — *обробка різцями заздалегідь одержаних отворів, з метою отримання отворів заданого діаметру, формоутворення контуру отвору і забезпечення збігу осі отвору з віссю обертання виробу або інструменту. Розточування може виконуватися на стискання або на розтягування оправки.*

Сутність обробки **точінням** полягає в обробці деталей типу тіл обертання, простої (повздовжнє і поперечне точіння, обробка канавок та інше) та складної (фасонна обробка, нарізання різьб та інше) форми поверхні. Точіння є однією з найбільш точних обробок, а саме дає можливість досягнення 7...9 квалітету, з шорсткістю поверхні, яка відповідає $Ra = 0,08...0,16$ мкм.

Розточування отворів призначене для випрямлення осі вже заздалегідь обробленого отвору, зняття більшої частини припуску матеріалу і усунення браку виробу (різностійність, не співвісність і т.п.) одержаного після свердління отвору. Додання отвору правильної геометричної форми (кола, відсутність конусності і овальності), отримання заданої точності виконаного діаметру і необхідної шорсткості поверхні отвору.

Виходячи з вимог по точності розмірів діаметру, шорсткості поверхні, розточуванні отвори діляться на дві групи:

До **першої групи** відносяться отвори, що виготовляються по 7...9 квалітету з шорсткістю поверхні отвору, відповідною $Ra = 0,08...0,16$ мкм, з відсутністю уступів по довжині отвору, з мінімальної різностійкістю деталі і з великими значеннями відношення $L/d > 40$;

До другої **групи** відносяться глибокі отвори, що виготовляються по 10...12 квалітету з шорсткістю поверхні отвору, відповідною $Ra = 20...0,5$ мкм, з можливою наявністю концентричних уступів (тобто ступінчасті отвори) і з відносно меншими значеннями відношення L/d .

При **точінні** рухом різання є обертальний рух деталі, а рухом подачі – прямолінійний рух різця уздовж осі деталі.

При обробці деталі токарним різцем розрізняють (рис. 6.1) наступні поверхні на заготівці: *оброблювана і оброблена поверхні*, а також *поверхня різання*. Різниця між оброблюваною і обробленою поверхнею називається **глибиною різання** (t). При симетричній обробці глибина різання ділиться навпіл. З поверхнею різання співпадає площина різання, яка розташовується уздовж головної ріжучої кромки інструменту перпендикулярно опорній площині.

Оброблюваною поверхнею — називають таку поверхню заготовки, яка зникає в результаті зняття припуску.

Обробленою поверхнею називають поверхню, що утворилася на деталі після зняття припуску.

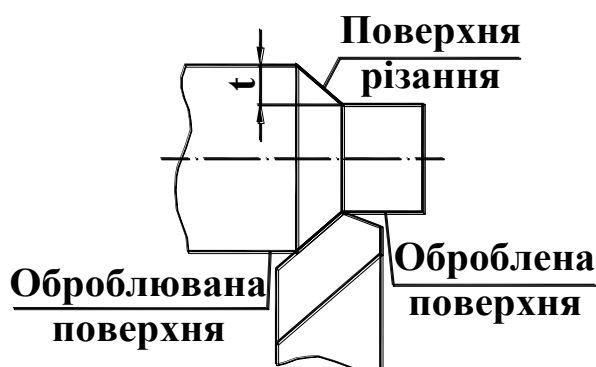


Рисунок 6.1. – Поверхні заготовки.

Поверхнею різання — називають поверхню, що безпосередньо утворюється лезами інструменту в процесі різання. Ця поверхня є перехідною між оброблюваною і обробленою поверхнями, вона існує тільки під час різання і зникає після закінчення обробки.

Ріжуча частина інструменту обмежується поверхнями, які розглядаються в **статичній, кінематичній** або **настановній** системі координат.

Різці всіх видів мають дві головні частини (див. рис. 6.2):

— **державку** або **стержень** (довгастий прямокутний або круглий стержень з лискою і ін.) за допомогою якого здійснюється кріплення інструменту у виконавчих механізмах верстата або пристосування;

— *головку* або *робочу частину* (сукупність площин, які створюють ріжучий клин або декілька клинів) з допомогою якої здійснюється видалення припуску або зрізання стружки.

Ріжуча частина інструменту залежно від його вигляду може бути гострою або тупою, криволінійною або з декількома вершинами, тобто складною або простій ріжучою формою.

Розглянемо визначення основних елементів інструменту на прикладі токарного різця (див. рис. 6.2):

— Поверхня *1* називають *передньою поверхнею* (A_f). Це така поверхня, по якій в процесі різання сходять стружка. Обмежується ця поверхня контуром різця.

— Поверхня *3* називають *головною задньою поверхнею* (A_a). Це така поверхня інструменту, яка звернена до поверхні різання.

— Поверхня *6* називають *допоміжною задньою поверхнею* (A_{a1}). Це така поверхня інструменту, яка звернена до обробленої поверхні.

Передня і задня поверхні інструменту можуть бути увігнутими, опуклими поверхнями, площинами або їх комбінаціями.

— Перетин передньої і задньої поверхонь утворює *головне лезо 2* (*головна ріжуча кромка* (K)), а перетин передньою і допоміжною задньою поверхонь – *допоміжне лезо 4* (*допоміжна ріжуча кромка* (K_1)).

При перетині головною і допоміжною ріжучих кромок (лез) що перетинаються в точці, розташовується так звана *вершина інструменту 5*. При виготовленні інструменту та збільшення його стійкості вершину можуть виконувати по дузі кола (*радіус при вершині*) або по прямій лінії утворюючи при цьому *перехідне лезо*.

На перехідному лезі вершиною інструменту називають ту точку леза, якій інструмент при його установці на верстаті торкнеться обробленої поверхні. Залежно від типу інструменту допоміжних задніх поверхонь на ньому може бути більш ніж одна (наприклад, відрізний різець).

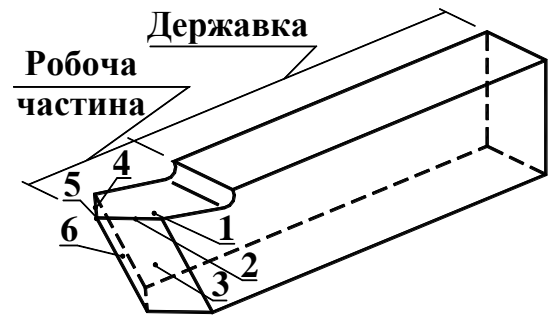


Рисунок 6.2. – Конструктивні елементи різців:

1 – передня поверхня; *2* – головна ріжуча кромка; *3* – головна задня поверхня; *4* – допоміжна ріжуча кромка (K_1); *5* – вершина інструменту; *6* – допоміжна задня поверхня.

У координатній площині (горизонтальна площина) вимірюють слідуєчі кути (див. рис. 6.3): *головний* (φ) і *допоміжний* (φ_1) *кут в плані та кут при вершині* (ε).

Головний кут в плані (φ) – кут в основній площині між площиною різання і робочою площиною.

Допоміжний кут в плані (φ_1) – кут в основній площині між головною січною площиною) і робочою площиною, розташування.

Кут при вершині (ε) – кут в основній площині між головною січною площиною і площиною різання.

У координатній площині (вертикальна площина) вимірюють слідуєчі кути (рис. 6.4): *передній* (γ), *задній* (α), *кут загострення* (β), *кут різання* (δ).

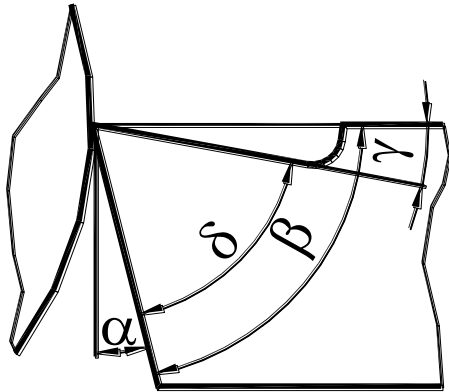


Рисунок 6.4. – Кути різця в вертикальній площині.

Якщо поверхня ріжучого інструменту криволінійна, то значення кутів α , γ , β , δ визначається (вимірюються) від дотичних ліній, проведених до криволінійних ліній в довільній точці ріжучої кромки, тобто значення цих кутів уздовж ріжучої кромки будуть змінними.

Сума кутів $\alpha + \beta = \delta$ або так званий **кут різання**, розташовується між головною та допоміжною ріжучими кромками інструменту.

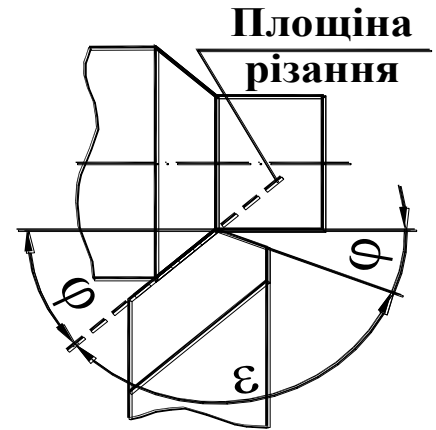


Рисунок 6.3. – Кути різця в горизонтальній площині.

Передній кут (γ) – кут в січній площині знаходиться між передньою поверхнею леза і основною площиною.

Задній кут (α) – кут в січній площині між задньою поверхнею леза і площиною різання.

Кут загострення (β) – кут в головній січній площині між проекцією основної площини і задньою поверхнею леза.

Сума кутів $\alpha + \beta = \delta$ або так званий **кут різання**, розташовується між головною та

Кут нахилу головної ріжучої кромки (λ) – це кут, який визначає нахил головної різальної крайки відповідно до вершини різця (рис. 5).

Величина кута вимірюється від лінії, яка проходить через вершину різця паралельно основній площині, до головної різальної кромки (рис. 6.5).

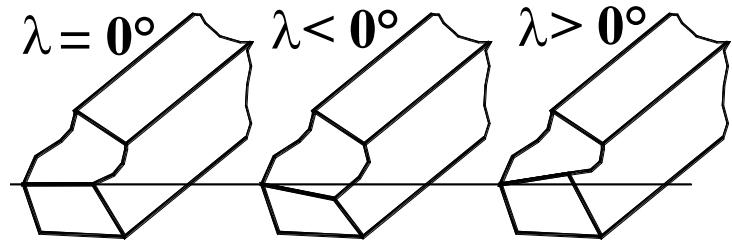


Рисунок 6.5. – Розташування кута нахилу ГРК.

6.2 Порядок виконання роботи

6.2.1 Умови для виконання завдання:

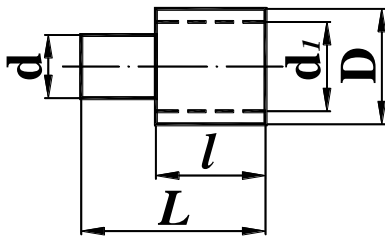


Рисунок 6.6. – Ескіз деталі.

Заготовка (рис. 6.6 і табл. 6.1):

- відливка (для сірого чавуна, бронзи) в кокіль, без корки;
- прокат (для сталі та латуні);

Схема базування – заготовка встановлюється в центрах;

Розміри заготовки вказано в таблиці 6.1

Таблиця 1. – Варіанти завдання до практичного заняття № 6

№ з/п	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм					Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Твердість заготовки
		D	d_1	d	L	l		
1.	Сталь 20	80	75	60	500	380	Rz 80	$\sigma_B=550$ МПа
2.	Сірий чавун СЧ10	85	80	60	520	400	Rz 40	HB 160
3.	Сталь 12X18H9T	90	85	60	540	420	Rz 20	HB 180
4.	Сталь 14X17H2	95	90	60	560	440	Ra 2,5	HB200
5.	Сірий чавун СЧ30	100	95	60	580	460	Ra 1,25	HB 220
6.	Сірий чавун СЧ20	105	100	80	600	500	Ra 0,63	HB 210
7.	Сталь 38ХА	110	105	80	620	520	Rz 80	$\sigma_B=680$ МПа
8.	Сталь 35	115	110	80	640	540	Rz 40	$\sigma_B=560$ МПа
9.	Сірий чавун СЧ15	120	115	80	660	560	Rz 20	HB 170
10.	Сірий чавун СЧ10	125	120	80	680	580	Ra 2,5	HB 160
11.	Сталь 40ХН	80	75	60	700	600	Ra 1,25	$\sigma_B=700$ МПа
12.	Сталь Ст3	85	80	60	720	620	Ra 0,63	$\sigma_B=600$

								<i>МПа</i>
13.	Сталь 40Х	90	85	60	740	640	Rz 80	$\sigma_B=750$ <i>МПа</i>
14.	Сталь Ст5	95	90	60	760	660	Rz 40	$\sigma_B=600$ <i>МПа</i>
15.	Сірий чавун СЧ20	100	95	60	780	680	Rz 20	HB 180
16.	Сірий чавун СЧ20	105	100	80	500	380	Ra 2,5	HB 200
17.	Сталь 20Х	110	105	80	520	400	Ra 1,25	$\sigma_B=580$ <i>МПа</i>
18.	Сталь 50	115	110	80	540	420	Ra 0,63	$\sigma_B=750$ <i>МПа</i>
19.	Бронза Бр АЖН 10-4	120	115	80	560	440	Rz 80	HB140
20.	Латунь ЛМЦЖ 52-4-1	125	120	80	580	460	Rz 40	HB100
21.	Сірий чавун СЧ30	80	75	60	600	500	Rz 20	HB 220
22.	Сірий чавун СЧ20	85	80	60	620	520	Ra 2,5	HB 200
23.	Сталь 30ХН3А	90	85	60	640	540	Ra 1,25	$\sigma_B=800$ <i>МПа</i>
24.	Сталь 30ХМ	95	90	60	660	560	Ra 0,63	$\sigma_B=780$ <i>МПа</i>
25.	Сталь 45	100	95	60	680	580	Rz 80	$\sigma_B=650$ <i>МПа</i>
26.	Сталь 15Х	105	100	80	700	600	Rz 40	$\sigma_B=687$ <i>МПа</i>
27.	Ковкий чавун КЧ30	110	105	80	720	620	Rz 20	HB 163
28.	Сталь 20ХНР	115	110	80	740	640	Ra 2,5	$\sigma_B=700$ <i>МПа</i>
29.	Сталь 30Г	120	115	80	760	660	Ra 1,25	$\sigma_B=550$ <i>МПа</i>
30.	Сталь 35ХГСА	125	120	80	780	680	Ra 0,63	$\sigma_B=700$ <i>МПа</i>

6.2.2 Зразок виконання практичної роботи № 6 (Розрахунок режимів різання при зовнішньому точінні)

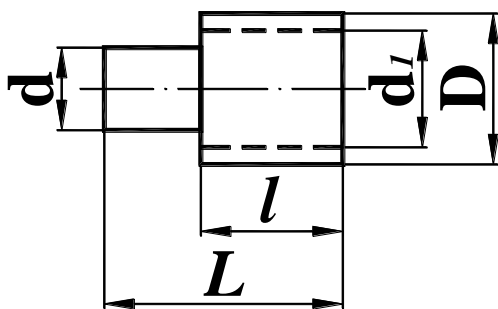


Рисунок 6.7. – Ескіз деталі.

Заготовка – відливка, без корки (рис. 6.7);

Схема базування – заготовка встановлюється в центрах.

Матеріал – СЧ15

Розміри: $D = 95$ мм, $d_1 = 90$ мм, $L = 480$ мм;
 $l = 95$ мм;

Шорсткість обробленої поверхні: – $Ra = 2,5$ мкм

Твердість заготовки – HB 190.

Вибір моделі токарного верстата.

З існуючого модельного ряду токарних верстатів вбираємо верстат мод. 16К20 (Додаток А, табл. А.1), який призначений для роботи в умовах дрібносерійного виробництва, його конструкція дозволяє встановити заготівку з вказаними габаритами.

Основні технічні характеристики верстата:

- найбільший діаметр обробки – **400 мм**;
- найбільша довжина заготівки – **2000 мм**;
- потужність двигуна в приводі головного руху – $N_s = 10 \text{ кВт}$;
- коефіцієнт корисної дії – $\eta = 0,75$;
- осьова сила, що допускається міцністю механізму подач $[P_{oc}] = 6000 \text{ Н}$;
- найбільша висота різця встановлюваного в різцетримачі – **25 мм**.

Вибір ріжучого інструменту.

Матеріал ріжучої частини різця приймаємо по рекомендаціях, приведених в (Додаток Б. табл. Б.2). Для обробки чавуну при напів чистовому і чистовому точінні вибираємо твердий сплав марки **ВК6**.

Для чорнового та чистового точіння використовуємо прямий токарний прохідний різець з пластинами твердого сплаву по ГОСТ 18878-73 (Додаток Б. табл. Б.7).

Розміри різця:

- перетин державки – $B \times H = 16 \times 25 \text{ мм}$;
- довжина різця – $L = 140 \text{ мм}$;
- радіус при вершині різця в плані – $r = 2 \text{ мм}$;
- зсув вершини різця в горизонтальній площині – $n = 9 \text{ мм}$;
- головний кут в плані $\varphi = 45^\circ$.

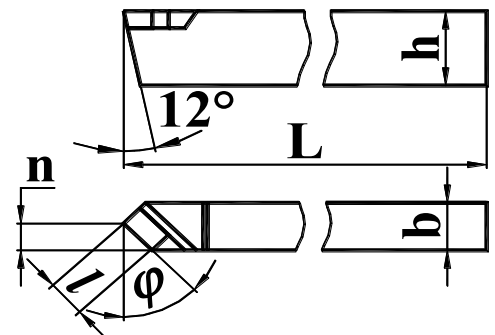


Рисунок 6.8. – Ескіз різця.

Приймаємо форму передньої поверхні різця – плоску з фаскою.

Геометрія ріжучої частини різця – $f = 0,25 \text{ мм}$; $\gamma_\phi = 0^\circ$ по ГОСТ 18878-73. На рис. 8 показаний ескіз прийнятого різця.

Визначення глибини різання.

Шорсткість обробленої поверхні відносно висока (видно з умови завдання), отже, необхідно для остаточної обробки призначити – чистову обробку. Проте, як видно з ескізу рис. 7 допуск залишено на обробку забагато для чистової обробки ($t = D - d_1 = 95 - 90 = 5 \text{ мм}$), то виникає запитання про розбиття видаленого припуску на два проходи (чорновий та чистовий).

Визначаємо припуск для чорнової обробки виходячи з умов, що за перший прохід видаляють більшу частину припуску до 80...90%, тобто призначаємо відповідно: $t_{чор} = 5 \times 90 / 100 = 4,5$ мм.

Відповідно визначаємо припуск на чистову обробку, виходячи з умов, що на чистову обробку остається частина припуску не видалена на чорновому проході:

$$t_{чис} = t - t_{чор} = 5 - 4,5 = 0,5 \text{ мм.}$$

Вибір подачі.

Згідно фізико-механічних властивостей матеріалу, що обробляють (табл. 1) та обраного токарного верстата мод. 16К20, приймаємо значення подачі виходячи з його геометричного ряду подач. Назначив відповідно подачу: для чорнового проходу $S_{чор} = 1,3$ мм/об (Додаток Г, табл. Г.1); для чистового – $S_{чис} = 0,32$ мм/об (Додаток Г, табл. Г.2).

Подальші розрахунки виконуємо для чорнового проходу.

Розрахунок швидкості різання:

$$V = (C_V / T^m t^x S^y) K_V,$$

де, вибираємо дані по таблицях: $C_V = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$ (Додаток Д, табл. Д.1); K_V – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує вплив відхилень умов різання від табличних:

$$K_V = K_{MV} K_{NV} K_{HV} K_{\phi V} K_{\phi 1V} K_{rV} K_{gV} K_{OV} = 1,0 \cdot 1,0 \times$$

$\times 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,97 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,97$, де, K_{MV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу: $K_{MV} = (190/HB)^{n_V} = (190/190)^{1,25} = 1$ (Додаток Д, табл. Д.3), де $n_V = 1,25$ (Додаток Д, табл. Д.4), $HV = 190$ по табл. 1; K_{NV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготовки $K_{NV} = 1,0$ (Додаток Д, табл. Д.5); K_{HV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей інструментального матеріалу, $K_{HV} = 1,0$ (Додаток Д, табл. Д.6); $K_{\phi V} = 1,0$; $K_{\phi 1V} = 0,97$; $K_{rV} = 1,0$ (при $r = 2$ мм) (Додаток Д, табл. Д.2); $K_{gV} = 1,0$; $K_{OV} = 1,0$. Прийняті за джерелами (Додаток Д, табл. Д.7); $T = 60$ хв. – стійкість різця (Додаток В, табл. В.1).

$$\text{Отже: } V = 243 / (60^{0,2} 2,25^{0,15} 1,3^{0,4}) \cdot 0,97 = 82,99 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя: $n = 1000V / \pi D = (1000 \cdot 82,99) / (3,14 \cdot 95) = 278$ хв⁻¹.

Приймаємо близьке значення по паспорту верстата $n_{СТ} = 315$ хв⁻¹ (Додаток А, табл. А.1).

Розрахунок зусиль при різанні. Осьова складова сили різання (P_Z):

$$P_Z = 10C_{Pz} t^x S^y V^n K_{Pz} = 10 \cdot 92 \cdot 2,25^{1,0} \cdot 1,3^{0,75} \cdot 82,99^0 \cdot 1,1 \approx 2772 \text{ Н},$$

де, $C_{Pz} = 92$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$ (Додаток Д, табл. Д.7); K_{Pz} - загальний поправочний коефіцієнт: $K_{Pz} = K_{MPz} K_{\phi Pz} K_{\gamma Pz} K_{\lambda Pz} K_{rPz} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,1$, де, $K_{MPz} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,4} = 1,0$, $n = 0,4$ (Додаток Д, табл. Д.3, Д.4); $K_{\phi Pz} = 1,0$; $K_{\gamma Pz} = 1,1$; $K_{\lambda Pz} = 1,0$; $K_{rPz} = 1,0$ (Додаток Д, табл. Д.8).

Радіальна складова сили різання (P_y):

$$P_y = 10C_{Py} t^{x_{Py}} S^{y_{Py}} V^n K_{Py} = 10 \cdot 54 \cdot 2,25^{0,9} \cdot 1,3^{0,75} \cdot 82,99^0 \cdot 1,4 \approx 1910 \text{ Н}, \text{ де } C_{Py} = 54; x_{Py} = 0,9;$$

$y_{Py} = 0,75$; $n = 0$ (Додаток Д, табл. Д.7); K_{Py} - загальний поправочний коефіцієнт: $K_{Py} = K_{MPy} K_{\phi Py} K_{\gamma Py} K_{\lambda Py} K_{rPy} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,4$,

де, $K_{MPy} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,4} = 1,0$, $n = 0,4$ (Додаток Д, табл. Д.7);

$K_{\phi Py} = 1,0$; $K_{\gamma Py} = 1,4$, $K_{\lambda Py} = 1,0$, $K_{rPy} = 1,0$ (Додаток Д, табл. Д.8).

Тангенціальна складова сили різання (P_x):

$$P_x = 10C_{Px} t^{x_{Px}} S^{y_{Px}} V^n K_{Px} = 10 \cdot 46 \cdot 2,25^{1,0} \cdot 1,3^{0,4} \cdot 82,99^0 \cdot 1,4 \approx 1609 \text{ Н},$$

де, $C_{Px} = 46$; $x_{Px} = 1,0$; $y_{Px} = 0,4$; $n = 0$ (Додаток Д, табл. Д.7); K_{Px} - загальний поправочний коефіцієнт: $K_{Px} = K_{MPx} K_{\phi Px} K_{\gamma Px} K_{\lambda Px} K_{rPx} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,4$, де,

$K_{MPx} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,4} = 1,0$, $n = 0,4$ (Додаток Д, табл. Д.3, Д.4); $K_{\phi Px} = 1,0$;

$K_{\gamma Px} = 1,4$, $K_{\lambda Px} = 1,0$, $K_{rPx} = 1,0$ (Додаток Д, табл. Д.8).

Розрахунок ефективної потужності різання.

$$N_{\text{эд}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{2772 \cdot 82,99}{60 \cdot 1020} \approx 3,76 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт використання верстата по потужності: $K_N = \frac{N_{\text{эд}}}{N_{\text{ДВ}} \cdot \eta} = \frac{3,76}{10 \cdot 0,75} = 0,5$.

Розрахунок моменту, що крутить, на шпинделі верстата.

$$M_{\text{КРРез}} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{2772 \cdot 95}{2 \cdot 1000} = 131,67 \text{ Нмм}.$$

$$M_{\text{КРСм}} = 9750 \frac{N_{\text{ДВ}} \cdot \eta}{n} = 9750 \frac{10 \cdot 0,75}{315} = 232 \text{ Нмм}.$$

$M_{\text{КРРез}} < M_{\text{КРСм}}$ умова виконана.

Перевірка режимів різання по міцності державки різця.

Умова достатньої міцності для державки різця: $P_z \leq [P_z]$, де, $[P_z]$ - значення сили різання, що допускається: $[P_z] = \frac{B \cdot h^2}{6\ell_b} [\sigma]_{\text{д}}$. Тут: $[\sigma]_{\text{д}} = 200 \text{ Н/мм}^2$

- напруга, що допускається, на вигин для матеріалу державки; $\ell_b = 1,5h = 1,5 \cdot 25 = 37,5 \text{ мм}$ - виліт різця з різцетримача. Отже $[P_z] = \frac{16 \cdot 25^2}{6 \cdot 37,5} 200 = 8888,8 \text{ Н}$, тобто, якщо виконується $[P_z] > P_z = 8888,8 > 1640 \text{ Н}$,

то умова виконана.

Перевірка режиму різання по міцності механізму подач верстата.

Умова достатньої міцності: $[P_o] = 6000 \geq P_x = 920$, отже, умова виконана.

Перевірка режиму різання по жорсткості деталі.

Умова достатньої міцності: $[P_y] \geq P_y$, де

$$[P_y] = \frac{f \cdot 70 \cdot EJ}{\ell^3} = \frac{0,055 \cdot 70 \cdot 1,55 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 95^4}{480^3} \approx 21975 \text{ Н, тут}$$

$f = 0,25\Delta = 0,25 \cdot 0,22 = 0,055$, де $\Delta = 0,22$ – допуск на діаметр 95 по 11-му квалітету; $E = 1,55 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$ – модуль пружності для чавуну;

$$J = 0,05 \cdot d^4 = 0,05 \cdot (95^4) = 40 \cdot 10^5 \text{ мм}^4 \text{ – момент інерції.}$$

Звідси слідує, що якщо $[P_y] = 21975 \geq P_y = 1910 \text{ Н}$, то умова виконана.

Перевірка режиму різання по міцності пластинки з твердого сплаву.

Умова достатньої міцності: $[S] \geq S$, де, $[S]$ - величина подачі, що допускається міцністю ріжучої пластинки. $[S] = S_{\text{ТАБ}} K = 1,3 \cdot 1,6 = 2,08 \text{ Н/об}$ ($S_{\text{ТАБ}}$ і K – прийняті по (Додаток Д, табл. Д.9). Звідси витікає, що якщо $[S] = 2,08 > S = 1,3 \text{ мм/об}$, то умова виконана.

Розрахунок основного технологічного часу для чорнового проходу.

$$T_{\text{ОЧОР}} = \frac{L_{\text{РК}}}{n_{\text{СТ}} \cdot S} = \frac{400 + 2 + 1,59}{315 \cdot 1,3} = 0,99 \approx 1 \text{ хв.}$$

де $L_{\text{РК}} = l + l_{\text{БР}} + l_{\text{ПЕР}}$: $l_{\text{ПЕР}} = 2 \text{ мм}$ – довжина шляху перебігання різця; $l_{\text{АД}}$ – довжина шляху для врізання різця, $l_{\text{БР}} = t \text{ctg} \varphi = 2,25 \cdot \text{ctg} 45^\circ = 1,59 \text{ мм}$.

Подальші розрахунки виконуємо для чистового проходу.

Вибір режимів різання для чистового проходу.

$t_{\text{ЧИС}} = 0,5 \text{ мм}$; $S_{\text{ЧИС}} = 0,32 \text{ мм/об}$ (Додаток Г, табл. Г.2). Швидкість різання для чистового проходу:

$$V = \frac{C_V}{T^m t_{чх}^x S_{чТ}^y} K_V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,32^{0,2}} 0,97 \approx 193 \text{ м/хв},$$

де, $C_V = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ (Додаток Д, табл. Д.1); K_V — загальний поправочний коефіцієнт, що враховує вплив відхилень умов різання від таблицьних:

$$K_V = K_{MV} K_{NV} K_{IV} K_{\phi V} K_{\phi IV} K_{rV} K_{gV} K_{OV} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,97 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,97$$

$$\text{Частота обертання шпинделя: } n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 193}{3,14 \cdot 90,5} = 573,6 \text{ хв}^{-1}.$$

де D_1 - зовнішній діаметр чистового проходу, мм: $D_1 = D - t_{чор} = 95 - 4,5 = 90,5$ мм.

Приймаємо по паспорту верстата близьке значення: $n_{СТ} = 630 \text{ хв}^{-1}$, що не виходить за 9% перевищення.

Розрахунок основного технологічного часу для чистового проходу.

$$T_{ОЧИС} = \frac{L_{PK}}{n_{СТЧТ} \cdot S_{чТ}} = \frac{403,59}{630 \cdot 0,32} = 2 \text{ хв}.$$

Сумарний час на обробку деталі:

$$T_O = T_{ОЧОР} + T_{ОЧИС} = 1 + 2 = 3 \text{ хв}.$$

6.3 Контрольні запитання

1. Приведіть визначення, що називають процесом різання?
2. Приведіть визначення, що називають припуском на обробку?
3. Коли заготовка припиняє своє існування?
4. Приведіть визначення, що називають стружкою?
5. Чи є стружка основним продуктом механічної обробки?
6. Які існують основні види токарної механічної обробки?
7. Приведіть визначення, що відносять до параметрів різання?
8. Приведіть визначення, що називають різальним інструментом?
9. Приведіть визначення, що називають заготівкою?
10. Приведіть визначення, що називають технологічним процесом?
11. Приведіть визначення, що називають режимами різання?
12. Приведіть визначення, що називають швидкістю різання?
13. Приведіть визначення, що називають подачею?
14. Приведіть визначення, що називають пружною деформацією?
15. Приведіть визначення, що називають пластичною деформацією?
16. З яких головних елементів складається металорізальні інструменти?
17. Які існують елементи різця?
18. Приведіть визначення, що відносять до конструктивних елементів різця?

19. Приведіть визначення, що відносять геометричних параметрів різця?
20. Що утворює перетин передньої і задньої поверхонь різця?
21. Що утворює перетин передньої і допоміжної задньої поверхні різця?
22. Яку поверхню різця називають передньою?
23. Яку поверхню різця задньою?
24. Яку поверхню різця називають допоміжною задньою?
25. Приведіть визначення, що називають головним ріжучим лезом?
26. Приведіть визначення, що називають вершиною ріжучого інструменту?
27. Приведіть визначення, що називають допоміжним ріжучим лезом?
28. Для чого виконують радіус при вершині або перехідне лезо?
29. Приведіть визначення, що називають площиною різання?
30. Приведіть визначення, що називають основною площиною?
31. Які існують кути різця в горизонтальній площині?
32. Які існують кути різця в вертикальній площині?
33. Який кут різця називають головним кутом в плані?
34. Який кут різця називають допоміжним кутом в плані?
35. Приведіть визначення, що називають робочою площиною?
36. Які поверхні існують на заготовці під час її обробки?
37. Який кут різця називають кутом при вершині?
38. Який кут різця називають переднім кутом?
39. Який кут різця називають заднім кутом?
40. Який кут різця називають кутом загострення?
41. Який кут різця називають кутом різання?
42. Приведіть визначення, що називають шириною шару, що зрізається?
43. Приведіть визначення, що називають товщиною шару, що зрізається?
44. Приведіть визначення, що називають глибиною різання?
45. Які існують основні типи різців в залежності від роботи, яку вони виконують?
46. Які існують основні типи різців в залежності від напрямку дії подачі?
47. Які існують основні типи різців в залежності від форми головки?
48. Які існують основні типи різців в залежності від способу їх виготовлення?
49. Які існують типи різців в залежності від виду кріплення ріжучої частини?
50. Які існують типи різців в залежності від виду інструментального матеріалу?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

7. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ

Мета роботи: Вивчити методику розрахунку сил різання та потужності, що витрачається на видалення поверхневого шару, який зрізується при циліндричному фрезеруванні. Ознайомитися і набути навичок роботи з довідковою літературою.

Вихідні дані: Розрахувати режими різання для виконання технологічної операції обробка плоскої поверхні циліндричною фрезою на прохід по ескизу.

7.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

7.1.1 Загальні уявлення про процес циліндричного фрезерування

Фрезерування є поширеним видом механічної обробки. Фрезерування застосовується при обробці площин (горизонтальних, вертикальних або похилих), пазів з прямолінійним і гвинтовим напрямом (прямокутного або профільного перетину), шліців, тіл обертання, розрізання заготовок, утворення різьблення, а також для отримання фасонних поверхонь різних профілів з прямолінійними і криволінійними утворюючими. Тобто за допомогою фрезерування обробляють різноманітні поверхні: прямі (рис. 7.1, а, б) та профільні утворення на циліндрах (рис. 7.1, а), прямі і гвинтові зубчаті вінці на колесах, прямі і гвинтові шліцьові канавки, різьбові поверхні при нормалізованому і спеціальному кріпленні, профільні канавки на торцях циліндрів та інше. Фрезеруванням також проводиться розрізання катаних прутків та інших видів матеріалів на мірні заготовки. Фрезерування ведеться багатолезовими інструментами – фрезами, ріжучі кромки зубів яких знаходяться в переривистому контакті з оброблюваним матеріалом.

Фрезерування – це, обробка плоских або фасонних поверхонь із зняттям значного припуску, за допомогою метало ріжучого багатолезового інструменту – фрези.

Розрізняють наступні основні види фрезерування:

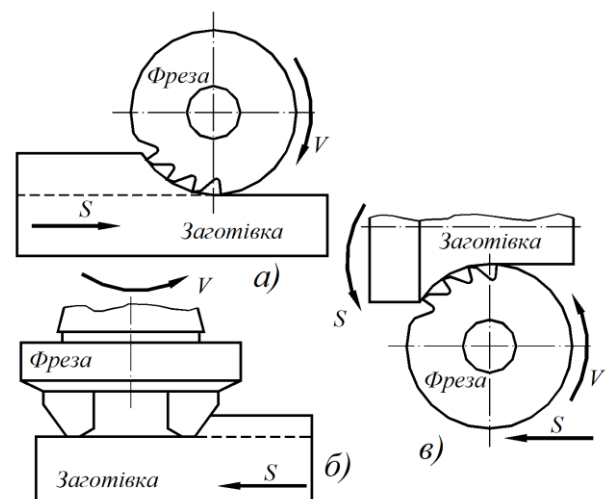


Рисунок 7.1. – Види фрезерування: а) циліндричне; б) торцеве; в) кругове.

- 1) *осьове циліндрове фрезерування* циліндровими, дисковими і кінцевими фрезами;
- 2) *торцеве фрезерування* торцевими, дисковими і кінцевими фрезами;
- 3) *двостороннє фрезерування* дисковими, кінцевими і торцевими фрезами;
- 4) *трибічне фрезерування* кінцевими і шпонковими фрезами;
- 5) *комбіноване фрезерування* наборами фрез;
- 6) *фасонне фрезерування* фасонними циліндровими і кінцевими фрезами.

Фреза - є тілом обертання (циліндром або диском), у якого ріжучі зуби відповідно розташовані на циліндровій або торцевій поверхні. Залежно від цього фрези відповідно називаються *циліндровими* (рис. 7.1, а) або *торцевими* (рис. 7.1, б), а само виконувани ними фрезерування – *циліндровим* (розглянемо в цієї практичної роботі) або *торцевим* (розглянемо в наступній практичній роботі).

Головний рух додається фрезі, **рух подачі** зазвичай додається оброблюваній деталі, але може додаватися і інструменту – фрезі. Найчастіше воно є поступальним, але може бути обертальним або складним.

Процес фрезерування відрізняється від інших процесів різання тим, що кожен зуб фрези за один оберт знаходиться в роботі відносно малий проміжок часу. Велику частину обороту зуб фрези проходить, не проводячи різання. Це сприятливо позначається на стійкості фрез. Але призводить до постійного вривання зубу (або удару) кожного оберту ріжучого інструменту. Іншою відмітною особливістю процесу фрезерування є те, що кожен зуб фрези зрізає стружку змінної товщини. Звідки:

Фрезерування – це лезвийна обробка з обертальним головним рухом різання при постійному радіусі його траєкторії, що повідомляється інструменту, і хоч би одним рухом подачі (або декількома), направленим перпендикулярно осі головного руху різання.

Фрезерування є продуктивним і універсальним технологічним способом механічної обробки заготовок різанням, що забезпечує 11...9-й квалітети точності та шорсткість обробленої поверхні в межах $Rz = 40...3,2$ мкм.

До особливостей процесу фрезерування відносяться: 1) чергування робочого і холостого циклів руху зуба фрези, що періодично повторюється; 2) змінність товщі поверхневого шару, що зрізається; 3) змінність робочої довжини леза.

Плавність роботи фрези залежить від глибини різання, діаметру фрези і числа зубів, які знаходяться в процесі різання. Вона визначається величиною кута контакту фрези з оброблюваною заготівкою.

Кутом контакту (ψ) називається центральний кут (рис. 7.2), відповідний довжині дуги зіткнення фрези з оброблюваною заготівкою – деталлю.

На практиці найбільш частіше використовуються: **периферійне** або **циліндричне** та **торцеве** фрезерування - фрезерування відповідно периферійним і торцевим лезовим інструментом; **кругове фрезерування** - фрезерування поверхні обертання (рис. 7.3); **фрезерування, що охоплює** - фрезерування інструментом, зуби якого розташовані на внутрішній поверхні його корпусу.

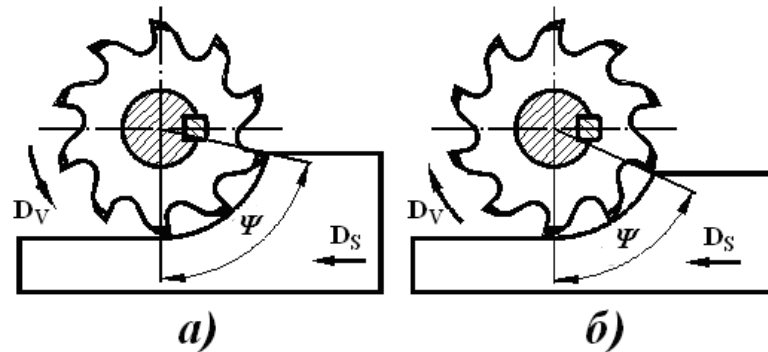


Рисунок 7.2. – Периферійне або циліндричне фрезерування (циліндровими, дисковими і іншими однотипними конструкціями фрез): а) зустрічне; б) попутне. D_v – головний рух інструменту, D_s – рух подачі; ψ – кут контакту.

Циліндрове фрезерування - це таке фрезерування, при якому вісь обертання інструменту паралельна поверхні обробки, а леза зубів ріжучого інструменту описують в просторі циліндрові поверхні (рис. 2, а, б).

При **конічному фрезеруванні** вісь обертання інструменту нахилена під кутом до площині різання, а леза інструменту описують в просторі конічні поверхні.

При **торцевому фрезеруванні** вісь обертання інструменту перпендикулярна площині різання, при цьому задні поверхні леза описують в просторі циліндрові поверхні, а передні - круги.

При **торцево-конічному фрезеруванні** вісь обертання інструменту перпендикулярна площині різання, а леза інструменту описують в просторі конічні поверхні.

Профільне фрезерування - процес, при якому вісь обертання інструменту паралельна площині різання, а леза інструменту описують в просторі складні криволінійні поверхні.

При фрезеруванні можливі два варіанти поєднання напрямів обертання фрези і переміщення деталі, яке називають **зустрічним** та **попутним**

фрезеруванням (рис. 2). Зустрічне і попутне фрезерування використовується однаково часто.

Зустрічне фрезерування – це таке фрезерування, при якому вектори швидкостей головного руху різання і руху подачі в місці контакту інструменту і заготівкою направлені в протилежні сторони (рис. 7.2, а).

Попутне фрезерування – це таке фрезерування, при якому вектори швидкостей головного руху різання і руху подачі в місці контакту інструменту і заготівкою направлені в один бік (рис. 7.2, б).

Зустрічне і попутне фрезерування розрізняються цілим рядом фізичних і технологічних особливостей. Наприклад, попутне фрезерування спокійніший процес в сенсі вібрацій, сприятливіше з погляду діючих на заготівку сил і зменшення температури різання, а також усунення явища наклепання.

Щоб продуктивно і економічно виконувати перераховані вище види обробки, роздроблені та використовується широка номенклатура стандартних (циліндричних (рис. 7.1, а), дискових, кутових, торцевих (рис. 7.1, б), кінцевих та інших видів) і спеціальних (модульних, черв'ячних різьбових або гребінок та інших) фрез.

Фрези різних типів розрізняються на вигляд, розміри і по конструкції, або за пристосуванням до фрезерування поверхонь певних форм і розмірів.

Найчастіше фрезеруванням обробляють площість. Для цієї мети застосовують **циліндрові фрези**, які бувають з **прямими** (рис. 7.2) або з **гвинтовими** (рис. 7.4) **зубами**. При застосуванні фрез останнього вигляду фрезерування протікає плавніше і спокійно унаслідок поступового урізування зубів в метал.

Принципова кінематична схема при циліндричному фрезеруванні заснована на поєднанні двох рівномірних рухів: **обертального і поступального**, здійснюваних в площині, перпендикулярній до осі фрези.

В результаті цього траєкторією відносного робочого руху будь-якої точки леза є подовжена циклоїда (трохоїда), зображена на рис. 7.5.

Висота трохойди рівна діаметру фрези, а відстань між її петлями рівна шляху, прохідному деталлю за один оборот фрези.

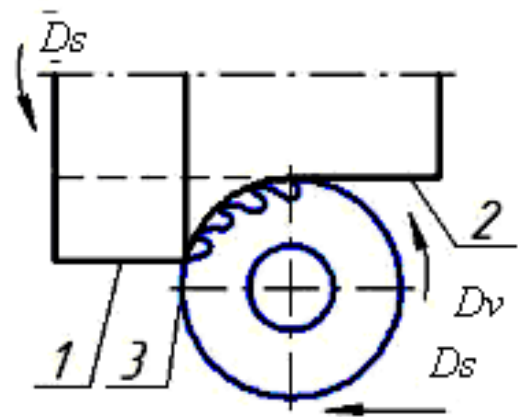


Рисунок 7.3. - Кругове фрезерування. 1 - оброблена поверхня; 2 - оброблена поверхня; 3 - поверхня різання; D_r - головний рух; D_s - рух подачі.

Траєкторії руху лез окремих зубів зрушені один щодо одного на відстань S_z , рівне S_{XB}/Z , де Z – кількість зубів фрези. При відносинах швидкості руху деталі до швидкості обертання фрези, що мають місце при фрезеруванні, дуга трохоїди, яка за формою мало відрізняється від дуги кола.

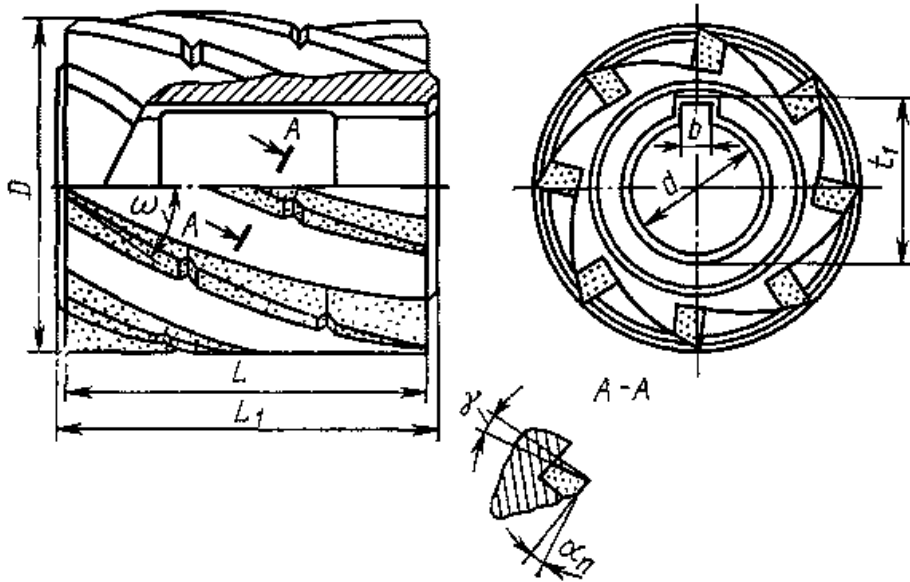


Рисунок 7.4. – Циліндрова з гвинтовими зубами та з наплавками з твердого сплаву.

Тому для спрощення математичного опису розмірів шару, що зрізається, кожним зубом при фрезеруванні, трохоїду можна замінити колом з діаметром, який дорівнює діаметру обраної фрези. При цьому помилка при розрахунках від вказаної заміни не буде перевищуватиме 1%. При зробленому допущенні поверхнею різання є частиною кругового циліндру.

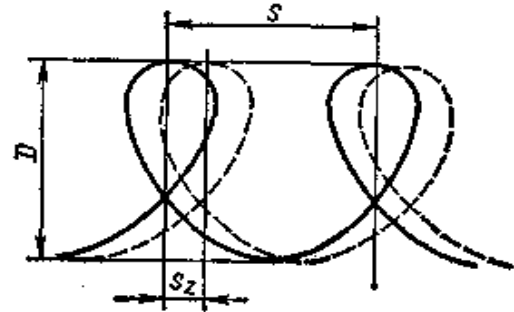


Рисунок 7.5. – Траєкторія руху інструменту при фрезеруванні

Обертання фрези є **рухом різання** (Dv). При цьому швидкість різання, буде дорівнювати окружній швидкості обертання фрези. Переміщення деталі по дотичній до кола фрези є **рухом подачі** (Ds). Оскільки фреза є багатозубим інструментом, то до режимів різання цим видом інструменту, відносять: **глибину різання, подачу, швидкість різання і ширину фрезерування**.

Глибиною різання (t , мм) - є товщина шару металу, що зрізається за один прохід. При циліндровому фрезеруванні вона відповідає довжині дуги контакту фрези з оброблюваним виробом і вимірюється в напрямі, перпендикулярному осі обертання фрези, при торцевому – в паралельному.

Подача (Ds) - це переміщення оброблюваної заготовки щодо інструменту або, навпаки, фрези відносно заготовки. При різних видах фрезерування розрізняють три види **подач**:

- **подача на зуб** (S_z , мм/зуб) – величина переміщення заготовки за час повороту фрези на один зуб (рис. 7.6);

- **подача на оборот фрези** ($S_{об}$, мм/об) – величина переміщення заготовки за час одного обороту фрези;

- **подача в хвилину** або **хвилинна подача** ($S_{хв}$, мм/хв) – величина переміщення заготовки в хвилину.

Ці подачі пов'язані між собою відповідними залежністю:

$$S_{об} = S_z \cdot z; \quad S_{хв} = S_{об} \cdot n; \quad S_{хв} = S_z \cdot z \cdot n,$$

де: Z – число зубів фрези, n – частота обертання, об/хв.

Швидкість різання (Dv) є окружна швидкість ріжучих лез фрези:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{СТ}}{1000} \text{ об/хв,}$$

де: D – діаметр фрези, мм; $n_{СТ}$ – частота обертання фрези, об/хв.

Швидкість різання залежить від оброблюваного матеріалу, умов обробки, глибини різання, подачі, стійкості фрези і так далі і призначається по нормативах режиму різання або підраховується по емпіричних формулах.

Під **шириною фрезерування** (B , мм) слід розуміти ширину оброблюваної поверхні, зміряну в напрямі, паралельному осі обертання циліндрової фрези (рис. 7.7).

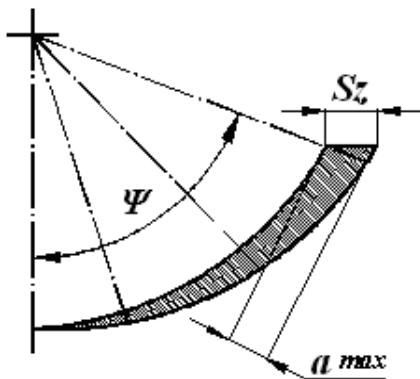


Рисунок 7.6. – Схема утворення стружки при циліндричному фрезеруванні.

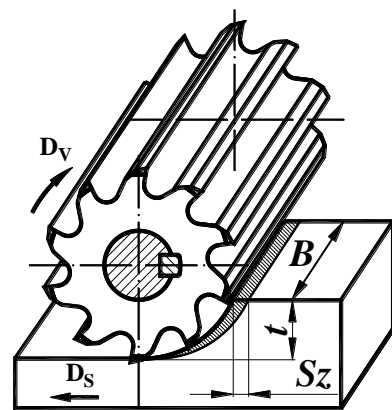


Рисунок 7.7. – Схема циліндричного фрезерування.

Геометрична форма кожного зуба фрези в принципі схожа з геометричною формою токарного різця, проте умови роботи зубів фрез гірші, ніж токарних різців, унаслідок переривистого контакту зубів фрези з оброблюваною поверхнею (рис. 7.7). Різання металу при фрезеруванні

протікає менш спокійно, чим при постійному контакті ріжучої кромки різця з оброблюваною поверхнею, що має місце при точінні. Разом з тим умови дії тепла, що виникає при різанні фрезою, на її зуби менше, ніж при точінні, оскільки кожен зуб декілька охолоджується при виході з контакту з оброблюваним металом.

При фрезеруванні інструментами з периферичними зубами стружка має вид «коми» (рис. 7.6). Її товщина не рівномірна і змінюється у міру повороту зуба щодо оброблюваної поверхні. Площа поперечного перетину стружки в кожен момент різання - величина змінна.

Сили різання, що діє на зуби фрези, має різні напрями і різну величину залежно від направлення подачі по відношенню до напрямку обертання фрези, тобто від способу фрезерування (зустрічного або попутного), а також від роду фрезерування (торцевими фрезами або фрезами з периферичними зубами). При зустрічному фрезеруванні циліндровими фрезами сила різання P , що діє на кожен зуб фрези, може бути розкладена на дві складових: дотичну до фрези P_z і радіальну P_y , направлену до центру фрези. Дотична сила створює момент M , що крутить $M = (P_z \cdot d) / 2$ Нмм, де d - діаметр фрези в мм.

Типи фрез і їх особливості.

Залежно від розташування зубів щодо осі фрези вони підрозділяються на: а) **циліндрові фрези** із зубами на циліндровій поверхні; б) **торцеві фрези** із зубами на торцевій поверхні; в) **дискові трьохсторонні і двосторонні фрези** із зубами на циліндровій і торцевій (з однієї або двох сторін) поверхнях; г) **кутові фрези** із зубами на конічній поверхні; д) **фасонні фрези** із зубами, розташованими на поверхні з криволінійною утворюючою.

Залежно від форми зубів фрези бувають з **прямими, кутовими і гвинтовими зубами**.

Залежно від конструкції інструменту фрези можуть бути: **цільні** із зубами, зроблені за одне ціле з корпусом; **фрези збірні** зі вставними зубами; **фрези складені**, такі, що складаються з двох однакових частин, наприклад пазові, або з двох половинок і прокладки між ними для відновлення первинного розміру фрези після зносу; **фрези комплектні**, такі, що складаються з декількох окремих фрез і призначені для одночасної обробки декількох поверхонь.

По напрямку обертання фрези - на **односторонні, двосторонні**. Одностороння фреза може працювати лише при її обертанні в один бік (ліворіжуча, праворіжуча), а двостороння - в обидві сторони.

За способом кріплення у верстаті фрези - на **насадні і кінцеві**. Насадна фреза називається так тому, що має отвір, яким вона насаджується на

шпиндель верстата. Кінцева фреза закінчується стрижнем - хвостовиком, за допомогою якого вона зміцнюється на шпинделі верстата.

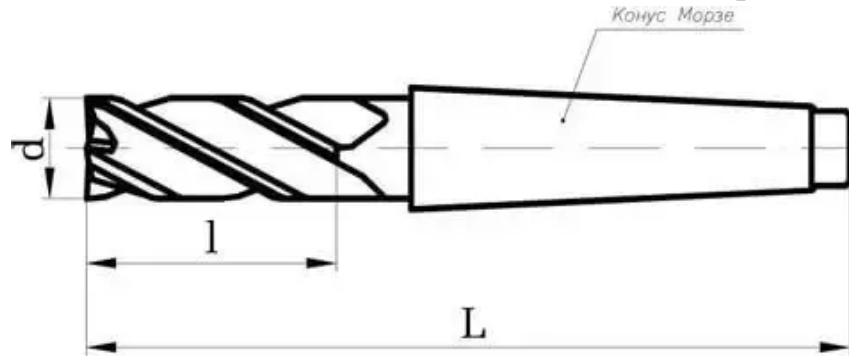


Рисунок 7.8. – Кінцева фреза

7.2 Порядок виконання роботи

7.2.1 Умови для виконання завдання:

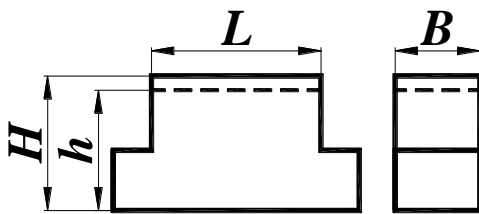


Рисунок. 7.9 – Ескіз деталі .

Заготовка (див. рис. 7.9):

- відливка (для сірого чавуну та бронзи), без корки;
- прокат (для сталі та латуні);

Схема базування – заготовка встановлюється в лещатах та базується по низу та боковій площині;

Розміри заготовки вказано в табл. 7.1

Таблиця 7.1

Варіанти завдання до практичного заняття № 7

№ з/п	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм				Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Твердість заготовки
		<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>h</i>		
1.	Сірий чавун СЧ10	550	100	220	210	Rz 40	HB 160
2.	Сталь 12Х18Н9Т	600	55	200	190	Ra 20	HB 180
3.	Сталь 12Х18Н10Т	350	60	180	170	Ra 10	HB 200
4.	Сірий чавун СЧ30	400	65	160	150	Ra 6,4	HB 220
5.	Сірий чавун СЧ20	450	70	140	130	Ra 3,2	HB 210
6.	Сталь 38ХА	500	75	120	110	Ra 12,5	$\sigma_B=680$ МПа
7.	Сталь 35	550	80	100	90	Rz 80	$\sigma_B=560$ МПа
8.	Сірий чавун СЧ15	600	85	300	285	Rz 40	HB 170
9.	Сірий чавун СЧ10	350	90	280	270	Ra 20	HB 160
10.	Сталь 40ХН	400	95	260	245	Ra 10	$\sigma_B=700$ МПа
11.	Сталь Ст3	450	100	240	230	Ra 12,5	$\sigma_B=600$ МПа
12.	Сталь 40Х	500	55	220	205	Ra 12,5	$\sigma_B=750$ МПа
13.	Сталь Ст5	550	60	200	190	Ra 6,3	$\sigma_B=600$ МПа
14.	Сірий чавун СЧ20	600	65	180	165	Rz 80	HB 180

№	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм				Шорсткість	Твердість
		400	70	160	150		
15.	Сталь 20	400	70	160	150	Rz 40	$\sigma_B=550$ МПа
15.	Сталь 35ХГСА	500	95	240	230	Rz 80	$\sigma_B=700$ МПа
16.	Сірий чавун СЧ20	400	75	300	285	Rz 80	HB 200
17.	Сталь 20Х	450	80	280	275	Rz 40	$\sigma_B=580$ МПа
18.	Сталь 50	500	85	260	245	Ra 20	$\sigma_B=750$ МПа
19.	Бронза Бр АЖН 10-4	550	90	240	225	Ra 10	HB170
20.	Латунь ЛМЦЖ 52-4-1	600	95	220	205	Ra 12,5	HB100
21	Сірий чавун СЧ30	350	100	200	185	Ra 3,2	HB 220
22.	Сірий чавун СЧ20	400	55	180	165	Ra 6,3	HB 200
23.	Сталь 30ХН3А	450	60	160	145	Rz 80	$\sigma_B=800$ МПа
24.	Сталь 30ХМ	500	65	140	125	Rz 40	$\sigma_B=780$ МПа
25.	Сталь 45	550	70	120	105	Ra 20	$\sigma_B=650$ МПа
26.	Сталь 15Х	600	75	100	85	Ra 10	$\sigma_B=687$ МПа
27.	Ковкий чавун КЧ30	350	80	300	290	Ra 12,5	HB 163
28.	Сталь 20ХНР	400	85	280	270	Ra 12,5	$\sigma_B=700$ МПа
29.	Сталь 30Г	450	90	260	250	Ra 6,3	$\sigma_B=550$ МПа
30.	Сталь 20	400	70	160	150	Rz 40	$\sigma_B=550$ МПа

7.2.2 Зразок виконання практичної роботи №7 (Розрахунок режимів різання при циліндричному фрезеруванні)

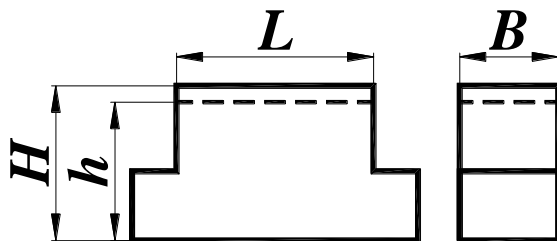


Рисунок 7.10 - Ескіз деталі.

Заготовка – відливка, без кірки (рис. 7.9);

Твердість – HB 220;

Матеріал – БрАЖ 9-4;

Схема базування – заготовка встановлюється в лещатах та базується по низу та боковій площині;

Розміри – $H = 95$ мм, $h = 80$ мм, $L = 450$ мм; $B = 80$ мм;

Шорсткість обробленої поверхні деталі – $Ra = 12,5$ мкм.

Вибір моделі фрезерного верстата.

При виборі враховуємо вид виконуваної технологічної операції і розміри заготовки (рис. 10). Вибір верстата здійснюємо для серійного виробництва (Додаток А, табл. А.2). З існуючого модельного ряду фрезерних верстатів вибираємо верстат мод. 6Т81Г. Конструкція вибраного устаткування дозволяє, встановити заготовку з вказаними габаритами в лещатах або пристосуванні. Основні технічні характеристики верстата:

- розміри робочої поверхні столу – 250x1000 мм;
- найбільше переміщення столу:
 - подовжнє – 710 мм;
 - поперечне – 255 мм;
- відстань від осі шпинделя до поверхні столу – 60...410 мм;
- потужність електродвигуна в приводі головного руху – $N_{дв} = 7,5 \text{ кВт}$;
- частота обертання шпинделя – 30...1500 хв^{-1} .

Вибір ріжучого інструменту.

Приймаємо циліндрову фрезу з гвинтовим зубом $\varnothing 90 \text{ мм}$, шириною 100 мм по ГОСТ 3752-80 (рис. 11). При цьому враховувалося, що при найбільшій товщині зрізу $t = 5 \text{ мм}$ діаметр фрези рекомендований в діапазоні 60...90 мм, ширина фрези повинна бути на 5...10 мм більше ширини заготовки. Остаточно приймаємо $D_{фр} = 90 \text{ мм}$. Матеріал фрези приймаємо по рекомендаціях, приведених в (Додаток Б. табл. Б.1), – швидкорізальна сталь Р6М5. Стійкість інструмента обираємо 180 хв . (Додаток В. табл. В.1).

Розміри фрези:

- число зубів фрези
- $Z = 10$ – для чорнового проходу;
- число зубів фрези
- $Z = 16$ – для чистового проходу;
- діаметр оправи (посадочний діаметр інструменту) – $d_o = 32 \text{ мм}$;

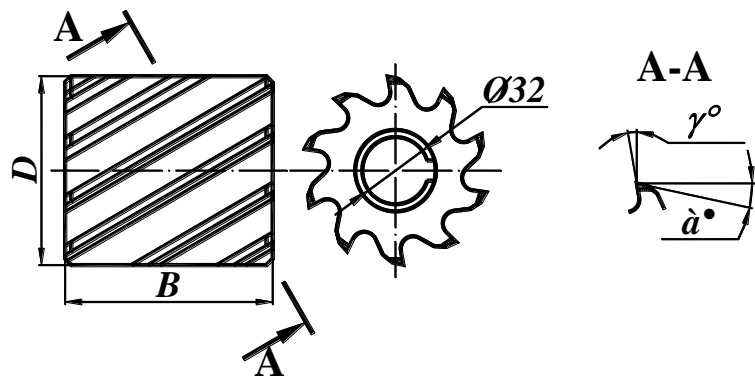


Рисунок 7.11– Циліндрова фреза

Геометрія ріжучої частини фрези: ω - кут нахилу зубів $\omega = 30^\circ$; γ - передній кут зуба $\gamma = 10^\circ$; α - задній кут зуба, $\alpha = 12^\circ$; (Додаток Б, табл. Б.15...Б.17).

Визначення глибини різання.

Шорсткість обробленої поверхні деталі відносно висока (видно з умови завдання), отже, необхідно для остаточної обробки призначити – чистову обробку, тобто обробку даної поверхні проводимо в два проходи. Розраховуємо припуск, який залишено на обробку поверхні $t = H - h = 95 - 80 = 15 \text{ мм}$, то виникає запитання про розбиття видаленого припуску на два проходи (чорновий та чистовий).

Визначаємо припуск для чорнової обробки виходячи з умов, що за перший прохід видаляють більшу частину припуску до 80...90%, тобто призначаємо припуск по формулі: $t_{\text{ЧОР}} = 15 \times 90/100 = 13,5$ мм.

Відповідно визначаємо припуск на чистову обробку, виходячи з умов, що на чистову обробку залишається частина припуску, яка не була видалена на чорновому проході: $t_{\text{ЧИС}} = t - t_{\text{ЧОР}} = 15 - 13,5 = 1,5$ мм.

Виконуємо розрахунок для чорнового проходу.

Вибір подачі.

Призначаємо подачу для фрезерування поверхні виходячи з його особливостей, тобто приймаємо подачу на зуб: $S_Z = 0,06...0,1$ мм, по таблицях (Додаток Г, табл. Г.3, Г.5).

Розрахунок швидкості різання.

Виконуємо по формулі: $V = \frac{C_V D^g}{T^m t^x S_{VZ}^y B^u Z^P} K_P$, де, вибираємо дані по таблицях: $C_V = 35,4$; $g = 0,45$; $x = 0,3$; $y = 0,4$; $u = 0,1$; $P = 0,1$; $m = 0,33$ (Додаток Е, табл. Е.1); K_P – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує вплив відхилень умов різання від табличних: $K_P = K_{MV} K_{NV} K_{HV}$, де K_{MV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{MV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^n = \left(\frac{190}{220}\right)^{0,95}$ $K_{MV} = 0,87$, $n = 0,95$ (Додаток Д, табл. Д.3, Д.4); K_{NV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготовки $K_{NV} = 1$ (Додаток Д, табл. Д.5); K_{HV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей інструментального матеріалу, $K_{HV} = 1$ (Додаток Д, табл. Д.6); $T = 180$ хв. – стійкість фрези (Додаток В, табл. В.2).

$$\text{Отже: } V = \frac{35,4 \cdot 90^{0,45}}{180^{0,33} \cdot 13,5^{0,3} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 80^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 0,87 = 24,8 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Частота обертання шпинделя: } n = \frac{1000V}{\pi \cdot D_{\text{ФР}}} = \frac{1000 \cdot 24,8}{3,14 \cdot 90} = 87,76 \text{ хв}^{-1}.$$

Оскільки таких значень у верстаті немає, тому приймаємо по паспорту верстата такі значення $n_{\text{СТ}} = 85$ хв⁻¹.

$$\text{Фактична швидкість різання: } V_P = \frac{\pi \cdot D_{\text{ФР}} \cdot n_{\text{СТ}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 85}{1000} = 23,72 \text{ м/хв.}$$

Визначення хвилинної подачі:

Визначаємо середнє значення подачі на зуб фрези по таблиці, як $S_Z = 0,08$ мм (Додаток Г, табл. Г.3, Г.5). Тоді хвилинна подача розраховується по формулі: $S_{XB} = S_Z \cdot Z \cdot n_{CT} = 0,08 \cdot 10 \cdot 85 = 68$ мм/хв. Оскільки таких значень у верстаті немає, тому по паспорту верстата приймаємо $S_{XBCT} = 66$ мм/хв.

$$\text{Фактична подача на зуб складе: } S_{Z\phi} = \frac{S_{XBCT}}{Z \cdot n_{CT}} = \frac{66}{10 \cdot 85} = 0,07 \text{ мм/хв.}$$

Розрахунок зусиль при різанні:

$P_Z = \frac{10 \cdot C_{Pz} \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^g}{D^g \cdot n^w} K_{MP}$ Н, де $C_{Pz} = 68,2$; $g = 0,86$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $w = 0$; $u = 1$; (Додаток Е, табл. Е.2); K_{MP} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{MP} = (HB/190)^n = (120/190)^{0,55} = 0,78$, де $n = 0,55$.

$$\text{Отже: } P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 13,5^{0,86} \cdot 0,07^{0,72} \cdot 80^1 \cdot 10^{0,86}}{90^{0,86} \cdot 125^0} \cdot 0,78 = 8860,23 \text{ Н.}$$

Перевірка режимів різання

По потужності приводу головного руху:

Якщо умова достатньої потужності: $N_E < [N_{ДВ}]$, то перевіряємо затрачену потужність верстата по формулі: $N_E = \frac{P_Z V_P}{60 \cdot 1020} = \frac{8860,23 \cdot 23,72}{60 \cdot 1020} = 3,43$ кВт, Отже якщо потужність електричного двигуна в приводі головного руху складає $N_{ДВ} = 7,5$ кВт, а затрачена потужність тільки $N_E = 3,43$ кВт, тоді коректування значень обертів фрези та подачі не потрібне, оскільки ці значення не перевищують допустимих.

По міцності приводу головного руху.

Якщо умова достатньої міцності: $M_{кр.фр.} < [M_{кр.СТ.}]$, то перевіряємо момент, що крутить, на шпинделі верстата по формулі:

$$M_{кр.фр.} = \frac{P_Z \cdot D_{ФР}}{2 \cdot 1000} = \frac{8860,23 \cdot 90}{2 \cdot 1000} \approx 398,71 \text{ Нмм}$$

$$M_{кр.СТ.} = 9750 \frac{N_{ДВ} \cdot \eta}{n_{СТ}} = 9750 \frac{7,5 \cdot 0,85}{125} = 497,25 \text{ Нмм.}$$

Де η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,85$, $N_{ДВ}$ - потужність електродвигуна в приводі головного руху. Отже якщо міцність приводу головного руху складає

$M_{кр.ст} = 497,25 \text{ Нмм}$, а фактична $M_{кр.фр.} = 398,71 \text{ Нмм}$, тоді коректування значень обертів фрези та подачі не потрібне, оскільки ці значення не перевищують допустимих.

По міцності механізму подач.

Перевіряємо міцність механізму виходячи з умови достатньої міцності: $P_H < [P_H]$. Оскільки $P_H = P_Z = 8860,23 \text{ Н}$, отже, $P_H = 8860,23 < [P_H] = 15000 \text{ Н}$. Отже якщо міцність механізму подач складає $[P_H] = 15000 \text{ Н}$, а фактична: $P_H = P_Z = 8860,23 \text{ Н}$, тоді коректування значень обертів фрези та подачі не потрібне, оскільки ці значення не перевищують допустимих.

Визначення основного технологічного часу для виконання чорнового проходу:

$$T_{о.чор.} = \frac{L_{рх}}{S_{хвст}} = \frac{499,71}{66} = 7,57 \text{ хв.},$$

де, $L_{рх}$ – довжина робочого ходу ріжучого інструменту, мм: $L_{рх} = L + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 450 + 47,71 + 2 = 499,71 \text{ мм}$, де, $\ell_{пер}$ – довжина перебігання фрези, $\ell_{пер} = 2 \text{ мм}$; $\ell_{вр}$ – довжина врізання фрези, мм:

$$\ell_{вр} = \sqrt{\left(\frac{D_{фр}}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_{фр}}{2} - t\right)^2} = \sqrt{90^2 - (90 - 13,5)^2} = 47,71 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунок для чистового проходу.

Режими різання.

Призначаємо режими різання по таблицях і умовах завдання, виходячи з шорсткості обробленої поверхні ($Ra = 1,6 \text{ мкм}$): $t_{чис} = 1,5 \text{ мм}$; $S_{чис} = 1,0 \text{ мм/об}$ (2, табл. 37, с. 285); визначаємо швидкість різання по формулі:

$V_{чис} = \frac{C_v D^g}{T^m t^x S_{чис}^y B^u Z^p} K_p = 17,973 \text{ м/хв}$, де, вибираємо дані по таблицях: $C_v = 35,4$;

$g = 0,45$; $x = 0,3$; $y = 0,4$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$ (Додаток Е, табл. Е.1); K_p – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує вплив відхилень умов різання від табличних: $K_p = K_{MV} K_{NV} K_{IV}$, де K_{MV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{MV} = (190 / HB)^n = (190 / 220)^{0,95} = 0,86$, $n = 0,95$ (Додаток Д, табл. Д.3, Д.4); K_{NV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вид

заготівки $K_{nV} = 1$ (Додаток Д, табл. Д.5); K_{EV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей інструментального матеріалу, $K_{IV} = 1$ (Додаток Д, табл. Д.6).

$$\text{Отже: } V = \frac{C_V D^g}{T^m t^x S_{\text{чис}}^y B^u Z^p} K_P = \frac{35,4 \cdot 90^{0,45}}{180^{0,33} \cdot 1,5^{0,3} \cdot 1,0^{0,4} \cdot 80^{0,1} \cdot 16^{0,1}} 0,86 = 17,973 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо необхідну частоту обертання шпинделя по розрахованій швидкості різання: $n_{\text{чис}} = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{17,973 \cdot 1000}{3,14 \cdot 90} = 63,59 \text{ хв}^{-1}$, приймаємо частоту

обертання шпинделя по паспорту верстата: $n_{\text{чис}} = 85 \text{ хв}^{-1}$. Перераховуємо швидкість різання з урахуванням зміни частоти обертання шпинделя обраної

по паспорту верстата по формулі: $V_{\text{чис}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{фр}} \cdot n_{\text{чис}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 85}{1000} = 24,02$

м/хв. Хвилинна подача: $S_{\text{хв}} = S_{\text{об}} \cdot n_{\text{чис}} = 1 \cdot 85 = 85 \text{ мм/хв}$. Так як сили та момент, що крутить, які діють на механізми станка при чистовій обробці фрезеруванням, значно менше, чим при чорновому, тоді відпадає потреба їх перевіряти.

Визначення основного часу для виконання чистового проходу:

$$T_{O.\text{чис.}} = \frac{L_{\text{рх}}}{S_{\text{хв}}} = \frac{499,71}{85} = 5,88 \text{ хв.}$$

Сумарний час на обробку деталі:

$$T_O = T_{O.\text{чор}} + T_{O.\text{чис}} = 7,57 + 5,88 = 13,45 \text{ хв.}$$

7.3 Контрольні запитання

1. Які є загальні схеми різання при фрезеруванні?
2. Які розрізняють рухи при здійсненні процесу обробки матеріалів при фрезеруванні?
3. Приведіть визначення, що означає головний рух або рух різання?
4. Приведіть визначення, що означає допоміжний рух або рух подачі?
5. Приведіть визначення, що відносять до основних видів рухів різання?
6. Які головні рухи існують при обробці на фрезерних верстатах?
7. Приведіть визначення, що називають швидкістю різання при фрезеруванні поверхонь?
8. Приведіть визначення, що називають подачею при фрезеруванні поверхонь?
9. По яким формулам визначають глибину різання при фрезеруванні?
10. Від чого залежить геометрія шару, що зрізається?

11. Приведіть визначення, що називають шириною шару, що зрізається?
12. Приведіть визначення, що називають товщиною шару, що зрізається?
13. Приведіть визначення, що називають кутом контакту фрези?
14. Приведіть визначення, що називають товщиною зрізу при фрезеруванні?
15. Приведіть визначення, що називають стійкістю інструменту?
16. Приведіть визначення, що називають продуктивністю обробки матеріалів?
17. Приведіть визначення, що називають працездатністю інструменту?
18. Приведіть визначення, що називають надійністю інструменту?
19. Який проміжок часу в технологічній обробці заготовки має назву машинний час?
20. З яких окремих проміжків часу в технологічній обробці складається машинний час?
21. Приведіть визначення, що називають твердістю інструментального матеріалу?
22. Приведіть визначення, що називають високою механічною міцністю?
23. Приведіть визначення, що називають високою теплостійкістю?
24. Приведіть визначення, що називають циклічними температурними змінами?
25. Приведіть визначення, що називають високою зносостійкістю?
26. Приведіть визначення, що розуміють під низькою собівартістю інструментального матеріалу?
27. Для чого застосовують швидкорізальні інструментальні сталі?
28. Для чого застосовують металокерамічні тверді сплави?
29. Для чого застосовують мінеральну кераміку?
30. Приведіть визначення, що називають стружкою?
31. Приведіть визначення, що означає термін «зміцнення» матеріалу?
32. Приведіть визначення, що називають наростом?
33. Які бувають види стружки?
34. Яку назву має сила, з якою оброблюваний матеріал чинить опір впровадженню до нього ріжучого інструмента?
35. Яку назву має площа, по якій відбувається перетворення шару, що зрізається в стружку?
36. Приведіть визначення, що називають усадкою стружки?
37. Які існують види усадки стружки?
38. На які фізичні явища впливає коефіцієнт тертя при рухомому контакті?
39. Чи відбувається умови сухого зовнішнього тертя на контактній поверхні при поливі ЗОТС зони різання?
40. З якою швидкістю виникає та зникає нарост під час різання?
41. Призначення процесу різання при фрезеруванні?

42. Особливості процесу різання при фрезеруванні?
43. Які існують складові сили різання при фрезеруванні?
44. Вплив зовнішніх умов на сили при фрезеруванні?
45. Які існують види механічної обробки при фрезеруванні?
46. Від яких факторів залежить дія ЗОТС?
47. Як впливає температура на підвищення режимів різання?
48. Наведіть визначення, що називають деталлю?
49. Які існують основні типи фрез?
50. Наведіть визначення, що називають кутом нахилу головної ріжучої кромки?
51. Наведіть визначення, що називають передньою поверхнею зуба фрези?
52. Наведіть визначення, що називають задньою поверхнею зуба фрези?
53. Як розподіляється потік стружки залежно від знаку кута нахилу головної ріжучої кромки?
54. Коли заготовка припиняє своє існування?
55. Наведіть визначення, що називають статичною системою координат?
56. Наведіть визначення, що називають кінематичною системою координат?
57. З яких основних конструктивних елементів складається фреза?
58. Наведіть визначення, що називають вершиною зуба фрези?
59. Наведіть визначення, що відносять до параметрів різання при фрезеруванні?
60. Які існують кути в вертикальній площині?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

8. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ

Мета роботи: Вивчити методику розрахунку сил різання та потужності, що витрачається на видалення поверхневого шару, який зрізується при циліндричному фрезеруванні. Ознайомитися і набути навичок роботи з довідковою літературою.

Вихідні дані: Розрахувати режими різання при обробці поверхні заготовки торцевою фрезою по ескізу.

8.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

8.1.1 Загальні уявлення про процес торцевого фрезерування

Фрезерування – обробка різанням ріжучими елементами, що обертаються, металевих і неметалічних матеріалів для отримання плоских і профільних поверхонь, а також порожнин в оброблюваних заготовках. Ріжучий елемент – фреза – має обертальний рух, а оброблювана заготовка – поступальний рух.

Торцеве фрезерування – фрезерування виконується з метою отримання плоских поверхонь, при якому прямолінійна ріжуча кромка розташована перпендикулярно до осі обертання. Бічні леза різців фрези описують в просторі циліндрові поверхні, а торцеві - поверхня кільця або коло.

Типи фрез і їх особливості.

По напрямку обертання торцеві фрези відносять до двосторонніх, можуть працювати лише при її обертанні в один бік (*ліворізальна, праворізальна*). За способом кріплення у верстаті фрези підрозділяються на *насадні і кінцеві*. **Насадна фреза** - називається так тому, що має отвір, яким вона насаджується на шпиндель верстата (рис. 8.1 і 8.2).

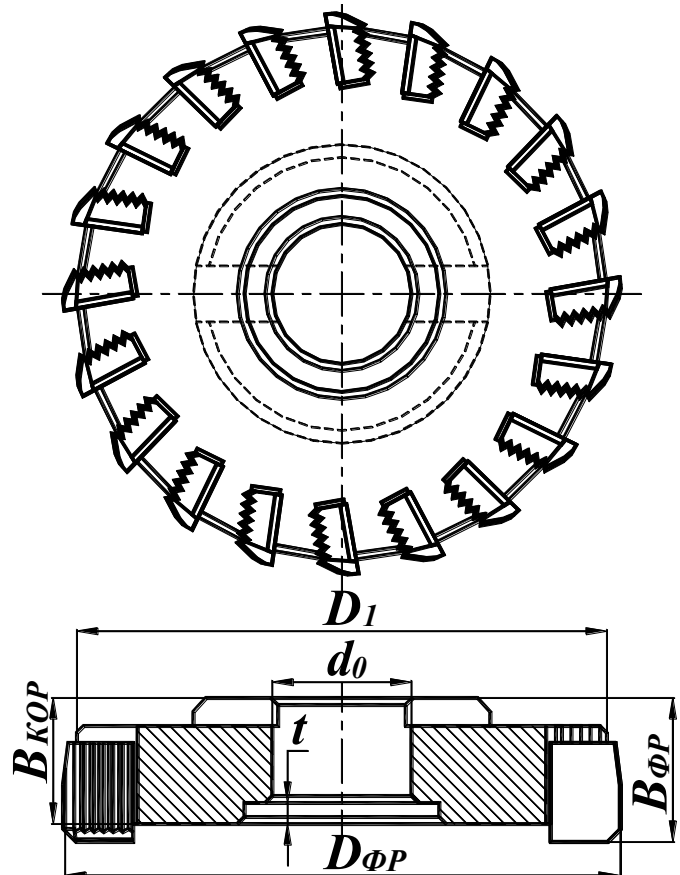


Рисунок 8.1 – Торцева збірна насадна фреза.

Кінцева фреза - називається так тому, що закінчується стрижнем – хвостовиком, за допомогою якого вона встановлюється на шпинделі верстата (рис. 8.2).

Залежно від розташування зубів щодо осі фрези вони підрозділяються на:

- а) **циліндрові фрези** із зубами на циліндровій поверхні;
- б) **торцеві фрези** із зубами на торцевій поверхні (рис. 8.1);
- в) **дискові трибічні і двосторонні фрези** із зубами на циліндровій і торцевій (з однієї або двох сторін) поверхнях;
- г) **кутові фрези** із зубами на конічній поверхні;
- д) **фасонні фрези** із зубами, розташованими на поверхні з криволінійною утворюючою. Найбільш поширеними типами фрез є фрези з розташуванням зубів як на периферії (циліндрі, конусі), так і на одному або двох торцях.

Залежно від форми зубів фрези бувають з **прямими, кутковими і гвинтовими зубами**. Залежно від конструкції інструменту фрези можуть бути: **цільні** із зубами, зроблені за одне ціле з корпусом; фрези **збірні** зі вставними зубами; фрези **складені**, такі, що складаються з двох однакових частин, наприклад пазові, або з двох половинок і прокладки між ними для відновлення первинного розміру фрези після зносу; фрези **комплектні**, такі, що складаються з декількох окремих фрез і призначені для одночасної обробки декількох поверхонь; збірні, такі що складаються з корпусу та встановлених в ньому зубцях; з **механічним кріпленням** багатогранних або круглих тврдосплавних пластин, що не переточують.

Цільні торцеві насадні (рис. 8.1) швидкорізальні фрези застосовують при порівняно невеликому їх діаметрі (до 100 мм). Для торцевих фрез, виготовлених централізовано, ГОСТ 9304-69 встановлює наступні значення кутів: передній кут на циліндрі $\gamma_n = 15^\circ$, на торці $\gamma_T = 12^\circ$; задній кут на циліндрі $\alpha_n = 14^\circ$, на торці $\alpha_T = 8^\circ$; для фрез з дрібними зубами, кут нахилу зубів $\omega = 25...30^\circ$, для фрез з крупними зубами $\omega = 35...40^\circ$. Фрези $\varnothing 40...50$ мм кріплять на подовжній, а діаметром більше $\varnothing 40...50$ мм - на торцевій шпонці. При більшому діаметрі застосовують збірні торцеві фрези зі вставними ножами з швидкорізальної сталі або оснащеними пластинами з твердого сплаву. При більшому діаметрі застосовують збірні торцеві фрези зі вставними ножами з швидкорізальної сталі або оснащеними пластинами з твердого сплаву. Для чистового фрезерування використовують фрези з ножами, що мають зачистні кромки ($\varphi = 0^\circ$, довжина зачистної кромки $\succ S_Z$).

Зачистку можна також здійснювати одним ножем з $\varphi = 0^\circ$ і зачисткою кромкою, довжина якої $\gamma S_{OB} = S_Z$.

Перспективними є конструкції торцевих фрез з механічним кріпленням багатограних або круглих твердосплавних пластин, що не переточують. Можливість перестановки багатограних пластин на нову грань, що не затупилась або повороту круглої пластини дозволяє їх багато разів використовувати.

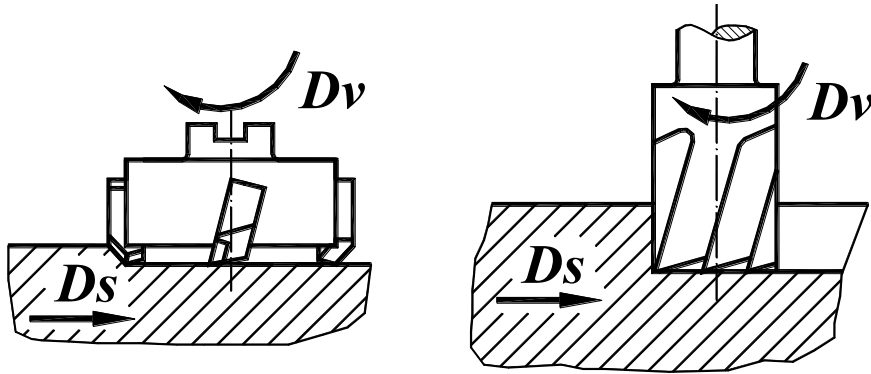


Рисунок 8.2. - Торцеве фрезерування (насадними, кінцевими фрезами). Dv – головний рух інструменту, Ds – рух подачі.

Методи торцевого фрезерування. Фрезерувати заготовки можна при установці на столі *однієї* заготовки або *групи заготовок* (множинна обробка). Крім того, застосовують *позиційне фрезерування, безперервне фрезерування, фрезерування набором фрез, одночасну обробку заготовок декількома фрезами.*

Фрезерування однієї заготовки застосовується головним чином в одиничному виробництві або при обробці великогабаритних заготовок. **Фрезерування декількох заготовок** забезпечує скорочення як машинного, так і допоміжного часу.

Розрізняють два різновиди множинного фрезерування: *послідовне і паралельне* (рядами). При *послідовному фрезеруванні* однією фрезою або набором фрез обробляють заготовки, встановлені в один ряд. При паралельному методі заготовки, встановлені в два або декілька паралельних рядів, обробляють одночасно однією фрезою або набором фрез.

Позиційне фрезерування є одним з прогресивних методів обробки. Існують два види позиційного фрезерування: *фрезерування із застосуванням спеціальних* або *універсальних поворотних столів* і *маятникове фрезерування* з подачею в обидві сторони, що не вимагають застосування поворотних пристосувань.

Відмінність методу фрезерування із застосуванням маятникової подачі від позиційного фрезерування полягає тільки в тому, що перехід від обробки однієї заготовки (або декілька) до наступної проводиться реверсуванням подачі столу, а не поворотом поворотного пристрою. Консольно-фрезерні

верстати можуть бути налаштовані на роботу по *маятниковому циклу*. Цей спосіб застосовується в тих випадках, коли форма і розміри оброблюваних заготовок допускають їх установку безпосередньо на столі верстата або в машинних лещатах, патронах і інших універсальних пристосуваннях.

Безперервне фрезерування здійснюється на верстатах безперервної дії, а також на вертикально-фрезерних верстатах за допомогою круглих столів, що здійснюють безперервне обертання. В цьому випадку допоміжний час повністю поєднується з машинним часом.

Одночасна обробка декількома фрезами (багато інструментальна обробка) здійснюється на спеціальних багато шпиндельних фрезерних верстатах за допомогою багато шпиндельних головок або набором фрез. Особливе місце займає груповий метод обробки деталей на фрезерних верстатах.

При *груповому методі* застосовується загальне технологічне оснащення, зокрема пристосування, в яких можуть бути встановлені деталі декількох найменувань. Найчастіше ці пристосування забезпечують змінними настановними елементами.

Форма і види зубів. Залежно від поверхні, по якій проводиться заточування фрези, розрізняють дві конструкції зубів: *загострений зуб* – зуб, що заточується по його задній поверхні; *затилований зуб* – зуб, що заточується тільки по його передній поверхні. Розрізняють наступні елементи зуба.

Окружний крок зубів — відстань між однойменними точками ріжучих кромок двох суміжних зубів, зміряне по дузі кола з центром на осі фрези і в площині, перпендикулярній до цієї осі. Окружний крок може бути рівномірним і нерівномірним.

Торцеві фрези різних типів реалізують зустрічну або попутну схему обробки повністю або частково:

а) Якщо кут контакту фрези з деталлю відповідає відношенню $\psi = 180^\circ$ (рис. 8.3, а), то в цьому випадку на першій половині дуги робочого циклу леза зубів фрези працюють в умовах *зустрічного фрезерування*, а на другій половині - в умовах *попутного фрезерування*;

б) Якщо умови обробки відповідають схемі ($\psi > 180^\circ$), то леза зубів фрези на ділянці 1-а працюватимуть в умовах тільки *зустрічного фрезерування* (рис. 8.3, б).

в) Якщо кут контакту складає $\psi < 90^\circ$. При обробці по схемі на ділянці 6-2, відповідному куті контакту ψ , леза зубів фрези працюють в умовах тільки *попутного фрезерування*. Такі схеми реалізуються при фрезеруванні уступів кінцевими фрезами і площин циліндровими фрезами.

Крім того, розрізняють ще два випадку при торцевому фрезеруванню, які суттєво відрізняються один від одного розташуванням фрези відносно заготовки, наприклад: *неповне* (рис. 8.3, б, в) та *лобове* (рис. 8.3, а) фрезерування.

Шириною фрезерування (\hat{A}) - називають довжину частини поверхні, що знаходиться у контакті з ріжучими елементами фрези і вимірювану в напрямі, перпендикулярному подачі.

Швидкість різання залежить від оброблюваного матеріалу, умов обробки, глибини різання, подачі, стійкості фрези і так далі і призначається по нормативах режиму різання або підраховується по емпіричних формулах.

Процес різання при фрезеруванні. Процес різання при фрезеруванні складніший, ніж при точінні. При точінні різець безперервно знаходиться у контакті із заготовкою і зрізає стружку постійного перетину. При всіх видах фрезерування із заготовки зрізається переривиста стружка змінної товщини. Крім того, при фрезеруванні кожен зуб фрези входить в контакт з оброблюваною заготовкою і виходить з контакту при кожному оберті фрези. Вхід зуба в контакт з оброблюваною заготовкою супроводиться ударом. Таким чином, умови роботи фрези значно важче за умови роботи різця при точінні. Тому важливо знати основні закономірності процесів фрезерування, щоб у кожному конкретному випадку проводити обробку за найвигідніших умов з найбільшою продуктивністю.

Сили різання при фрезеруванні. Для відокремлення стружки необхідно прикласти силу. Стружка, що відділяється, при фрезеруванні впливатиме на зуб фрези у вигляді рівнодіючої сили. Цю силу можна розкласти на три складові: *окружну* P_z , *радіальну* P_y і *осьову* P_x .

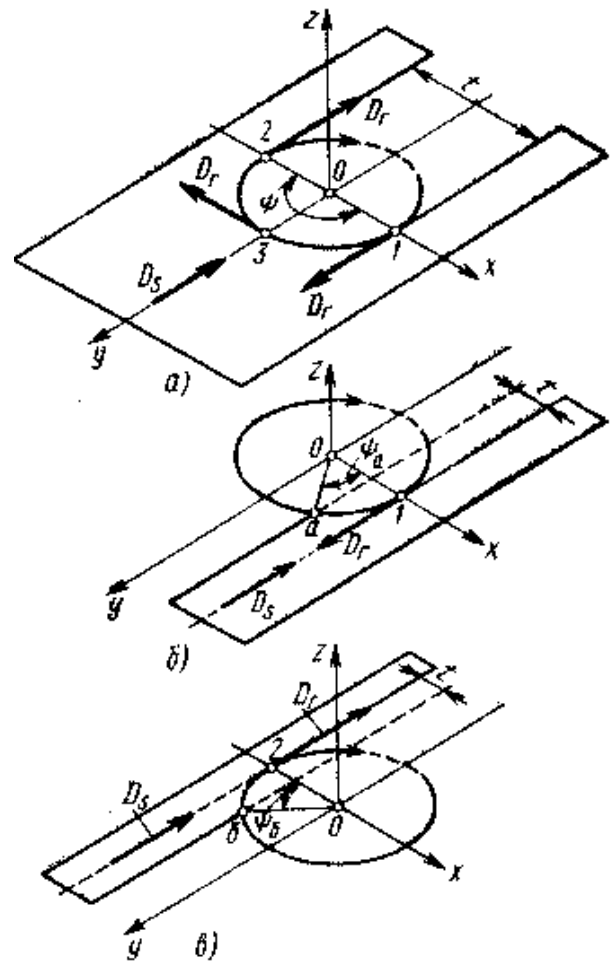


Рисунок 8.3. - Схеми торцевого фрезерування при різних кутах контакту: а) лобове; б) в умовах зустрічного фрезерування; в) в умовах попутного фрезерування.

Окружна (тангенціальна) складова сили різання P_z , що становить, (її іноді називають тангенціальній, окружній або дотичній складовій) направлена вертикально вниз. Ця складова є найбільш важливою. Вона впливає на потужність, необхідну для здійснення процесу різання. Величина сили P_z залежить від ряду чинників: ширини і товщини зрізу (глибини різання і подачі), властивостей оброблюваного матеріалу, зносу інструменту і ін.

Радіальна складова P_y направлена горизонтально, перпендикулярно осі обертання оброблюваної заготовки. Вона віджимає зуб фрези від оброблюваної заготовки. Ця сила робить великий вплив на точність обробки і на вібрації, що виникають в процесі різання.

Осьова складова P_x діє паралельно осі обертання оброблюваної заготовки в напрямі, протилежному напрямку подачі, і визначає силу, необхідну для здійснення подачі супорта із закріпленням в ній різцем.

Крім основних сил різання, що діють при фрезеруванні розрізняють ще *рівнодіючу силу* та її *складові*.

Рівнодіючу силу R можна розкласти за правилом паралелограма на дві взаємно перпендикулярні складові: **горизонтальну R_h і вертикальну R_v** .

Окружна складова сили різання P_z , як і при точінні, робить вплив на ефективну потужність різання. З урахуванням цієї сили проводять розрахунок ланок механізму головного руху на міцність. Горизонтальна складова сили різання R_h впливає на механізм подачі столу фрезерного верстата. З урахуванням максимальної величини цієї сили розраховують ланки механізму подачі і елементи кріплення заготовки в пристосуванні. Вертикальна складова сили різання R_v при фрезеруванні проти подачі прагне підвести стіл фрезерного верстата над тими, що його направляють, а при фрезеруванні по подачі – притиснути стіл до тих, що направляють.

Сили різання, вимірюють за допомогою **динамометра**. Існують прилади для вимірювання тільки який-небудь одній складовій (наприклад, окружній) або двох, або трьох складових сили різання одночасно. Прилад має бути обов'язково протарірован, тобто знімаються показання приладу при дії певної прикладеної сили. За цими даними будується тарувальний графік. Бажано, щоб прилад тарувався до проведення експериментів і після їх закінчення. Обидва тарувальний графіка повинні збігатися між собою.

Експерименти за визначенням сил різання, що становлять, проводяться по заздалегідь розробленій методиці в певній послідовності, при строгому дотриманні постійності всіх чинників, окрім досліджуваного.

8.2 Порядок виконання роботи

8.2.1 Умови для виконання завдання:

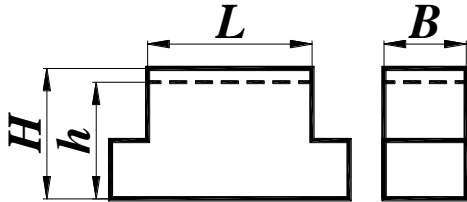


Рисунок 8.4 – Ескіз деталі.

Заготовка (рис. 8.4):

- відливка (для сірого чавуну та бронзи), без корки;
- прокат (для сталі та латуні);

Схема базування – заготовка встановлюється в лещатах та базується по низу та боковій площині;

Розміри заготовки вказано в табл. 8.1

Таблиця 8.1

Варіанти завдання до практичного заняття № 8

№ з/п	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм				Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Твердість заготовки
		L	B	H	h		
1.	Сірий чавун СЧ10	550	100	220	215	Rz 40	HB 160
2.	Сталь 12Х18Н9Т	600	55	200	195	Ra 20	HB 180
3.	Сталь 12Х18Н10Т	350	60	180	175	Ra 10	HB200
4.	Сірий чавун СЧ30	400	65	160	155	Ra 6,4	HB 220
5.	Сірий чавун СЧ20	450	70	140	135	Ra 3,2	HB 210
6.	Сталь 38ХА	500	75	120	115	Ra 12,5	$\sigma_B=680$ МПа
7.	Сталь 35	550	80	100	95	Rz 80	$\sigma_B=560$ МПа
8.	Сірий чавун СЧ15	600	85	300	295	Rz 40	HB 170
9.	Сірий чавун СЧ10	350	90	280	275	Ra 20	HB 160
10.	Сталь 40ХН	400	95	260	255	Ra 10	$\sigma_B=700$ МПа
11.	Сталь Ст3	450	100	240	235	Ra 12,5	$\sigma_B=600$ МПа
12.	Сталь 40Х	500	55	220	215	Ra 12,5	$\sigma_B=750$ МПа
13.	Сталь Ст5	550	60	200	195	Ra 6,3	$\sigma_B=600$ МПа
14.	Сірий чавун СЧ20	600	65	180	175	Rz 80	HB 180
15.	Сталь 20	400	70	160	155	Rz 40	$\sigma_B=550$ МПа
15.	Сталь 35ХГСА	500	95	240	235	Rz 80	$\sigma_B=700$ МПа
16.	Сірий чавун СЧ20	400	75	300	295	Rz 80	HB 200
17.	Сталь 20Х	450	80	280	275	Rz 40	$\sigma_B=580$ МПа
18.	Сталь 50	500	85	260	255	Ra 20	$\sigma_B=750$ МПа
19.	Бронза Бр АЖН 10-4	550	90	240	235	Ra 10	HB170
20.	Латунь ЛМЦЖ 52-4-1	600	95	220	205	Ra 12,5	HB100
21.	Сірий чавун СЧ30	350	100	200	195	Ra 3,2	HB 220
22.	Сірий чавун СЧ20	400	55	180	175	Ra 6,3	HB 200

№	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм				Шорсткість	Твердість
		450	60	160	155		
23.	Сталь 30ХН3А	450	60	160	155	Rz 80	$\sigma_B=800$ МПа
24.	Сталь 30ХМ	500	65	140	135	Rz 40	$\sigma_B=780$ МПа
25.	Сталь 45	550	70	120	115	Ra 20	$\sigma_B=650$ МПа
26.	Сталь 15Х	600	75	100	95	Ra 10	$\sigma_B=687$ МПа
27.	Ковкий чавун КЧ30	350	80	300	295	Ra 12,5	НВ 163
28.	Сталь 20ХНР	400	85	280	275	Ra 12,5	$\sigma_B=700$ МПа
29.	Сталь 30Г	450	90	260	255	Ra 6,3	$\sigma_B=550$ МПа
30.	Сталь 20	400	70	160	155	Rz 40	$\sigma_B=550$ МПа

8.2.2 Зразок виконання практичної роботи № 8 (Розрахунок режимів різання при торцевому фрезеруванні)

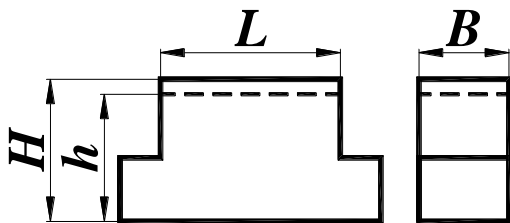


Рисунок 8.5. – Ескіз деталі.

Заготовка – відливка (рис. 5), з кіркою;

Матеріал – Г13;

Твердість – $\sigma_B = 800$ МПа;

Схема базування – заготовка

встановлюється в лещатах;

Розміри – $H = 106$ мм, $h = 100$ мм, $L = 550$ мм; $B = 140$ мм;

Шорсткість обробленої поверхні деталі – $Rz = 40$ мкм.

Вибір моделі фрезерного верстата.

При виборі враховуємо вид виконуваної технологічної операції і розміри заготовки. Вибір верстата здійснюємо для дрібносерійного виробництва (Додаток А, табл. А.5). З існуючого модельного ряду фрезерних верстатів вибираємо верстат мод. 6Т13. Конструкція вибраного устаткування дозволяє, встановити заготовку з вказаними габаритами в лещатах або в пристосуванні.

Основні технічні характеристики верстата:

- розміри робочої поверхні столу – 400×1600 мм;
- найбільше переміщення столу:
 - подовжнє – 100 мм;
 - поперечне – 300 мм;
 - вертикальне – 420 мм;
- подача столу:
 - подовжня і поперечна – $25 \dots 1250$ мм/хв;
 - вертикальна – $8,3 \dots 416,6$ мм/хв;
- частота обертання шпинделя – $31,5 \dots 1600$ хв⁻¹;

- потужність електродвигуна в приводі головного руху – $N_{дв} = 11$ кВт.

Вибір ріжучого інструменту.

Приймаємо торцеву фрезу зі вставними ножами з швидкорізальної сталі по ГОСТ 1092-80 (Додаток Б. табл. Б.8). Розраховуємо необхідний діаметр фрези з умови гарантованого перекриття ширини оброблюваної деталі: $D_{фр} = (1,2...1,6)B = 1,4 \cdot 140 = 196$ мм. Остаточно приймаємо діаметр фрези по ДСТУ $\varnothing 200$ мм з числом зубів $z = 20$. Матеріал ножа фрези приймаємо по рекомендаціях, приведених в (Додаток Б. табл. Б.1), – швидкорізальна сталь Р6М5.

Розміри фрези:

- діаметр оправки – $d_0 = 50$ мм;
- висота фрези - $B_{фр} = 65$ мм;
- висота корпусу фрези - $B_{кор} = 37$ мм;
- висота виточки під кріпильну гайку - $t = 10$ мм;

Геометрія ріжучої частини фрези: ω - кут нахилу зубів $\omega = 10^\circ$; γ - передній кут зуба $\gamma = 10^\circ$; α - задній кут зуба $\alpha = 12^\circ$; φ - головний кут в плані $\varphi = 45^\circ$; φ_1 - допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 25^\circ$; (Додаток Б. табл. Б.14). На рис. 8.6 показаний ескіз торцевої фрези.

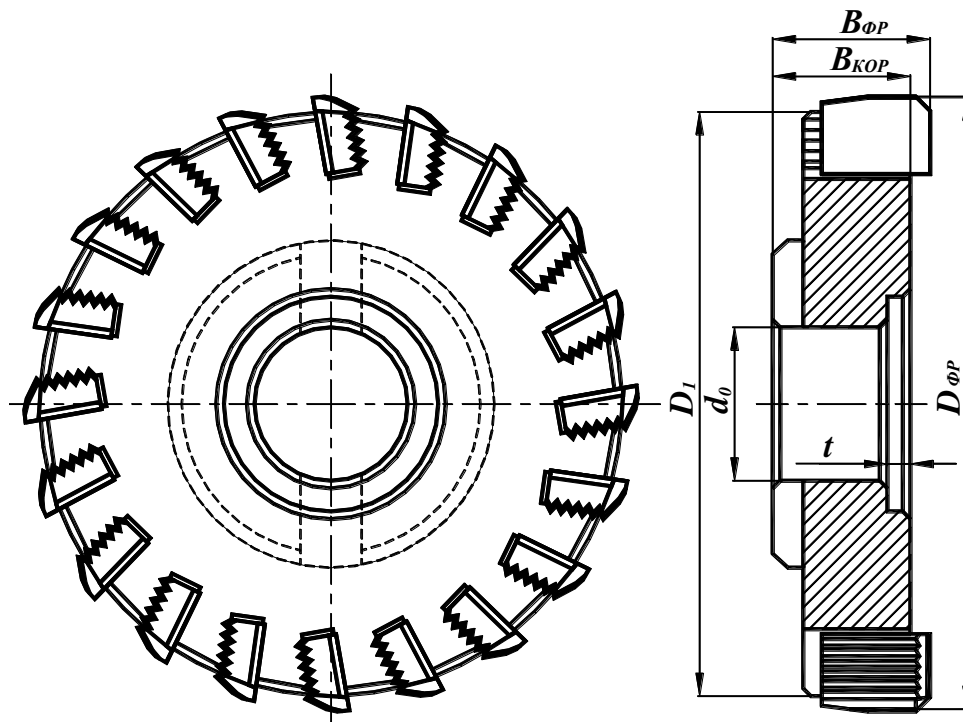


Рисунок 8.6 – Торцева фреза

Визначення глибини різання.

Оскільки до обробленої поверхні пред'являються звичайні вимоги по шорсткості ($Rz = 40$ мкм), то обробку даної поверхні проводимо в два проходи виходячи з умови навантаження при фрезеруванні: $t_{\times AD} = 4,5$ мм; $t_{\times EN} = 1,5$ мм.

Виконуємо розрахунок для чорнового проходу.**Визначення подачі.**

Призначаємо подачу для фрезерування поверхні виходячи з його особливостей, тобто приймаємо подачу на зуб $S_z = 0,06 \dots 0,1$ мм, по таблицях (додаток Г, табл. Г.4 і Г.5).

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_V D^g}{T^m t^x S_{yz}^y B^u Z^p} K_V$$

де, вибираємо дані по таблицях: $C_V = 35,4$; $g = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,2$ (Додаток Е, табл. Е.1); K_V – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує вплив відхилень умов різання від табличних: $K_V = K_{MV} K_{nV} K_{IV}$, де K_{MV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{MV} = K_r (750 / \sigma_B)^n = 0,75 (750 / 800)^{0,95} \approx 0,7$; $n = 0,95$ (Додаток Д, табл. Д.3); K_{nV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготовки $K_{nV} = 0,8$ (Додаток Д, табл. Д.5); K_{IV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей інструментального матеріалу $K_{IV} = 1$ (Додаток Д, табл. Д.6); $T = 240$ хв. – стійкість фрези. $K_V = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,56$.

$$\text{Отже: } V = \frac{35,4 \cdot 200^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,06^{0,4} \cdot 140^{0,2} \cdot 20^0} \cdot 0,56 = 33,67 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Частота обертання шпинделя: } n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{фр}}} = \frac{1000 \cdot 33,67}{3,14 \cdot 200} = 53,62 \text{ хв}^{-1}.$$

Оскільки таких значень у верстаті немає, тому приймаємо найближче значення по паспорту верстата $n_{CT} = 80$ хв⁻¹. Фактична швидкість різання:

$$V_g = \frac{\pi \cdot D_{\text{фр}} \cdot n_{CT}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 80}{1000} = 50,24 \text{ м/хв.}$$

Визначення хвилинної подачі:

$$S_{XB} = S_Z \cdot Z \cdot n_{CT} = 0,06 \cdot 20 \cdot 80 = 96 \text{ мм/хв.}$$

Оскільки таких значень у верстаті немає, тому паспорту верстата приймаємо найближче значення $S_{XB} = 100 \text{ мм/хв.}$

$$\text{Фактична подача на зуб складе: } S_Z = \frac{S_{\text{МИНСТ}}}{Z \cdot n_{CT}} = \frac{100}{20 \cdot 80} = 0,0625 \text{ мм/хв.}$$

Що не дуже значно відрізняється від вибраного значення подачі на зуб.

Визначення величини окружної складової сили різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_{Pz} \cdot t^x S_Z^y B^h Z}{D^g \cdot n^u} K_{MP} H$$

де $C_{Pz} = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $h = 1,1$; $g = 1,1$; $u = 0$; (Додаток Е, табл. Е.2); K_{MP} – коефіцієнт, що поправляє, та враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, $K_{MP} = (\sigma_B / 750)^n = (800 / 750)^{0,3} \approx 1,02$, де $n = 0,3$.

$$\text{Отже: } P_Z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 4,5^{0,95} \cdot 0,0625^{0,8} \cdot 140^{1,1} \cdot 20}{200^{1,1} \cdot 80^0} \cdot 1,02 = 5066,35 \text{ Н.}$$

Перевірка режимів різання**По потужності приводу головного руху:**

$$N_{\text{э}} = \frac{P_Z V_g}{60 \cdot 1020} = \frac{5066,35 \cdot 50,24}{60 \cdot 1020} \approx 4,16 \text{ кВт}$$

Оскільки, то коректування швидкості різання не потрібне.

По міцності приводу головного руху

Момент, що крутить, на шпінелі верстата:

$$M_{\text{кр. рез.}} = \frac{P_Z \cdot D_{\text{фр}}}{2 \cdot 1000} = \frac{5066,35 \cdot 200}{2 \cdot 1000} = 506,635 \text{ Нмм}$$

$$M_{\text{кр. ст.}} = 9750 \frac{N_{\text{дв}} \cdot \eta}{n_{CT}} = 9750 \frac{11 \cdot 0,85}{80} = 1139,5 \text{ Нмм.}$$

Оскільки, то коректування не потрібне.

По міцності механізму подач

Визначаємо величину сили, подоланої механізмом подач при симетричному торцевому фрезеруванні

$$P_H = (0,3 \dots 0,4) P_Z = 0,35 \cdot 5066,35 = 1773,2. \text{ Перевіряємо по умові достатньої}$$

міцності механізму подачі: $P_H < [P_H]$. Отже, $P_H = 1773,2 < [P_H] = 15000 \text{ Н}$, умова виконується.

Визначення основного технологічного часу для виконання чорнового проходу:

$$T_{O. чер.} = \frac{L_{PX}}{S_{мин}} = \frac{652}{100} = 6,52 \text{ хв, де, } L_{PX} - \text{довжина робочого ходу}$$

ріжучого інструменту, мм.: $L_{PX} = L + \ell_{BP} + \ell_{ПЕР} = 550 + 100 + 2 = 652 \text{ мм}$; де $\ell_{\hat{A}\hat{D}}$ – перебігання фрези, $\ell_{\hat{A}\hat{D}} = 2 \text{ мм}$; $\ell_{\hat{A}\hat{D}}$ - урізування фрези: $\ell_{BP} = D_{ФР} / 2 = 100 \text{ мм}$.

Виконуємо розрахунок для чистового проходу.

Визначення режимів різання.

Призначаємо по таблицях і умові завдання: $t_{чис} = 1,5 \text{ мм}$; $S_z = 0,06 \text{ мм/об}$; $V_g = 100 \text{ м/хв}$.

$$\text{Частота обертання шпинделя: } n_{чт} = \frac{1000 \cdot V_g}{\pi \cdot D_{ФР}} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 200} = 159,2 \approx 160 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Хвилинна подача: } S_{мин} = S_z \cdot z \cdot n_{чт} = 0,06 \cdot 20 \cdot 160 = 192 \text{ мм/хв}.$$

Визначення основного часу для виконання чистового проходу:

$$T_{O. чт.} = \frac{L_{PX}}{S_{мин}} = \frac{652}{192} = 3,39 \text{ хв}.$$

Визначення основного технологічного часу для виконання операції:

$$T_O = T_{O. чер.} + T_{O. чт.} = 6,52 + 3,39 = 9,91 \text{ хв}.$$

8.3 Контрольні запитання

1. Наведіть визначення, що називають фрезеруванням?
2. Які існують види фрезерування?
3. Наведіть визначення, що називають торцевим фрезеруванням?
4. По яким ознакам визначають типи фрез?
5. Які існують фрези за напрямом обертання?
6. Які існують фрези за способом кріплення?
7. Які існують фрези залежно від розташування зубів?
8. Які існують фрези залежно від форми зубів?
9. Які існують фрези залежно від конструкції інструменту?
10. Які існують методи торцевого фрезерування?
11. З'ясуйте, що мають на увазі розглядаючи термін послідовне фрезерування?
12. З'ясуйте, що мають на увазі розглядаючи термін позиційне фрезерування?

13. З'ясуйте, що мають на увазі розглядаючи термін безперервне фрезерування?
14. Які існують форми зубів в фрезах?
15. Наведіть визначення, що називають окружним кроком зубів?
16. Які існують види торцевого фрезерування, в залежності від кута контакту фрези з заготівкою?
17. Які існують складові сили різання при торцевому фрезеруванні?
18. Наведіть визначення, що називають окружною складовою сили різання?
19. Наведіть визначення, що називають радіальною складовою сили різання?
20. Наведіть визначення, що називають осьовою складовою сили різання?
21. Наведіть визначення, що називають рівнодіючою силою?
22. З яких складових складається рівнодіюча сила?
23. За допомогою яких пристроїв вимірюють складові сили різання?
24. З'ясуйте, що необхідно виконати з динамометром перед вимірюванням складових сили різання?
25. Які діє вертикальна складова рівнодіючої сили при торцевому фрезеруванні?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

9. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ

Мета роботи: Вивчити методику розрахунку режимів різання, що витрачається на видалення суцільного шару, який зрізується при свердлінні. Ознайомитися і набути навичок роботи з довідковою літературою.

Вихідні данні: Розрахувати режими різання при виконанні технологічної операції «свердління наскрізного отвору на прохід».

9.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

9.1.1 Загальні уявлення про процес свердління

Свердління – утворення з зняттям стружки каналу отвору в суцільному матеріалі за допомогою ріжучого інструменту – свердла (рис. 9.1).

Обробка свердлами призначена для **суцільного свердління** каналів отворів (на прохід або наскрізне та глухих) або для **розсвердлювання** вже заздалегідь виготовлених каналів отворів (литвом, штампуванням, свердлінням і т.д.).

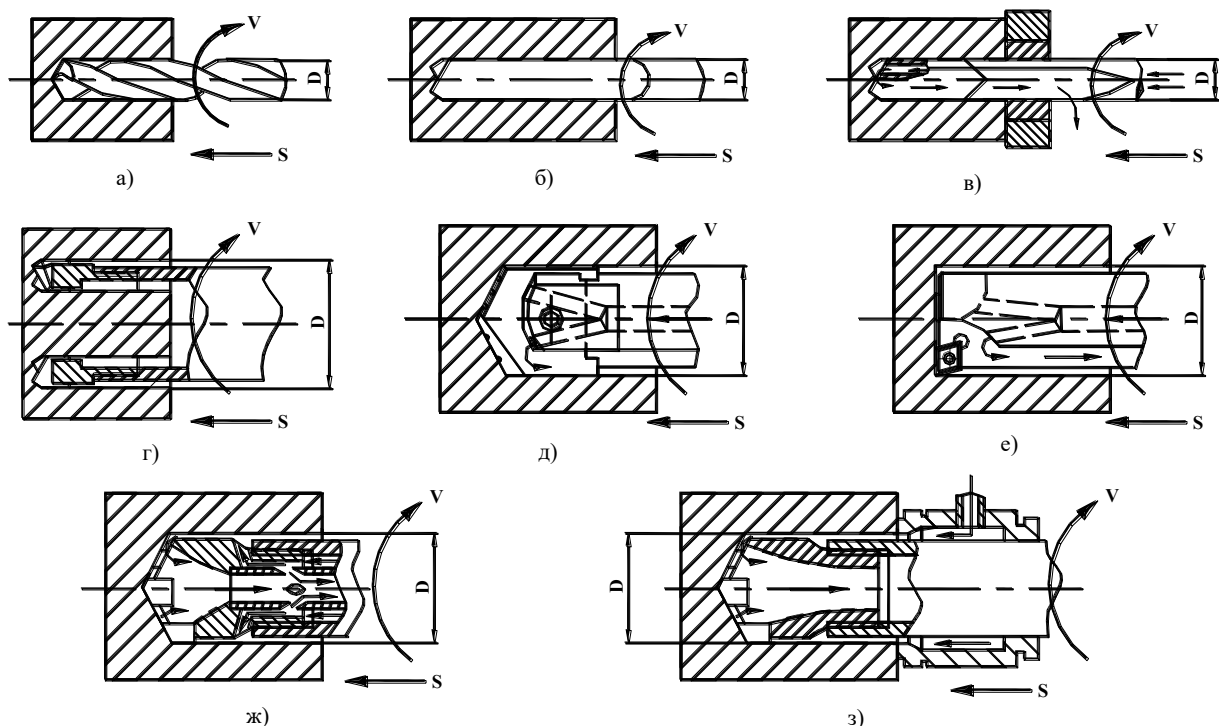


Рисунок 9.1. – Схеми виконання технологічної операції «свердління отворів різними типами свердел (стрілками показаний напрям потоку ЗОТС). V – напрям обертання інструменту; S – напрям подачі; D – діаметр просвердліного отвору; а) спіральне; б) рушничне; в) гарматне; г) кільцеве (що трепанує); д) перові; е) багато кромчасті із змінними ріжучими пластинами; ж) ежекторне; з) ВТА.

Розсвердлювання – різновид формуютьовальної механічної обробки отворів свердлінням, тільки не нового каналу отвору, а вже попереднього просвердлілого, відлитого або одержаного іншим способом отвору в заготівці, за допомогою ріжучого інструменту – свердла (рис. 9.2).

Технологічна операція «розсвердлювання» застосовується для підвищення точності розташування осі вже обробленого раніше різними способами (свердлінням, литвом, куванням, штампуванням і ін.) отвору і його формоутворення, значного зниження сили різання особливо при обробці отворів діаметром більше 30 мм. Для розсвердлювання застосовується ті ж інструменти, що і для свердління, за винятком ежекторного свердла і свердла багато кромчасті і із змінними або з пластинами, які напаяні.

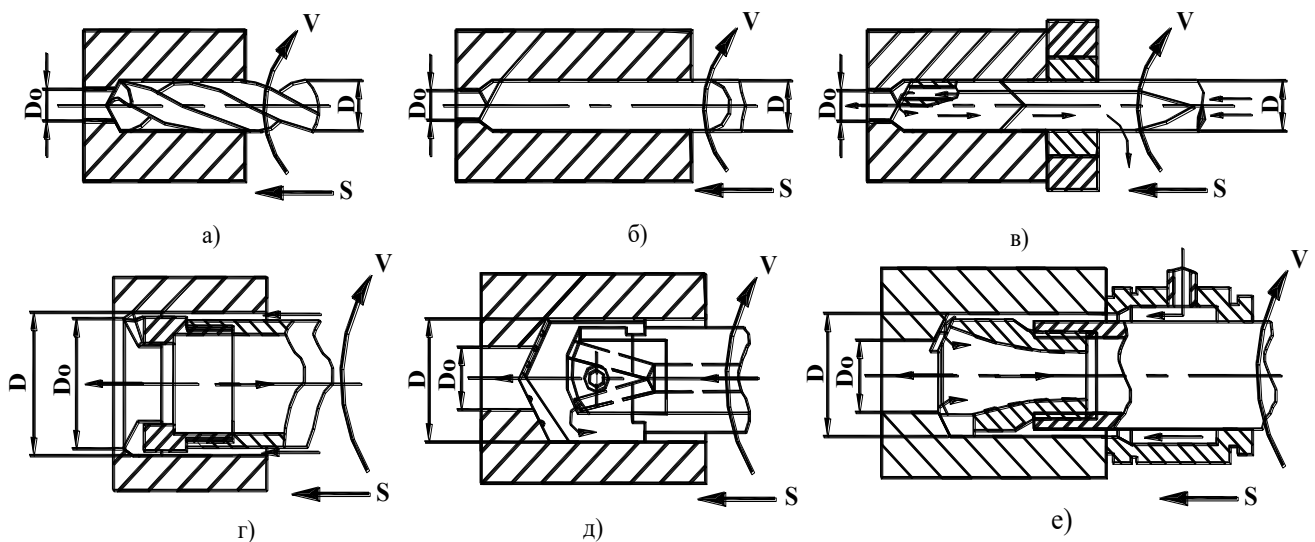


Рисунок 9.2 – Схеми виконання технологічної операції «розсвердлювання» глибоких отворів різними типами свердел (стрілками показаний напрям потоку ЗОТС). V – напрям обертання інструменту; S – напрям подачі; D – діаметр розсвердленого отвору; D_0 – діаметр задалегідь обробленого отвору; а) спіральне; б) рушничне; в) гарматне; г) кільцеве (що трепанує); д) перове; е) ВТА.

Розрізняють обробку неглибоких отворів до $5d$, глибоких від $3d$ до $50...100d$, а також надглибоких більш як $100d$. В даний час прийнято визначати глибину отвору по відношенню його діаметру до глибини, яке виражено в кількості діаметрів тих, що поміщаються в довжині отвору, див. формулу: $L/d = 5d$

Окрім цього існує поняття обробка отворів **на прохід (наскрізне)** – тобто обробка каналу отвору з виходом інструменту на протилежну сторону заготівки від поверхні, з якою почато свердління. Окрім цього існує **глухе свердління** – без виходу на протилежну сторону.

На відміну від суцільного свердління існує також метод **кільцевого свердління**, тобто при ньому обробляється не весь канал отвору як у попередньому методі, а тільки зовнішня кільцева частина отвору, при цьому або зберігається серцевина отвору (призначена для подальшого використання), або в процесі обробки каналу отвору, вона періодично руйнується. Кільцеве свердління буває також, як **на прохід (крізне)**, так і **глухе**.

Крім розглянутих загальних методів існує ще ціла низка спеціальних методів, якими оброблюють глибокі та надглибокі отвори: послідовного свердління; метод ділення товщини і ширини зрізу; одно - і багатобічного різання; метод «ВТА»; ежекторне свердління; керування процесом різання по жорсткому циклу, вібраційного і адаптивного керування. За існуючими стандартами, отримання отворів є збірним поняттям для механічної обробки різанням з виконанням головних або допоміжних рухів і переміщень.

«Головним рухом» (рух різання) при обробці отворів, є кругове обертання заготовки або інструменту, **«допоміжним»** (рух подачі) – лінійне переміщення інструменту або заготовки уздовж осі обертання. Причому рух подачі зберігає своє положення щодо осі ріжучого інструменту або осі оброблюваного отвору в заготовці.

Залежно від використовуваної ріжучого інструменту розрізняють наступні обробки отворів: **гвинтовими (спіральними) свердлами** (для свердління по цілому, або розсвердлювання діаметром від 0,15 до 80 мм, завглибшки – до **20d**); **гарматне або рушничне свердло**, тобто **свердло одностороннього різання** (для свердління по цілому, або розсвердлювання діаметром від 0,08 до 50 мм, завглибшки – від 10 до **100d** і більш); **перові** (діаметром від 16 до 250 мм, завглибшки – до **40d**); **свердло, що працює по методу ВТА** або **ежекторним методом** (діаметром від 4 до 180 мм при свердлінні по цілому і може досягати до 1800 мм при розсвердлюванні, завглибшки – від **10 до 400d**); **кільцеве свердло** (діаметром від 45 до 600 мм, завглибшки – до **400d**).

Залежно від конструкції ріжучого інструменту, призначеного для обробки отворів, розрізняють наступні їх види: **спіральні звичайні** та **подовжені свердла** (рис. 9.1, а, рис. 9.2, а) і їх різновид - **шнекові свердла**; **гарматні свердла** (рис. 9.1, б, рис. 9.2, в); **рушничні свердла** (рис. 9.1, в, рис. 9.2, б); **кільцеві** або **трепануючі свердла** (рис. 9.1, г, рис. 9.2, г); **перові свердла** (рис. 9.1, д, рис. 9.2, д); **свердла багато кромки із змінними або пластинами, які напаяні** (рис. 9.1, е); **ежекторні свердла** (рис. 9.1, ж), **свердла ВТА** (рис. 9.1, з, рис. 9.2, е).

Окрім розподілу ріжучого інструменту по видах, існує ділення свердел за конструктивними ознаками в залежності: *від кількості головних ріжучих*

кромки (одно -, двух- і багато кромкові); від кількості зубів (одно -, двух- і багатозубі); матеріалу з якого вони виготовлені (швидкорізальні - цілісні, складені і напаяні; твердосплавні – цілісні, складені і напаяні; алмазні); від форми заточування робочої частини свердла (нормальні, нормальні з підгострюванням поперечної кромки, з подвійним заточуванням, з подвійним заточуванням і підгострюванням поперечної кромки, із стружкорозподільними канавками, із спеціальним заточуванням і т.д.); від способу підведення ЗОТС в зону різання (із зовнішнім поливом, подачею рідини в зону різання під тиском і т.д.); за способом відведення стружки із зони різання і ін.

Останнім часом з'явилася тенденція створення спеціальних ріжучих інструментів призначених для одночасної обробки двох або більшої кількості отворів з різними діаметрами при свердлінні або розсвердлюванні, які носять назву – **комбіновані свердла**. Недоліком даною конструкцій ріжучих інструментів, є відносно вузька їх спеціалізація. Оскільки, цей ріжучий інструмент призначений тільки для обробки двох або трьох, рідше за чотирьох типорозмірів за один прохід в одній або однотипних деталях, наприклад: шліцьових втулках, корпусах гідроапаратури, деталях приладобудування і т.п. Перехід на інші типорозміри пов'язаний із зміною конструктивних параметрів, що часто виходячи з конструкції свердла не можливо.

Свердлінням, можливо, обробляти всі види існуючих матеріалів, проте залежно від конструкції ріжучого інструменту точність виготовлення отворів невисока. Для обробки стандартними спіральними свердлами точність виготовлення отворів відповідає 14 квалітету, тоді як свердел одностороннього різання - 12...13 квалітету. Шорсткість обробленої поверхні не вище $Ra = 25...10$ мкм, точність виконання між осьовою відстані між групою отворів $\pm (0,2...0,5)$ мм. Тому свердління при виготовленні точніших отворів виконується як підготовча операція, тоді як для менш точних – фінішною. В залежності від матеріалу, що обробляється, та довжини та діаметру отвору застосовують різноманітні конструкції свердел.

При свердлінні та розсвердлюванні існує п'ять кінематичних схем (рис. 9.3).

Розсвердлюванням, можливо, обробляти всі види існуючих матеріалів, проте залежно від конструкції ріжучого інструменту точність виготовлення глибоких отворів невисока, так для спіральних свердел вона відповідає 12 квалітету, тоді як свердел одностороннього різання 9...11 квалітету; шорсткість обробленої поверхні не вище $Ra = 10...0,8$ мкм; точність відстані між отворами при розсвердлюванні по кондукторові $\pm(0,04...0,1)$ мм, без кондуктора $\pm(0,06...0,2)$. Тому технологічну операцію «розсвердлювання» при

виготовленні отворів з високими технічними вимогами що пред'являються до їх поверхні, виконують як підготовчу операцію, тоді як для поверхонь отворів з невисокими технологічними вимогами – фінішною.

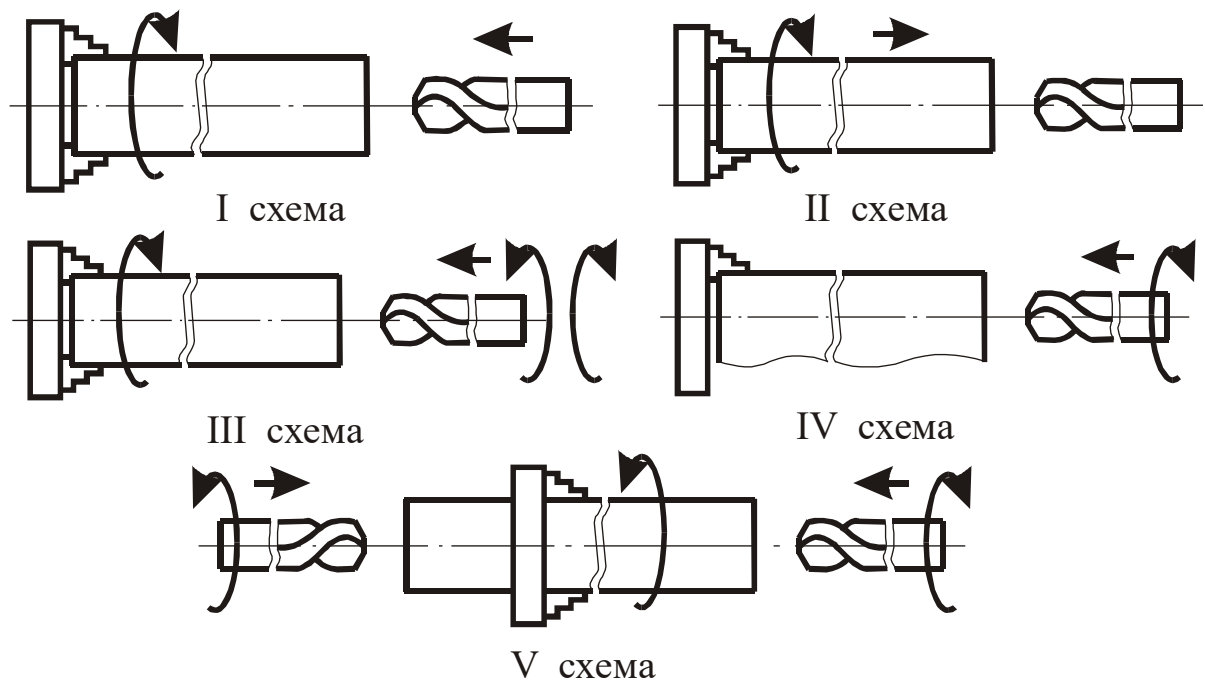


Рисунок 9.3 - Кінематичні схеми свердління (зенкерування і розгортання) отворів. I) виріб має обертальний рух, а ріжучий інструмент – поступальне переміщення; II) виріб одночасно має обертальний рух і поступальне переміщення, а ріжучий інструмент – нерухомий; III) виріб має обертальний рух, а ріжучий інструмент – одночасно має поступальне переміщення і обертальний рух (однонаправлене або різноспрямоване); IV) виріб нерухомий, а ріжучий інструмент – одночасно має поступальне переміщення і обертальний рух (для обробки корпусних деталей); V) обробка отворів здійснюється одночасно з двох сторін однієї з перших чотирьох кінематичних схем.

Сили різання та потужність при свердлінні. На відміну від точіння при свердлінні в тому, що при зрізанні стружки беруть участь не одне головне лезо, а два і додатково перемичка. На кожному з лез діє сила різання, яку можна розкласти на три взаємно перпендикулярні складові (рис. 9.2). Силу різання, що діє на головному лезі, розкладемо на силу P_Z , дотичну до кола, на якому розташована точка леза, на силу P_V , що проходить через вісь свердла, і на силу P_X , паралельну осі свердла. На іншому головному лезі діє аналогічна система сил. Сила різання, що діє на половині перемички також може бути розкладена на три сили. Проте унаслідок щодо малого впливу, що надається на силові характеристики при свердлінні двох складових, окрім

складовій P_x та P'_x , їх до уваги не приймають. Допоміжні леза при зрізуванні стружки істотного значення не мають. Проте унаслідок того, що на фасках свердла допоміжний задній кут рівний нулю між ними і стінкою отвору є тертя. Дотична, складової сили тертя, позначена на рисунку силою P_{TP} та P'_{TP} . Складемо суму проєкцій діючих сил на вісь x , співпадаючу з віссю свердла (рис. 9.4):

$$\sum(x) = 2P_x + 2P_{TPC} + 2P_{TPЛ} + P_{ПЕР} + \Delta P_y = P_o.$$

З рис. 9.4 витікає, що осьова складова P_o рівна сумі проєкцій сил, що діють уздовж осі x , де P_z – проєкція сили різання на вісь z ; P_{TPC} – сума проєкцій сил тертя стружки і елементів робочої частини свердла; $P_{TPЛ}$ – проєкція сили тертя на допоміжній кромці; $P_{ПЕР}$ – проєкція сили різання на перемичці; ΔP_y – проєкція радіальної сили різання P_y , що становить, при симетричному заточуванні $P_y = 0$.

Таким чином « P_o », як проєкція векторів сили різання і суми сил тертя на координатну вісь x , є осьовою складовою сили P_o при свердлінні. Дією решти складових сили різання можна нехтувати, із-за їх малого впливу на силу різання.

Вказану суму проєкцій « P_o » - називають **осьовою силою при свердлінні**. Осьова сила протидіє руху подачі. По ній розраховують на міцність деталі механізму подачі свердлувального верстата. При великих вильотах осьова сила викликає подовжній вигин свердла.

Складемо суму моментів діючих сил щодо осі x . Вказану суму моментів називають **моментом опору різанню, що крутить, при свердлінні (моментом різання, що крутить)**.

Для здійснення процесу різання момент, що крутить, розвивається верстатом при певному числі оборотів шпинделя, він повинен бути більше моменту різання, що крутить, тобто $M_{CT} > M$. Так як потужність в кВт, що витрачається на здійснення руху подачі, так само, як і при точінні, дуже мала, то ефективну потужність верстата (потужність, що витрачається на різання) визначає тільки по моменту різання, що крутить.

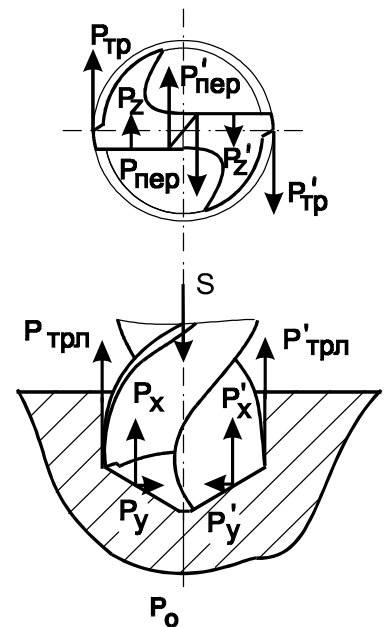


Рисунок 9.4. – Схема дії складових сили різання і сили тертя на спіральне свердло.

Момент « M_{KP} », що крутить, визначається як сума моментів від всіх діючих основних складових сили різання і визначається по формулі:

$$\sum(M_{KP}) = M_{P_z} + M_{ПЕР} + M_{TPC} + M_{TPL} + M_{\Delta P_y},$$

де M_{P_z} – момент, від дії пари сил P_z ; $M_{ПЕР}$ – момент, від дії пари сил $P_{ПЕР}$ на перемичці; M_{TPC} – момент, від дії пари сил тертя; P_{TPC} ; M_{TPL} – момент, від дії пари сил тертя P_{TPL} ; P_z – момент, від дії сили P_y на ГРК (у окремому випадку момент рівний нулю, якщо сила $M_{P_y} = 0$). По моменту різання, що крутить розраховує на міцність та жорсткість шпиндель і деталі механізму головного руху верстата Під дією моменту різання, що крутить, відбувається скручування свердла.

Сили P_y , що діють на обох головних лезах свердла і направлені назустріч один одному, теоретично повинні врівноважуватися. Проте унаслідок неточності заточування свердла (неоднаковій величині кутів в плані цих довжин головних лез) сили P_y не рівні. Тому з'являється **рівнодіюча сила** ΔP_y , направлена в сторін) більшої сили.

Під дією рівнодіючою відбувається «розбивання» отвору (збільшення діаметру отвору в порівнянні з діаметром свердла). «Розбивання» отвору викликає іншу макро геометричну погіршеність - відведення свердла від геометричної осі отвору, оскільки свердло перестає своїми фасками центруватися отворі. «Розбивання» і відведення отвору від геометричної осі завжди властиві свердлінню отворів двохлезовими гвинтовими свердлами.

Вплив зовнішніх умов на сили. Вплив конструктивних елементів свердла на силові характеристики процесу свердління різний. Велика частина моменту, що крутить, доводиться на головні леза свердла. На перемичку ж доводиться велика частина осьової сили. По зміні величини осьової сили і моменту, що крутить, можна судити про стан свердла в процесі різання. Якщо спостерігається різке **збільшення моменту, що крутить**, то це відповідає переважному зносу головних лез свердла.

Різке **зростання осьової сили** свідчить про переважний знос перемички. Із збільшенням подачі і діаметру свердла збільшується площа перетину шару, що зрізається головними лезами, унаслідок чого осьова сила і момент, що крутить, зростають. Основний вплив на осьову силу і момент, що крутить, роблять *кут нахилу гвинтової канавки, подвійний кут в плані свердла і кут нахилу перемички*.

Збільшення *кута нахилу гвинтової канавки* (ω) зменшує як осьову силу, так і момент, що крутить, але осьова сила зменшується інтенсивніше. Вплив кута ω на P_o і M_{KP} помітно тільки при значеннях кутах $\omega < 30...35^\circ$,

подальше збільшення кута ω практично не позначається на їх зміні. Вплив кута ω на осьову силу і момент, що крутить, пов'язаний з тим, що збільшення кута ω викликає збільшення переднього кута свердла, що знижує силу різання на головному лезі і її складові.

Вплив подвійного кута в плані (2ϕ) на P_O і M_{KP} при свердлінні аналогічно впливу кута 2ϕ на сили P_X і P_Z при точінні. При збільшенні кута 2ϕ відношення b/a ширини шару, що зрізається, до його товщини зменшується, що зменшує силу P_Z на головному лезі і, як наслідок, величину M_{KP} . Тоді як збільшення кута 2ϕ приводить до збільшення кута між головним лезом і напрямом руху подачі, що збільшує осьову складову сили різання на головних лезах і осьову силу.

Кут нахилу перемички (ψ) на осьову силу і момент, що крутить, впливає найскладніше. З одного боку, збільшення кута ψ викликає зменшення довжини перемички, що винне декілька зменшити момент і значніше осьову силу, що крутить. З іншого боку, при збільшенні кута ψ збільшується довжина головних лез і їх ділянок з малою величиною статичного переднього кута. Останнє повинне привести до збільшення як M_{KP} , так і P_O . Такий суперечливий вплив кута ψ призводить до того, що при його збільшенні осьова сила безперервно росте, а момент, що крутить, спочатку зменшується, а потім зростає. Мінімум моменту, що крутить, відповідає значенню кута $\psi = 50...55^\circ$. Оскільки оптимальні геометричні параметри свердла при обробці певної групи матеріалів змінюються у вельми вузьких межах, то у формулах для визначення P_O і M_{KP} поправочними силовими коефіцієнтами враховують тільки механічні властивості оброблюваного матеріалу і вживану ЗОТС: $P_O = C_P D^{x_P} S^{y_P} K_P$; $M_{KP} = C_M D^{x_M} K_P$, де $K_P = K_M K_\omega$, K_M - поправочний силовий коефіцієнт, що враховує вплив межі міцності при розтягуванні і твердості по Бринеллю оброблюваного матеріалу; K_ω - коефіцієнт впливу ЗОТС на P_O і M_{KP} .

9.2. Порядок виконання роботи

9.2.1 Умови для виконання завдання:

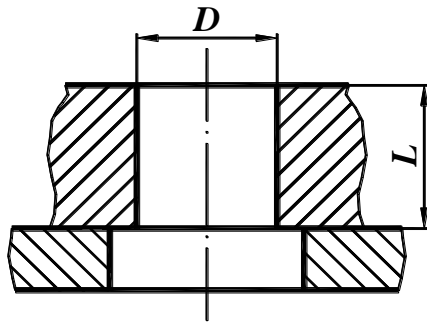


Рисунок 9.5. – Ескіз деталі.

Заготовка – пластина;
 Твердість – не термооброблена;
 Матеріал та розміри – (рис. 9.5 і
 табл. 9.1);
 Схема базування – заготовка
 встановлюється в лещатах;
 Тип виробництва - дрібносерійне.

Таблиця 9.1.

Варіанти завдання до практичного заняття № 9

№ з/п	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм					Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Твердість заготовки
		D	d_1	d	L	l		
1.	Сталь 20	80	75	60	500	380	Rz 40	$\sigma_B=550$ МПа
2.	Сірий чавун СЧ10	85	80	60	520	400	Rz 20	HB 160
3.	Сталь 12Х18Н9Т	90	85	60	540	420	Rz 10	HB 180
4.	Сталь 14Х17Н2	95	90	60	560	440	Ra 2,5	HB200
5.	Сірий чавун СЧ30	100	95	60	580	460	Ra 1,25	HB 220
6.	Сірий чавун СЧ20	105	100	80	600	500	Ra 0,63	HB 210
7.	Сталь 38ХА	110	105	80	620	520	Rz 40	$\sigma_B=680$ МПа
8.	Сталь 35	115	110	80	640	540	Rz 20	$\sigma_B=560$ МПа
9.	Сірий чавун СЧ15	120	115	80	660	560	Rz 10	HB 170
10.	Сірий чавун СЧ10	125	120	80	680	580	Ra 2,5	HB 160
11.	Сталь 40ХН	80	75	60	700	600	Ra 1,25	$\sigma_B=700$ МПа
12.	Сталь Ст3	85	80	60	720	620	Ra 0,63	$\sigma_B=600$ МПа
13.	Сталь 40Х	90	85	60	740	640	Rz 40	$\sigma_B=750$ МПа
14.	Сталь Ст5	95	90	60	760	660	Rz 20	$\sigma_B=600$ МПа
15.	Сірий чавун СЧ20	100	95	60	780	680	Rz 10	HB 180
16.	Сірий чавун СЧ20	105	100	80	500	380	Ra 2,5	HB 200
17.	Сталь 20Х	110	105	80	520	400	Ra 1,25	$\sigma_B=580$ МПа
18.	Сталь 50	115	110	80	540	420	Ra 0,63	$\sigma_B=750$ МПа
19.	Бронза Бр АЖН 10-4	120	115	80	560	440	Rz 40	HB170
20.	Латунь ЛМЦЖ 52-4-1	125	120	80	580	460	Rz 20	HB100
21.	Сірий чавун СЧ30	80	75	60	600	500	Rz 10	HB 220
22.	Сірий чавун СЧ20	85	80	60	620	520	Ra 2,5	HB 200
23.	Сталь 30ХН3А	90	85	60	640	540	Ra 1,25	$\sigma_B=800$ МПа
24.	Сталь 30ХМ	95	90	60	660	560	Ra 0,63	$\sigma_B=780$ МПа
25.	Сталь 45	100	95	60	680	580	Rz 40	$\sigma_B=650$ МПа
26.	Сталь 15Х	105	100	80	700	600	Rz 20	$\sigma_B=687$ МПа
27.	Ковкий чавун КЧ30	110	105	80	720	620	Rz 10	HB 163

28.	Сталь 20ХНР	115	110	80	740	640	Ra 2,5	$\sigma_B=700 \text{ МПа}$
29.	Сталь 30Г	120	115	80	760	660	Ra 1,25	$\sigma_B=550 \text{ МПа}$
30.	Сталь 35ХГСА	125	120	80	780	680	Ra 0,63	$\sigma_B=700 \text{ МПа}$

9.2.2 Зразок виконання практичної роботи № 9 (Розрахунок режимів різання при свердлінні)

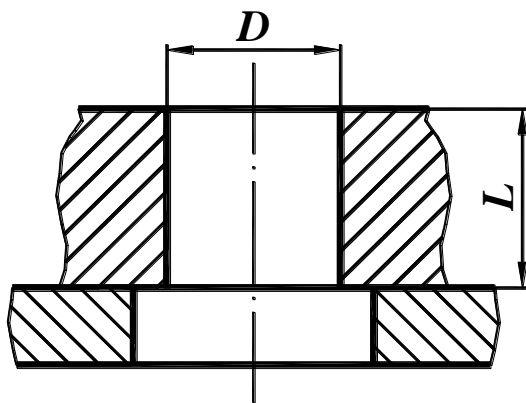


Рисунок 9.6. – Ескіз деталі .

Заготовка – пластина (рис. 6);

Твердість – не термооброблена,
 $\sigma_B=700 \text{ МПа}$;

Матеріал – сталь 30Х;

Схема базування – заготовка встановлюється в лещатах;

Розміри отвору – $D = 30 \text{ мм}$, $L = 80 \text{ мм}$;

Шорсткість обробленої поверхні деталі – необмежена;

Тип виробництва - дрібносерійне.

Вибір моделі свердлильного верстата

При виборі враховуємо вид виконуваної технологічної операції і розміри заготовки. Вибір верстата здійснюємо для дрібносерійного виробництва (Додаток А, табл. А.3), причому за основну характеристику, при виборі, приймаємо найбільший діаметр оброблюваного отвору. З існуючого модельного ряду свердлувальних верстатів вибираємо верстат мод. 2С132. Конструкція вибраного устаткування дозволяє, встановити заготовку з вказаними габаритами в лещатах або пристосуванні, і обробляти отвори даного діаметру.

Основні технічні характеристики верстата:

- максимальний діаметр оброблюваного отвору – 35 мм ;

- зусилля подачі – $P_O = 1500 \text{ кг}$;

- момент, що крутить, – $M_{кр} = 40 \text{ Нмм}$;

- потужність електродвигуна в приводі головного руху – $N_{дв} = 4 \text{ кВт}$;

Вибір різального інструменту.

Вибираємо спіральне свердло $\varnothing 30$ мм по ГОСТ 886-77. Матеріал свердла приймаємо по рекомендаціях, приведених в (Додаток Б. табл. Б.1), – швидкорізальна сталь Р6М5Ф3. Геометрія ріжучої частини свердла: ω - кут нахилу гвинтової канавки, $\omega = 20^\circ$; 2φ - перший подвійний кут в плані, $2\varphi = 116...118^\circ$; $2\varphi_1$ - другий подвійний кут в плані $2\varphi_1 = 70...75^\circ$ (Додаток Б. табл. Б.10...13). На рис. 2 показаний ескіз вершини спірального свердла з підгострюванням серцевини і стрічок.

Вибір форми заточування свердла.

(Додаток Б. табл. Б.11). Існує п'ять основних форм заточування вершини спіральних свердел: одинарна нормальна (H); одинарна з підгострюванням перемички (HP); одинарна з підгострюванням перемички і стрічки ($HPЛ$); подвійна з підгострюванням перемички ($ДП$); подвійна з підгострюванням перемички і стрічки ($ДПЛ$). Вид форми заточування залежить від фізичних властивостей оброблюваного матеріалу (σ_B) і діаметру ріжучого інструменту. При $\sigma_B > 50$ кг/мм² для сталі реалізується форма заточування $ДП$ і $ДПЛ$, при $\sigma_B < 50$ кг/мм² – H , HP , $ДПЛ$. Приймаємо для діаметру 30 мм заточування $ДПЛ$ (рис. 2).

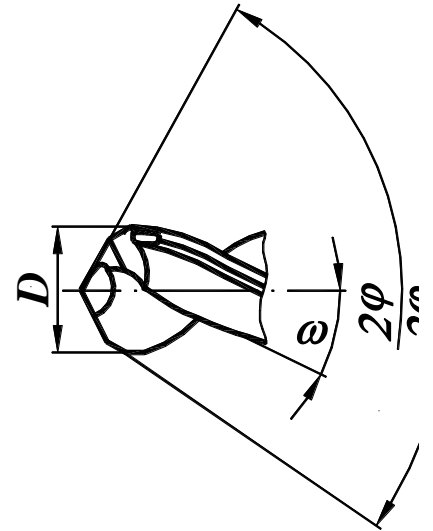


Рис. 2. – Заточування вершини спірального свердла.

Визначення глибини різання при свердлінні: $t = 0,5D$ мм. Отже, для нашого випадку приймаємо $t = 0,5D = 0,5 \cdot 30 = 15$ мм.

Максимально допустиме значення подачі при свердлінні без урахування обмежуючих чинників приведені в (Додаток Г, табл. Г.7).

Величина подачі залежить від фізичних властивостей матеріалу, що оброблюється (σ_B) і діаметру свердла. Поправку вводять при великій глибині свердління ($L/d > 5$), або при високих вимогах по шорсткості для точних отворі.

У нашому випадку приймаємо подачу рівної $S = 0,45 \dots 0,55$ мм/об. Перевіряємо дане значення по паспорту верстата і приймаємо найближче мінімальне значення подачі $S = 0,43$ мм/об.

Розрахунок швидкості різання по формулі:

$$V = \frac{C_V \cdot D^{g_V}}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}} K_V, \text{ м/хв}$$

Значення змінних приймаємо по (Додаток 3, табл. 3.1) рівними: постійна $C_V = 9,8$; показники ступенів: $g_V = 0,4$; $X_V = 0$; $Y_V = 0,5$; $m = 0,2$; час роботи свердел (T) а до переточування вибираємо виходячи з фізичних властивостей оброблюваного матеріалу і діаметру ріжучого інструменту, $T = 50$ хв; поправочний коефіцієнт, що враховує відмінність умов заданих від табличних, рівний: $K_V = K_{M_V} \cdot K_{I_V} \cdot K_{L_V}$, де, K_{M_V} - коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу (Додаток Д, табл. Д.3):

$$K_{M_V} = C_M \left(\frac{75}{70} \right)^n = 0,8 \left(\frac{75}{70} \right)^{0,9} = 0,864, \text{ де, постійна } C_M = 0,8, \text{ показник ступеня}$$

$n = 0,9$; K_{I_V} - коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу (Додаток Д, табл. Д.6) $K_{I_V} = 0,3$; K_{L_V} - коефіцієнт, що враховує глибину оброблюваного отвору (Додаток 3, табл. 3.2) $K_{L_V} = 1,0$. Коефіцієнт враховується в залежності від глибини отвору, що обробляється, як відношення глибини отвору до його діаметру. В нашому випадку $80 / 30 = 2,66D$ Отже: $K_V = K_{M_V} \cdot K_{I_V} \cdot K_{L_V} = 0,864 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,2592$.

$$\text{Звідси: } V = \frac{C_V \cdot D^{g_V}}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}} K_V = \frac{9,8 \cdot 30^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 15^0 \cdot 0,43^{0,15}} 0,2592 = 19,79 \text{ м/хв.}$$

Визначення частоти обертання інструменту. Необхідно визначити частоту обертання інструменту: $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,79}{3,14 \cdot 30} = 210,08 \text{ об/хв.}$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо частоту обертання $n = 210$ об/хв. Отже, остаточна (дійсна) швидкість різання визначається з обліку фактичної частоти

$$\text{обертання: } V_D = (\pi \cdot B \cdot n) / 1000 = (3,14 \cdot 30 \cdot 210) / 1000 = 19,72 \text{ м/хв.}$$

Що, трохи відрізняється від розрахункової.

Визначення осьової сили різання, що становить, при суцільному свердлінні: $P_O = C_P \cdot D^{g_P} \cdot S^{Y_P} \cdot K_P$. Значення постійною C_P і коефіцієнтів g_P і Y_P приведена (Додаток 3, табл. 3.3). Залежно від фізичних властивостей оброблюваного і інструментального матеріалу приймаємо: $C_P = 68$; показники ступенів: $g^P = 1,0$; $Y^P = 0,7$; $K_P = K_{MP}$ - враховує фізичні властивості оброблюваного матеріалу. Отже: $K_{MP} = (\sigma_B / 75)^n = (70 / 75)^{0,75} = 0,947$. Підставляємо значення у формулу: $P_O = 68 \cdot 30^1 \cdot 0,43^{0,7} \cdot 0,947 = 1123,9 \text{ Нмм.}$

Визначення моменту, що крутить, при суцільному свердлінні:

$M_{кр} = C_{Мкр} \cdot D^{g_M} \cdot S^{Y_M} \cdot K_{Мкр}$. Значення постійною $C_{Мкр}$ і коефіцієнтів g_M і Y_M приведена в (Додаток 3, табл. 3.3). Залежно від фізичних властивостей оброблюваного і інструментального матеріалу приймаємо: $C_{Мкр} = 0,0345$; показники ступенів: $g_M = 2,0$; $Y_M = 0,8$; $K_p = K_{Мр}$ - враховує фізичні властивості оброблюваного матеріалу. Отже: $K_{Мр} = 0,947$. Підставляємо значення у формулу: $M_{кр} = 0,0345 \cdot 30^2 \cdot 0,43^{0,8} \cdot 0,947 = 14,97 \text{ Н}$.

Перевіряємо режими різання:

Визначення міцності механізму подач:

$$P_o = 1129,9 \leq P_{доп} = 1500 \text{ Нмм.}$$

Визначення міцності потужності головного електроприводу:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{975} = \frac{14,97 \cdot 210}{975} = 3,22 \text{ кВт.}$$

Споживана потужність електродвигуна: $N_{эд} = \frac{N_p}{\eta} = \frac{3,22}{0,8} = 4,25 \text{ кВт.}$

Отже, перевіряємо умову: $N_p = 3,22 \leq N_{эд} = 4,25 \text{ кВт.}$

Визначаємо частоту обертання, що допускається потужністю електродвигуна: $n = \frac{975 \cdot N_{эд} \cdot \eta}{M_{кр}} = \frac{975 \cdot 4,25 \cdot 0,8}{14,97} = 221,44 \text{ об/хв}$

отже, приймаємо частоту обертання шпинделя по паспорту верстата $n = 210 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання: $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 210}{1000} = 19,782 \text{ м/хв.}$

Визначаємо машинний час: $T = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{80 + 12}{210 \cdot 0,43} = \frac{92}{90,3} = 1,02 \text{ хв.}$

де, L – розрахункова глибина свердління, $L = \ell + \ell_1 \text{ мм.}$ ℓ - глибина отвору;

ℓ_1 - довжина врізування і виходу свердла (при свердлінні на прохід),

$\ell_1 = 0,4 \cdot D = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ мм.}$

9.3 Контрольні запитання

1. Яка поверхня інструменту перегороджує шлях потоку стружки?
2. Яку форму має стружка при різанні в'язких матеріалів?
3. Плоска спіраль стружки утворюється при якому виді різання?

4. Гвинтова спіраль стружки утворюється при якому виді різання?
5. Приведіть визначення, що називають усадкою стружки?
6. Які існують види усадки стружки?
7. Якими методами вимірюють усадку стружки?
8. Кількісною оцінкою ступеня пластичності деформації стружки є?
9. Суть методу зважування при визначенні усадки стружки полягає?
10. Суть методу порівняння при визначенні усадки стружки полягає?
11. Основними чинниками, що впливають на усадку стружки, є?
12. Приведіть визначення, що називають умовою взаємного ковзання?
13. Приведіть визначення, що називають коефіцієнтом тертя?
14. Приведіть визначення, що називають наростом?
15. Вкажіть місце розташування наросту?
16. В скільки раз наріст твердіше від обробленого матеріалу?
17. Якими формою та розмірами характеризується наріст?
18. Чи є наріст стабільним тілом?
19. З якою швидкістю виникає та зникає наріст під час різання?
20. Які необхідні наступні умови для утворення наросту?
21. Якої умови необхідно досягнути для припинення росту наросту?
22. При руйнуванні наросту, куди попадають його частини?
23. Чи виконує наріст функцію різального клину?
24. В яких випадках фізичне явище «наріст» є корисним?
25. Які існують види вібрацій при різанні матеріалів?
26. Причинами виникнення автоколивань?
27. Скільки існує коливальних систем?
28. Приведіть визначення, що називають автоколиваннями?
29. Приведіть визначення, що називають циклічними вібраціями?
30. Причини виникнення вимушених коливань?
31. Які існують дії для зниження негативної дії вібрацій?
32. Як впливають зовнішні фактори на коливання?
33. Приведіть визначення, що називають силою різання?
34. Від чого залежить сила різання?
35. Вплив умов різання на дію складових сили різання?
36. Наведіть приклад, де виникають низькочастотні коливання?
37. Наведіть приклад, де виникають високочастотні коливання?
38. Які існують засоби і методи боротьби з автоколиваннями?
39. Які є залежно від умов роботи збуджені коливання деталі і інструменту?
40. В чом полягає достоїнства методу вібраційного управління процесом різання?

41. В чом полягають недоліки методу вібраційного управління процесом різання?
42. Як діє осьова складова сили різання « P_O » при свердлінні?
43. Які існують методи вимірювання сили різання?
44. Як діють складові сили різання на інструмент?
45. Які методи застосовують для визначення складових сили різання?
46. Як впливає глибина різання на силу різання?
47. Які існують джерела утворення теплоти при різанні матеріалів?
48. Напрямки відведення теплоти із зони різання?
49. Напрямки відведення теплоти із зони обробки при свердлінні?
50. Приведіть визначення, що називають тепловим балансом?
51. Як впливає величина переднього кута на силу різання?
52. Як впливає величина головного кута в плані на силу різання?
53. Як впливає швидкість різання на силу різання?
54. Як впливає знос інструменту на силу різання?
55. Наведіть визначення, що називають термопарою?
56. Для чого призначена термопара?
57. Призначення процесу різання при свердлінні?
58. Особливості процесу різання при свердлінні?
59. Які існують види механічної обробки при свердлінні?
60. Які існують кінематичні схеми різання при свердлінні?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

10. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ШЛІФУВАННІ

Мета роботи: Вивчити методику розрахунку режимів різання, що витрачається на видалення поверхневого шару, який зрізується при шліфуванні. Ознайомитися і набути навичок роботи з довідковою літературою.

Вихідні данні: Розрахувати режими різання при виконанні технологічної операції «шліфування зовнішньої поверхні на прохід»

10.1. Основні теоретичні положення по темі заняття

10.1.1 Загальні уявлення про процес шліфування

Шліфування - є основним методом чистової обробки зовнішніх циліндрових поверхонь. Шліфування забезпечує отримання високої чистоти обробленої поверхні та її високу точність розмірів. Шліфування виконується **абразивними інструментами** та ним одержують деталі: *круглі, плоскі і фасоні*.

Абразивний інструмент є твердим тілом, що складається із зерен **абразивного (шліфувального) матеріалу**, які скріплюють між собою **зв'язкою**. Значну частину об'єму абразивного інструменту займають **повітряні пори**.

Тенденція обробки різноманітних матеріалів в наступний час передбачає прогресивні способи виготовлення заготовок – відливання і штампування, які дають можливість одержувати припуски мінімальної величини (до 1...2 мм на розмір). Тобто це дає можливість обходитися без обробки зовнішніх поверхонь лезовим інструментом, а відразу остаточно обробляти деталь тільки шліфуванням.

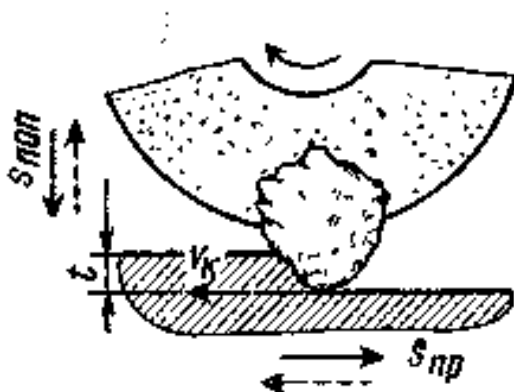


Рисунок 10.1. – Схема шліфування.

Абразивні інструменти в переважній більшості

використовуються у вигляді **шліфувальних кругів** різноманітної форми. Крім того, вони можуть використовуватися у вигляді **брусків (сегментів), шкірок, паст і порошків**.

Процес різання при шліфуванні можна розглядати як фрезерування багатозубою фрезою з високою швидкістю. Кожне одиничне абразивне зерно є ріжучим лезом з випадковими геометричними параметрами, які залежать не тільки від форми зерна, але і від положення його в абразивному інструменті. На рис. 10.1. видно, що найбільший, негативний передній кут є на зернах з сферичною поверхнею.

Кожне одиничне зерно зрізає стружку дуже малого змінного перетину. Оброблена поверхня утворюється в результаті сукупної дії великого числа абразивних зерен, розташованих на ріжучій поверхні абразивного інструменту. Стружка, що зрізається в процесі роботи круга, розташовується в порах між зернами, та розігрівається до високої температури, близької до температури плавлення оброблюваного матеріалу. Стружка забиває пори і налипає на поверхню круга, відбувається так зване «засалювання» його. При цьому ріжуча здатність шліфувального круга різко падає, погіршується чистота і якість обробленої поверхні. Для відновлення ріжучої здатності круга проводиться його правка, при якій за допомогою правильних роликів або алмазних інструментів з ріжучої частини круга віддаляється поверхневий шар з зерен, що затупились та засалились.

Робота одиничного зерна

Визначити умови роботи одиничного зерна, зокрема подачу, що доводиться на одне одиничне зерно, можна виходячи з тих же міркувань, що і при розрахунку подачі на зуб при вихровому нарізуванні різьблення. Протягом однієї хвилини з оброблюваної зрізається шар припуску завдовжки, рівній величині подовжньої подачі S_{DP} (мм/хв). Протягом цього часу абразивний круг зробить n обертів. Всі лежачі на периферійній поверхні круга абразивні зерна при цьому беруть участь в зрізанні припуску. Всі абразивні зерна, лежачі в одній загальній площині, що проходить перпендикулярно осі обертання круга, зроблять протягом однієї хвилини число зрізів N рівне кількості лежачих в цій площині зерен і числа, зроблених протягом цієї хвилини оборотів круга. Число цих оборотів відоме – воно рівне частоті обертання круга n . За умови прихильності абразивних зерен впритул один до одного, без вільних проміжків між ними, число зерен лежачих на одному колі периферійної поверхні круга (у одній площині) $Za.z.$ можна

визначити, поділивши довжину кола периферійної поверхні круга на розмір зерна. Насправді абразивний матеріал займає лише частку об'єму.

Частина об'єму, що залишилася, доводиться на пори, які заняті повітрям і зв'язку, що скріплює абразивні зерна. Отже, і на робочій, периферійній поверхні абразивні зерна займають таку ж частку площі і в тому ж співвідношенні розподіляються по колу в площині, паралельній до осі обертання круга.

Зерна послідовно один за одним зрізають припуск по одній лінії у напрямі подовжньої подачі. Кожне абразивне зерно услід за попереднім зрізає стружку, товщина якої відповідає величині подачі на зуб (на зерно) S_z .

Абразивні інструменти і їх маркірування

Всі абразивні інструменти мають своє маркірування. У маркіруванні абразивного інструменту укачується природа абразивного матеріалу, розмір його зерен (зернистість) і зерновий склад (зміст основної фракції), твердість інструменту, природа і властивості зв'язки, клас точності і клас невірноваженості круга.

Маркіруванню круга може бути: **КАЗ ПП 600×63×305 24А 16ПСМ28К8 35 А2 2007**, де **КАЗ** – Косулінський абразивний завод; **ПП** – форма круга прямого профілю; **600×60×302** – розміри круга ($D \times H \times d$); **25А** – шліфувальний матеріал - електрокорунд білий; **16** – зернистість (160...200 *мкм.*); **П** – зерновий склад (зміст основної фракції 55%); **СМ2** – твердість круга; **8** – номер структури; **К8** – зв'язка керамічна; **35** – найбільша кутова швидкість; **А** – клас точності; **2** – клас невірноваженості круга (дисбаланс); **2007** – рік випуску.

Як шліфувальні матеріали застосовуються:

- на основі кристалічного окислу алюмінію Al_2O_3 - нормальний електрокорунд (марки **13А, 14А і 15А**), електрокорунд білий (**23А, 24А, 25А**), хромистий електрокорунд (**33А і 34А**), моно корунд (**43А, 44А**);

- на основі карбиду кремнію SiC- карбід кремнію чорний (**53С, 54С, 55С**) і карбід кремнію зелений (**63С, 64С**);

- природний алмаз (**А1, А2, А3, А5, А8**);

- синтетичний алмаз (**АС2, АС4, АС6, АС15, АС20**).

Залежно від розміру зерен шліфувальні матеріали діляться на чотири групи: шліф зерно (2000...160 *мкм*), шліф порошки (125...40 *мкм*), мікро шліф порошки (63...14 *мкм*) і тонка мікро пороша (10...3 *мкм*). У номері зернистості розмір зерен основної фракції укачується в сотих долях міліметра.

Зміст основної фракції позначається буквеними індексами: **В** (високе), **П** (знижене), **Н** (низьке) і **Д** (допустиме).

Твердість абразивного інструменту залежить від міцності зв'язки і характеризує здатність зв'язки утримувати зерна шліфувального матеріалу. Встановлено сім ступенів твердості інструментів: вельми м'які (**ВМ1, ВМ2**), м'які (**М1, М2, М3**), середньо-м'які (**СМ1, СМ2**), середні (**С1, С2**), середньо-тверді (**СТ1, СТ2, СТ3**), тверді (**Т1, Т2**), вельми тверді (**ВТ**) і надзвичайно тверді (**ЧТ**).

Номер структури круга показує об'ємний зміст шліфувального матеріалу. Із збільшенням номера від 1 до 16 зміст шліфувального матеріалу зменшується, а об'єм пір збільшується.

Зв'язки абразивних інструментів можуть бути: керамічні (**К1...К10**), бакелітові (**Б, Б1...Б4**), вулканітові (**В, В1...В5**), металові (**М1, МК, МВ1**), гліфталеві (**Г**) та інші.

Шліфувальні круги виготовляються трьох класів точності (**АА, А і Б**) і чотирьох класів неврівноваженості (**1, 2, 3 і 4**).

При шліфуванні обертальний головний рух різання завжди додається ріжучому інструменту - шліфувальному кругу. Швидкість його є швидкістю різання, вимірюваною, на відміну від всіх інших видів обробки різанням, в метрах в секунду. За формою оброблюваної поверхні шліфування може бути плоским або круглим.

Види шліфування

Розрізняють декілька видів шліфування: **по точності обробки** (обдирне, попереднє, остаточне і тонке); **в залежності від траєкторій руху абразивного круга або набору сегментів** (плоске, кругле); **в залежності від обробленої поверхні** (зовнішнє, внутрішнє, різьбове, шліцьове, зубчасте, без центрове); **в залежності від ріжучої поверхні круга** (торцем або периферією круга); **від методу, який використали** (врізане, на прохід); **в залежності від кількості абразивного інструменту** (одно кругові або одно сегментні, та багато кругові або багато сегментні); **комбіновані** (сукупність окремих попередніх видів).

Обдирне шліфування призначено для обробки поверхні заготовки без попередньої лазової обробки, із швидкістю круга $V_K = 50..60$ м/с з отриманням точності обробки по 8...9 квалітету та шорсткістю обробленої поверхні $Ra = 2,5...5,0$ мкм.

Попереднє шліфування виконують після точіння до термічної обробки заготовки, при швидкості круга $V_K = 40..60$ м/с з отриманням точності обробки по 6...9 квалітету та шорсткістю обробленої поверхні $Ra = 1,2...2,5$ мкм.

Остаточне шліфування дає можливість одержати шорсткість $Ra = 1,0...0,25$ мкм обробленої поверхні заготовки з розмірами по 5...6 квалітету зі швидкістю круга $V_K = 35...40$ м/с.

Тонке шліфування дає можливість одержати шорсткість $Ra = 0,125...0,063$ мкм (5...7 квалітет). Характеризується рисою глибиною різання (до 5 мкм), повільним переміщенням деталі (до 10 м/хв) і ясным охолодженням ($V_{СОТС} = 40$ л/хв).

Розглянемо окремі види шліфування:

При **плоскому шліфуванні** (рис. 10.2, а) периферією круга, оброблюваній заготовці додаються рухи подовжньої подачі $S_{ПР}$ і поперечної подачі $S_{ПОП}$, тоді абразивному кругу - оберти інструмента навпіл осі $V_{И}$. Після проходу по всій оброблюваній поверхні шліфувальному кругу надається рух вертикальної подачі S_B , в результаті якого, він переміщається на величину глибини різання t . Глибина різання призначається в межах 0,005...0,015 мм при чистових проходах і 0,015...0,15 мм при чорнових проходах. Поперечна подача залежить від ширини круга і призначається на чистових проходах 0,2...0,3, а на чорнових 0,4...0,7 його ширина. Швидкість подовжньої подачі заготовки призначається в межах від 3 до 30 м/хв. Швидкість різання не розраховується і не регулюється.

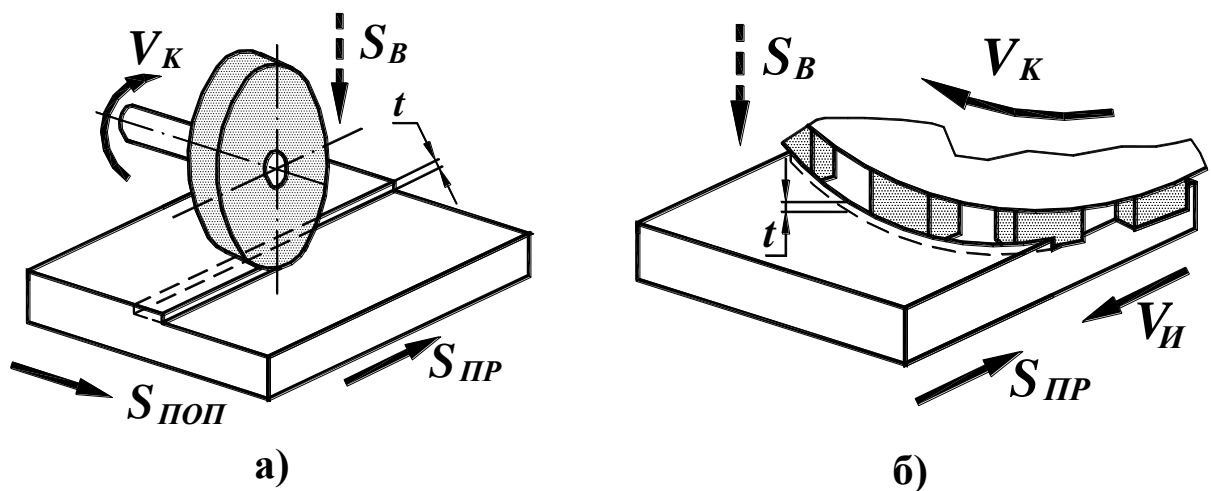


Рисунок 10.2. - Схема плоского шліфування: а) периферією круга; б) торцем сегменту (кругове плоске).

При **плоскому круговому шліфуванні** (рис. 10.2, б) периферією сегментів, оброблюваній заготовці додаються рух подовжньої подачі $S_{ПР}$, тоді як пристосуванню з сегментами надається швидкість $V_{И}$ і обертання пристосування V_K . Після проходу по всій оброблюваній поверхні

приспособлення з сегментами надається рух вертикальної подачі S_B , в результаті якого, він переміщається на величину глибини різання t .

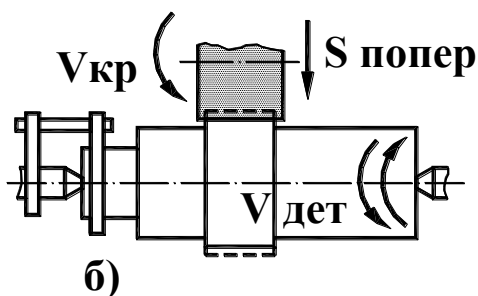
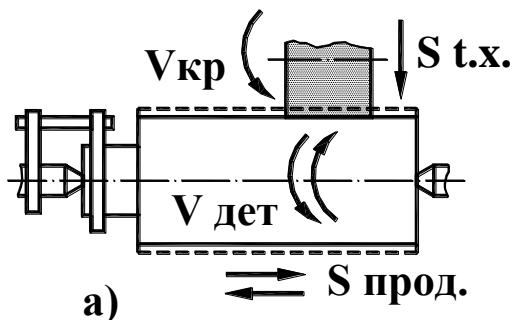
Кругле шліфування може здійснюватися методами подовжньої (повздожнє рис. 10.3, а) або поперечною подачі (на врізання рис. 10.3, б), внутрішнього (рис. 10.3, в) і без центрального шліфування (рис. 10.3, г).

Обробка на круглошліфувальних верстатах ведеться методом багато прохідного шліфування, коли за кожен оборот оброблюваної заготовки знімається певний припуск. Припуск за кожен оборот заготовки, що знімається, або глибина t шару, що зрізається, не залишаються постійними, вони змінюються впродовж всієї операції і визначають структуру робочого циклу шліфування.

Елементи режиму різання при шліфуванні (рис. 10/3) визначаються трьома параметрами: **швидкістю круга, подовжньою і поперечною подачами** (при жорсткому шліфуванні) або **нормальною силою** (при пружному шліфуванні).

Швидкість круга V_K (м/с) - окружна швидкість периферійних зерен круга:

$$V_K = (\pi \cdot D_K \cdot n) / (1000 \cdot 60) \approx 0,5 \cdot 10^{-4} D_K n,$$



де D_K - діаметр шліфувального круга, мм; n - частота обертання шліфувального круга, об/хв.

Подовжня подача $S_{ПР}$ (мм/хв) - швидкість взаємного переміщення круга і виробу в площині обробки.

Поперечна подача $S_{ПОП}$ (мм/хв або мм/дв. хід) - взаємне переміщення інструменту, круга і виробу на глибину шліфування t .

Рисунок 10.3. – Схема виконання операції круглого шліфування. а) подовжнє; б) на урізування.

При **багато прохідному шліфуванні** припуск знімається за велике число проходів глибиною шліфування (0,005...0,1 мм) і підвищеній подовжній подачі (0,5...4 м/хв для алмазних і ельборових і 3...15 м/хв для абразивних кругів).

При шліфуванні на прохід мають місце наступні рухи: а) **обертання шліфувального круга** забезпечує різання з певною швидкістю ($V_{кр}$, м/хв); б) **подовжнє зворотно-поступальне переміщення деталі** – подовжня подача (

S прод мм/дв. хід); в) **поперечне переміщення круга на заготівку** – поперечна подача ($S_{t.x.}$ мм/об); г) **обертання деталі** ($V_{ДЕТ}$, м/хв).

При шліфуванні на врізування матимемо тільки три рухи: а) обертання шліфувального круга забезпечує різання з певною швидкістю ($V_{КР}$, м/хв); б) **поперечне переміщення круга на заготівку** – поперечна подача ($S_{t.x.}$ мм/об); в) **обертання деталі** ($V_{ДЕТ}$, м/хв).

Типова схема робочого циклу шліфування складається з чотирьох етапів: врізування, чорнового знімання, чистового знімання і виводжування. Етап τ_1 врізування характеризується прискореною поперечною подачею шліфувального круга, що викликає безперервне збільшення глибини t шару, що зрізається, в результаті наростання пружного натягу в технологічній системі. Досягши заданого максимального значення t поперечну подачу круга уповільнюють. Глибина шару, що зрізається, стабілізується, і починається етап τ_2 чорнового знімання, під час якого віддаляється до 60...70% загального припуску. Перед початком третього етапу τ_3 поперечна подача круга знову знижується, і чистове знімання металу протікає при глибині t , сприяючою підвищенню точності шліфованої поверхні, що безперервно зменшується. На етапі τ_4 виводжування поперечна подача круга припиняється, глибина t швидко зменшується, досягаючи мінімального значення. На цьому етапі остаточно формується якість шліфованої поверхні. Таким чином, змінюючи глибину t шару, що зрізається, вдається за одну операцію зняти необмежений припуск, усунути погрішності попередньої обробки і забезпечити задані вимоги точності і параметр шорсткості поверхні.

У тих випадках, коли деталі поступають на шліфування з великим коливанням припуску, доцільно в робочий цикл вводити примусове припинення поперечної подачі круга після закінчення етапу чорнового знімання. Цим досягається зменшення пружних вижимань в технологічній системі перед початком чистового знімання, завдяки чому стабілізуються умови етапу обробки, що завершає, підвищується якість шліфованих деталей у потоковому виробництві. Цій же меті служить введення в механізм подачі верстата адаптивної системи управління врізуванням і чорною подачею круга по заданій потужності різання.

При круглому шліфуванні шатунних шийок колінчастого валу за одну операцію знімають припуск до 1,0...1,5 мм на діаметр; при цьому відхилення форми зменшується з 0,3...0,5 мм до 10 мкм, знижується параметр шорсткості поверхні з $Ra = 10...20$ до $Ra = 0,63...1,25$ мкм, підвищується точність з 0,2...0,3 мм до 25 мкм.

Для розширення технологічних можливостей шліфування в деяких випадках доцільно формувати робочий цикл не тільки шляхом розподілу припуску і поперечних подач, але також і варіюванням частоти обертання шліфувального круга і оброблюваної на етапах чорного і чистового знімання. Прикладом ефективності подібного циклу може служити шліфування кулачків розподільного валу. При профільному шліфуванні кулачків максимальну частоту обертання деталі обмежують 45 об/хв, щоб уникнути спотворення профілю кулачка. У свою чергу, сповільнене обертання деталі вимушує обмежувати швидкість круга 35 м/с і зменшувати поперечну подачу, щоб не викликати шліфувальних прижогів і зниження твердості кулачків. У нових верстатах частота обертання деталі і швидкість круга на етапі чорного знімання збільшена в 2 рази ($V_K = 60$ м/с; $n_{изд} = 90$ об/хв), завдяки чому значно зросла поперечна подача і скоротився час зняття основного припуску. На етапах чистового знімання і виводжування, коли остаточно формується профіль і якість робочої поверхні кулачка, частота обертання деталі і швидкість круга зменшуються в 2 рази.

10.2. Порядок виконання роботи

10.2.1 Умови для виконання завдання:

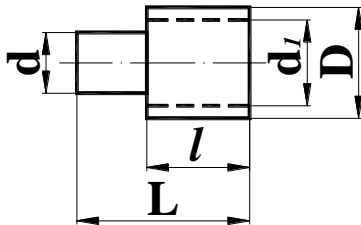


Рисунок 10.4. – Ескіз деталі.

Заготовка – вал (рис. 4 та табл. 1):

- відливка (для сірого чавуна, бронзи) в кокіль, без корки;

- прокат (для сталі та латуні);

Схема базування – заготовка встановлюється в центрах;

Розміри заготовки вказано в таблиці 10.1

Таблиця 10.1.

Варіанти завдання до практичного заняття № 10

№ з/п	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм					Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Твердість заготовки
		D	d_1	d	L	l		
1.	Сталь 40ХН	80	75	60	700	600	Ra 1,25	$\sigma_B=700$ МПа
2.	Сталь Ст3	85	80	60	720	620	Ra 0,63	$\sigma_B=600$ МПа
3.	Сталь 40Х	90	85	60	740	640	Rz 40	$\sigma_B=750$ МПа
4.	Сталь Ст5	95	90	60	760	660	Rz 20	$\sigma_B=600$ МПа
5.	Сірий чавун СЧ20	100	95	60	780	680	Rz 10	НВ 180
6.	Сірий чавун СЧ20	105	100	80	500	380	Ra 2,5	НВ 200
7.	Сталь 20Х	110	105	80	520	400	Ra 1,25	$\sigma_B=580$ МПа

№	Матеріал заготовки	Розміри заготовки, мм					Шорсткість	Твердість
		115	110	80	540	420		
8.	Сталь 50	115	110	80	540	420	Ra 0,63	$\sigma_B=750$ МПа
9.	Бронза Бр АЖН 10-4	120	115	80	560	440	Rz 40	HB170
10.	Латунь ЛМЦЖ 52-4-1	125	120	80	580	460	Rz 20	HB100
11.	Сірий чавун СЧ30	80	75	60	600	500	Rz 10	HB 220
12.	Сірий чавун СЧ20	85	80	60	620	520	Ra 2,5	HB 200
13.	Сталь 30ХН3А	90	85	60	640	540	Ra 1,25	$\sigma_B=800$ МПа
14.	Сталь 30ХМ	95	90	60	660	560	Ra 0,63	$\sigma_B=780$ МПа
15.	Сталь 45	100	95	60	680	580	Rz 40	$\sigma_B=650$ МПа
16.	Сталь 15Х	105	100	80	700	600	Rz 20	$\sigma_B=687$ МПа
17.	Ковкий чавун КЧ30	110	105	80	720	620	Rz 10	HB 163
18.	Сталь 20ХНР	115	110	80	740	640	Ra 2,5	$\sigma_B=700$ МПа
19.	Сталь 30Г	120	115	80	760	660	Ra 1,25	$\sigma_B=550$ МПа
20.	Сталь 35ХГСА	125	120	80	780	680	Ra 0,63	$\sigma_B=700$ МПа
21.	Сталь 20	80	75	60	500	380	Rz 40	$\sigma_B=550$ МПа
22.	Сірий чавун СЧ10	85	80	60	520	400	Rz 20	HB 160
23.	Сталь 12Х18Н9Т	90	85	60	540	420	Rz 10	HB 180
24.	Сталь 14Х17Н2	95	90	60	560	440	Ra 2,5	HB200
25.	Сірий чавун СЧ30	100	95	60	580	460	Ra 1,25	HB 220
26.	Сірий чавун СЧ20	105	100	80	600	500	Ra 0,63	HB 210
27.	Сталь 38ХА	110	105	80	620	520	Rz 40	$\sigma_B=680$ МПа
28.	Сталь 35	115	110	80	640	540	Rz 20	$\sigma_B=560$ МПа
29.	Сірий чавун СЧ15	120	115	80	660	560	Rz 10	HB 170
30.	Сірий чавун СЧ10	125	120	80	680	580	Ra 2,5	HB 160

10.2.2 Зразок виконання практичної роботи № 10

Розрахунок режимів різання при шліфуванні

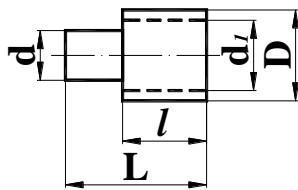


Рис. 5. – Ескіз деталі .

Заготовка – вал (рис. 5);

Твердість – HRC = 45 (загартована);

Матеріал – сталь Ст5;

Схема базування – заготовка встановлюється в центрах;

Розміри – $D = 45,2$ мм, $d_1 = 45-0,017$ мм, $d = 30$ мм;

$L = 420$ мм; $l = 280$ мм;

Шорсткість обробленої поверхні деталі – $Ra = 0,25$ мкм.

Вибір моделі шліфувального верстата. З існуючого модельного ряду шліфувальних верстатів вибираємо верстат мод. ЗС132В (Додаток А, табл. А.4) підвищеної точності, який призначений для роботи в умовах дрібно серійного і серійного виробництва. Конструкція вибраного устаткування

дозволяє, встановить заготовку з вказаними габаритами в центрах з приводом через повідець.

Основні технічні характеристики верстата:

- найбільший діаметр обробки – **180 мм**;
- найбільша довжина заготовки – **630 мм**;
- зовнішній діаметр шліфувального круга – **450...630 мм**;
- внутрішній діаметр шліфувального круга – **305 мм**;
- частота обертання круга – **1100...1500 об/хв**;
- висота круга – **63 мм**;
- швидкість переміщення столу – **0,1...60 м/хв**;
- частота обертання деталі – **63...400 об/хв**;
- потужність електродвигуна в приводі головного руху – $N_{ДВ} = 75 \text{ кВт}$.

Вибір шліфувального круга. У завдання вибору шліфувального круга входить визначення форми круга, розмірів, технічних характеристик, марки абразиву, зернистості (розмір абразивного зерна), твердість структура, вид зв'язки і клас точності розмірів круга.

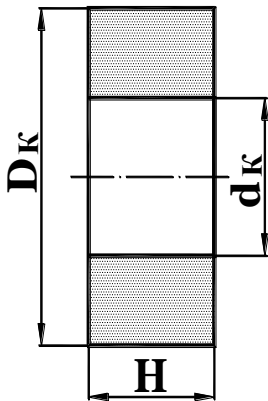


Рисунок 10.3 – Форма шліфувального круга.

Вибір форми круга. По ДСТУ 2424-75 розрізняють 19 видів абразивних кругів (Додаток Б. табл. Б.9): диски, плоскі (з виточками під притискні шайби або без них), чашкові напологливі, конічні, тарілчасті і т.п. Форма визначається назвою круга.

Згідно табл. 1 для круглого зовнішнього шліфування приймаємо форму круга ПП – плоский прямого профілю. Зовнішнім діаметром $D_k = 600 \text{ мм}$; внутрішнім діаметром $d_k = 305 \text{ мм}$; висотою $H = 63 \text{ мм}$.

Технічні характеристики круга.

Приймаємо згідно рекомендацій приведених (Додаток Б. табл. Б.4...Б.6). Вони залежать від виду шліфування, шорсткості поверхні і твердості заготовки. У нашому випадку слід застосувати електрокорунд білий $ЭБ16-35С2К$. Позначення круга: $ПП600x305x63ЭБ25АС2К615А$. З урахуванням рекомендацій нового ДСТУ 2424-75 маємо: $ПП600x305x6324А25НС26К1А$, зерно 80, 63, 50, 40, 32, 15).

Призначення режимів шліфування. Глибина шліфування t в мм – шар металу, що знімається периферією круга за один прохід. Значення t , що представляються, залежать від виду матеріалу заготовки, виду шліфування і

рекомендується в межах $t = 0,005...0,015$ мм. При рисих значеннях подачі з одного боку.

Враховуючи, що у нас потрібна шорсткість $Ra = 0,25$ мкм, приймаємо $t = 0,005$ мм. Прийняте значення коректуємо по паспорту вибраного верстата мод. 3Б151П. Остаточно приймаємо $t = 0,005$ мм.

Визначення подовжньої подачі $S_{\text{прод}}$. Подовжня подача береться в долях від ширини шліфувального круга (Додаток Г, табл. Г.6): $S_{\text{прод}} = (0,2...0,4)V$ мм/дв. хід. Значення коефіцієнта при « V » приймається менше, оскільки одержуємо підвищену шорсткість поверхні: $S_{\text{прод}} = 0,2 \cdot 63 = 12,6$ мм/дв. хід.

Визначення швидкості різання. При звичайному шліфуванні швидкість різання приймається рівною **30...35** м/сек (постійною, не як при точінні або фрезеруванні). Вона обмежується міцністю шліфувального круга. При цьому окружна швидкість складе **40...80** м/сек. Приймаємо $V_{\text{кр}} = 35$ м/сек.

$$\text{Частота обертання круга рівна: } n_{\text{к}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{кр}}}{\pi \cdot D_{\text{к}}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1100 \text{ об/хв.}$$

Визначення швидкості обертання деталі. По таблиці (Додаток Г, табл. Г.6) приймаємо залежно від матеріалу заготовки, виду шліфування в нашому випадку: $V_{\text{дет}} = 15...55$ м/хв. Приймаємо $V_{\text{дет}} = 35$ м/хв.

Така швидкість обертання деталі буде забезпечена при частоті обертання:

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{дет}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 45,2} = 245 \text{ об/хв.}$$

Оскільки на верстаті забезпечується безступінчате регулювання частоти обертання деталі, то ця частота буде прийнята за основну, отже, дійсна швидкість обертання деталі рівна: $V_{\text{дет}} = 35$ м/хв.

Щоб реалізувати прийняту подовжню подачу 12,6 мм/дв. хід, слід виразити її м/хв руху столу. Скористаємося формулою:

$$V_{\text{пер стол}} = \frac{n_{\text{дет}} \cdot S_{\text{прод}}}{1000} = \frac{245 \cdot 12,6}{1000} = 3,1 \text{ м/хв.}$$

Дану швидкість столу можна реалізувати, так як вона змінюється безступінчате в межах 0,1...60 м/хв.

Перевірка обраного режиму різання

По потужності головного приводу. Потужність, що витрачається на різання, при шліфуванні периферією круга з подовжньою подачею

визначається по емпіричній формулі: $N = C_N V_{dem}^r t^x S_y^y d^g$ кВт, де, r , x , y , g – значення коефіцієнтів по даним (Додаток Ж, табл. Ж.2); d – діаметр шпинделя, в мм.

Залежить від виду шліфування, матеріалу заготовки, зернистості круга, твердості і т.п., отже, матимемо: $C_N = 2,65$; $r = 0,5$; $x = 0,5$; $y = 0,55$; $g = 0$. У результаті: $N = 2,65 \cdot 35^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 12,6^{0,55} \cdot 45^0 = 4,4$ кВт

Необхідна потужність приводу складе: $N_{кр} = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{4,4}{0,8} = 5,2 < N_{дв} = 7,5$ кВт.

де, η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,8$. Приймаємо, оскільки це значення менше потужності двигуна.

Перевірка виконання умови безперервності шліфування. Суть перевірки – визначення потужності на одиницю ширини круга, яка не повинна перевищувати допустиму: $[N_{y\partial}] = 0,037 \cdot V_{dem}^{0,4} = 0,037 \cdot 35^{0,4} = 0,153$, кВт. При ухваленні рішення для нашого конкретного випадку:

$$N_{y\partial} = \frac{N_{рез}}{B} = \frac{5,2}{63} = 0,082 < [N_{y\partial}] = 0,153, \text{ кВт.}$$

Коректування проводити не слід.

Перевірка режиму по частоті обертання оброблюваної заготовки. При перевірці повинна виконуватися умова: $[f] \leq 0,25\Delta$, де, f – прогин під дією радіальної сили P_y ; Δ - допуск на розмір деталі. По відомій з нагоди точіння формулі визначаємо: $[P_y] = \frac{f \cdot 70 \cdot E \cdot J}{\ell^3}$, $f = \frac{P_y \cdot \ell^3}{70 \cdot E \cdot J}$:

$$P_y = 3P_z = \frac{3 \cdot 102 \cdot N_{дв}}{V_{кр}} = \frac{3 \cdot 102 \cdot 5,2}{35} = 43,8 \text{ кГ} = 438 \text{ Н,}$$

де E – модуль пружності матеріалу заготовки, (для сталей $E = 20000$ кгс/мм²; для чавунів $E = 18000$ кгс/мм²; для кольорових сплавів $E = 15000$ кгс/мм²); J – момент інерції заготовки: $J = 0,05 \cdot D_o^4 = 0,05 \cdot 45^4$ мм.

Підставляємо значення і одержимо: $f = \frac{43,8 \cdot 420^3}{70 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 0,05 \cdot 45^4} = 0,001$ мм.

$$[f] = 0,25\Delta = 0,25 \cdot 0,017 = 0,004 \text{ мм.}$$

Визначення основного технологічного часу. Для круглого шліфування з подовжньою подачею підходить формула: $T_o = \frac{L \cdot h}{n_{dem} \cdot S_{прод} \cdot t}$ К, де,

L – довжина робочого ходу у напрямі подовжньої подачі, мм; h – припуск на сторону, мм; K – коефіцієнт точності, що враховує час виводжування, що витрачається, $K = 1,2...1,4$, приймаємо для чистового шліфування $K = 1,4$.

Довжину робочого ходу визначаємо з урахуванням виходу круга:

$$L = 280 + B_{кр} + 5 \text{ мм} = 280 + 63 + 5 = 348 \text{ мм.}$$

У результаті: $T_o = \frac{348 \cdot 0,1 \cdot 1,4}{845 \cdot 12,6 \cdot 0,005} = 3,16 \text{ хв.}$

10.3 Контрольні запитання

1. При яких технічних умовах до обробленої поверхні застосовують шліфування?
2. Призначення процесу різання при шліфуванні?
3. Які існують види механічної обробки при шліфуванні?
4. Скільки існує кінематичних схем різання при шліфуванні?
5. Які існують види абразивних матеріалів?
6. Для чого існує ЗОТС?
7. Від яких факторів залежить дія ЗОТС?
8. Які існують способи транспортування ЗОТС в зону різання та зону обробки?
9. В чому полягає вплив ЗОТС при обробці матеріалів?
10. Які існують нетрадиційні способи подачі ЗОТС в зону різання?
11. Наведіть визначення, що розуміють під стійкістю різального інструменту?
12. Наведіть визначення, що називають економічним періодом стійкості?
13. Наведіть визначення, що називають критерієм оптимальності?
14. Наведіть визначення, що називають періодом стійкості інструменту?
15. Які існують методи вимірювання температури при різанні?
16. Суть колориметричного методу вимірювання температури при різанні полягає?
17. Наведіть, що мають на увазі під терміном «потужність різання»?
18. Від чого залежить дія сили різання?
19. Наведіть визначення, що називають усадкою стружки?
20. Основними чинниками, що впливають на усадку стружки, є?
21. Наведіть визначення, що називається економічною стійкістю?
22. Наведіть визначення, що називають вторинним пере розподілом теплоти?
23. Наведіть визначення, що розуміють під шорсткістю поверхні?
24. Як впливає навколишнє середовище на кількість теплоти в зоні різання та зоні обробки?
25. Наведіть визначення, що називають наростом?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

11. НАРІЗАННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ТА ВНУТРІШНЬОЇ РІЗЬБИ

Мета роботи: Навчитись нарізати різьби зовнішні та внутрішні за допомогою мітчиків та плашок.

Знати: Способи виготовлення різьб, будову інструмента для нарізання різьб, пристосувань. Загальні поняття, елементи різьби, ділення різьб по конструктивним та технологічним ознакам.

Вміти: Підготувати заготовку під нарізання різьби, вибрати режими різання, нарізати зовнішню та внутрішню різьбу плашками мітчиками та різцями.

Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат та пристосування до нього, різьбонарізний та контрольно-вимірвальний інструмент.

11.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Різьба – один чи декілька рівномірно розташованих виступів постійного перерізу, утворених на боковій поверхні прямого кругового циліндра чи прямого кругового конуса.

Гвинтова лінія різьби це лінія, утворена на боковій поверхні реального чи уявного прямого кругового циліндра чи прямого кругового конуса точкою яка переміщується таким чином, що відношення між її осевим переміщенням (a) і відповідним кутовим переміщенням (ε) постійне, але не однакову нулю чи нескінченності (див. рис. 11.1).

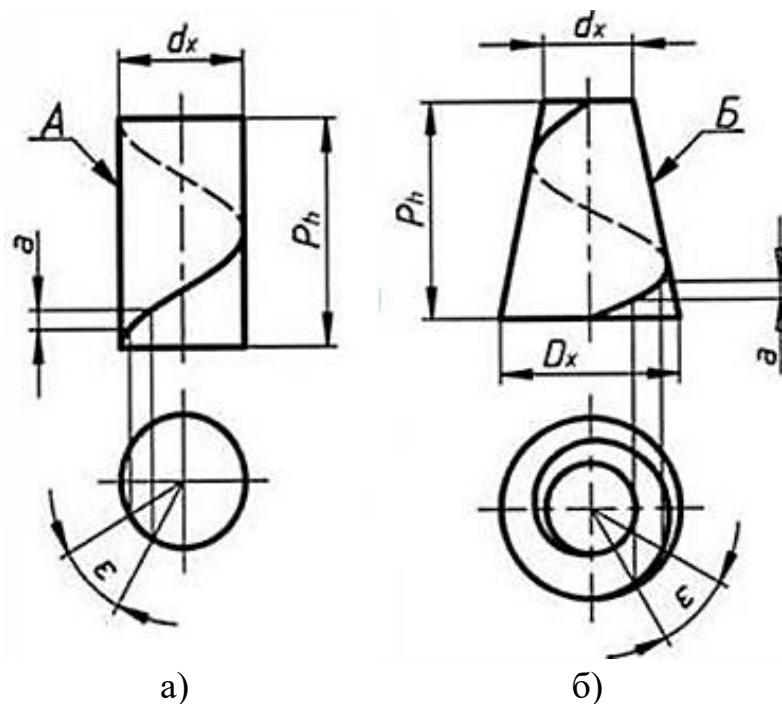


Рисунок 11.1 - Гвинтова лінія різьби на поверхні:
а) циліндричній, б) конічній

Класифікація різьб

Різьби які використовують у машинобудуванні, класифікують по конструктивним та експлуатаційним ознакам.

По конструктивним ознакам різьби класифікують таким чином:

- по формі поверхні –циліндрична та конічна;
- по розташуванню на деталі – зовнішня та внутрішня;
- по направленню – праві та ліві;
- по числу заходів – з одним заходом та багатозахідні;
- по формі профілю – трикутні, трапецеїдальні, прямокутні, упорні, круглі, стрічкова.

Експлуатаційні ознаки: кріпильні та ходові.

Основні елементи та параметри різьби

Вісь різьби – вісь відносно якої утворена гвинтова поверхня різьби.

Профіль різьби – профіль виступу та канавки різьби у площині осьового перерізу різьби.

Бокова сторона різьби – частина гвинтової поверхні різьби, розташована між вершиною та впадиною різьби, яка має у площині осьового перерізу прямолінійний профіль.

Вершина різьби – частина гвинтової поверхні різьби, яка з'єднує між собою суміжні бокові сторони різьби по верху її виступу.

Впадина різьби – частина гвинтової поверхні різьби, яка з'єднує суміжні бокові сторони різьби по дну її канавки.

Кут профілю α – кут між суміжними боковими сторонами різьби, у площині осьового перерізу.

Зовнішній діаметр циліндричної різьби ($d; D$) – діаметр уявного прямого кругового циліндра, описаного навкруги вершин зовнішньої чи впадин внутрішньої циліндричної різьби.

Внутрішній діаметр циліндричної різьби ($D1; d1$) – діаметр уявного прямого кругового циліндра, вписаного у впадини зовнішньої чи вершини внутрішньої циліндричної різьби.

Середній діаметр циліндричної різьби ($d2; D2$) – діаметр уявного, совісного з різьбою прямого кругового циліндра, кожна твірна якого пересікає профіль різьби таким чином, що її відрізки, утворені при перетині з канавкою, дорівнюють половині номінального кроку різьби.

Крок різьби P – відстань по лінії, паралельній вісі різьби, між середніми точками найближчих однойменних бокових сторін профілю різьби, які лежать в одній осьовій площині по одну сторону від вісі різьби.

Хід різьби Ph – відстань по лінії, паралельній вісі різьби, між будь-якою початковою середньою точкою на боковій поверхні різьби і середньою

точкою, отриманою при переміщенні початкової середньої точки по гвинтовій лінії на кут 360° . У однозаходній різьбі хід дорівнює кроку, а у багатозаходній – множинику на число заходів n : $Ph=Pn$.

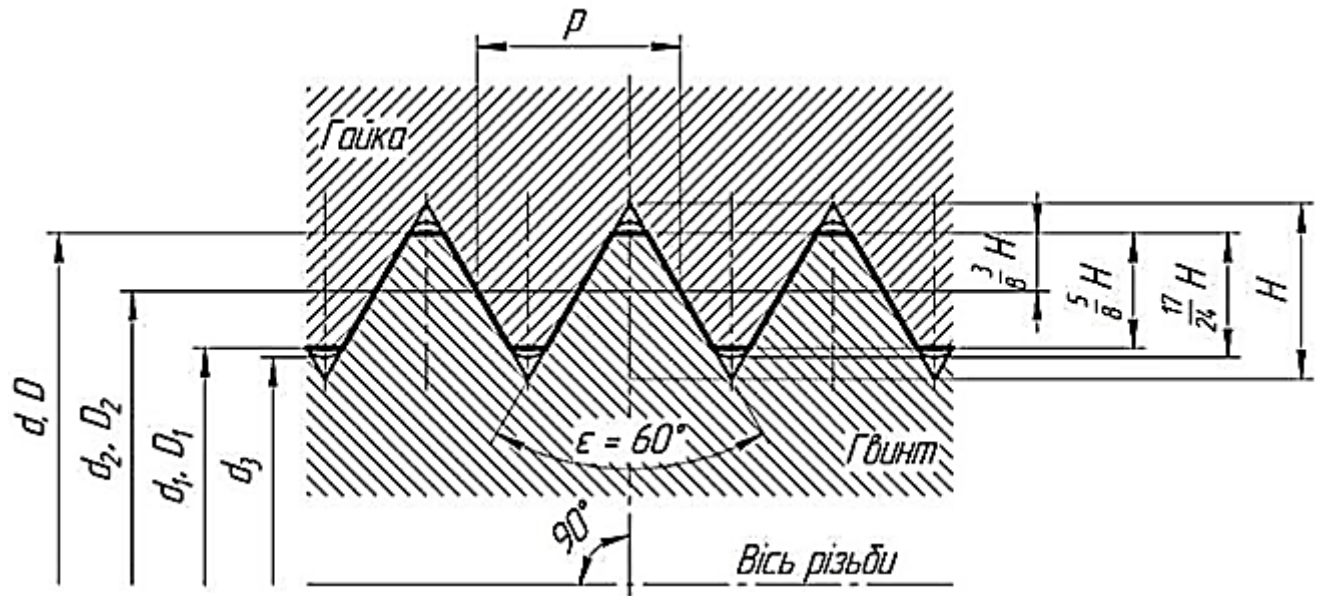


Рисунок 11.2 - Основні елементи та параметри метричної різьби загального призначення

Способи виготовлення різьби

Різьбу як правило, виготовляють нарізанням чи накатуванням і в рідких випадках – електрохімічною чи електрофізичною обробкою, литтям та пресуванням. Нарізання та накатування різьби здійснюється різними способами, кожен з яких має декілька різновидів, чи схем обробки. Більшість з цих способів являються універсальними, вони можуть використовуватись як для виготовлення зовнішньої різьби так і для внутрішньої, але є такі способи які використовуються для обробки поверхні одного виду.

1. Нарізання різьби мітчиками

Нарізання різьби мітчиками є самим розповсюдженим способом виготовлення внутрішньої різьби. Для виготовлення різьби необхідно придати мітчику два рухи: головний – обертовий та допоміжний – поступовий з подачею рівною кроку нарізаємої різьби на кожний оберт мітчика чи близький до нього. Нарізають різьбу трьома способами: на прохід гаєчними мітчиками; за один робочий хід мітчиками з реверсуванням та комплектом мітчиків за декілька робочих ходів. При цьому мітчики закріплюють у спеціальні мітчикотримачі, чи патрони.

По формі мітчики поділяються на циліндричні та конічні, по числу інструментів на – одинарні (машинні) та комплектні (2-3 шт.). Комплектні мітчики використовуються для послідовного нарізання всіх різьб ручним

способом, а також машинним – різьб з крупним кроком (вище 3 мм), та у важкооброблюємих матеріалах.

Елементи мітчика показані на рис. 11.3. На робочій частині мітчика нарізана різьба та про фрезеровані канавки які утворюють зубці з ріжучими кромками. У канавках розміщується стружка яка знімається мітчиком.

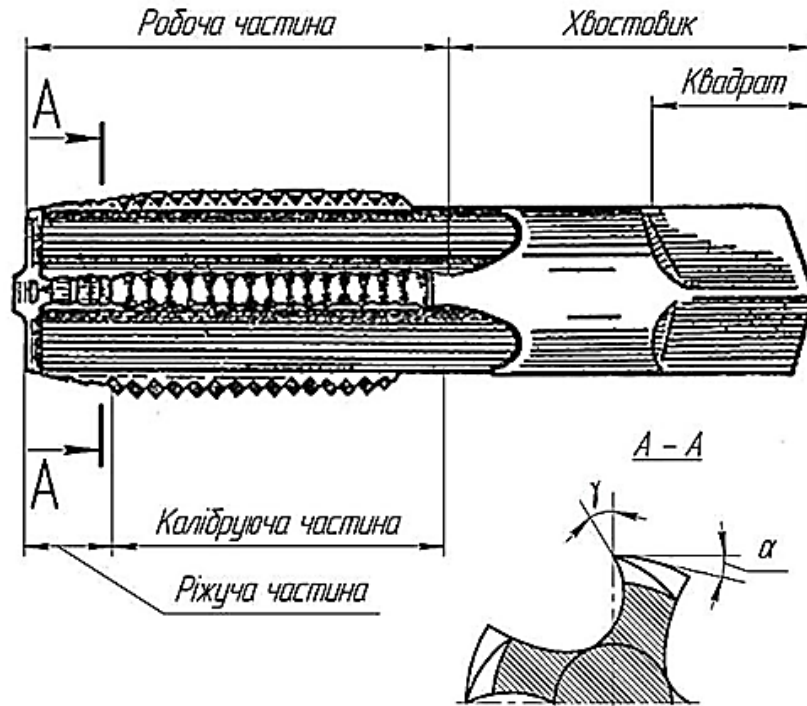


Рисунок 11.3 - Елементи та геометрія мітчика

2. Нарізання різьби плашками

Круглі плашки це мірний багатозубий інструмент який використовується для виготовлення зовнішньої різьби одного типорозміру. Плашки бувають для нарізання циліндричної та конічної різьби. Інструмент може бути жорстким чи регульованим по діаметру у дуже невеликому діапазоні, який не перевищує поле допуску різьби деталі. Це самий простий та доступний спосіб виготовлення зовнішньої різьби, так як він дозволяє виготовляти різьбу не тільки на верстатах за допомогою плашкотримача, але й вручну – за допомогою воротка (див. рис. 11.4).

Утворення різьби може здійснюватися різанням та накатуванням. Різання отримало більш широке впровадження у промисловості як для формування, так і для калібрування різьб. Для накатування використовують круглі безстружечні плашки з від'ємним переднім кутом (приблизно 15°) чи плашки з жорстко закріпленими роликami які не обертаються.

Для різання різьб використовують звичайні круглі плашки. Промисловість випускає для нарізання циліндричних різьб плашки розмірами від $M1 \times 0,2$ до $M52 \times 5$, для нарізання конічних різьб – від $1/16''$ до $2''$.

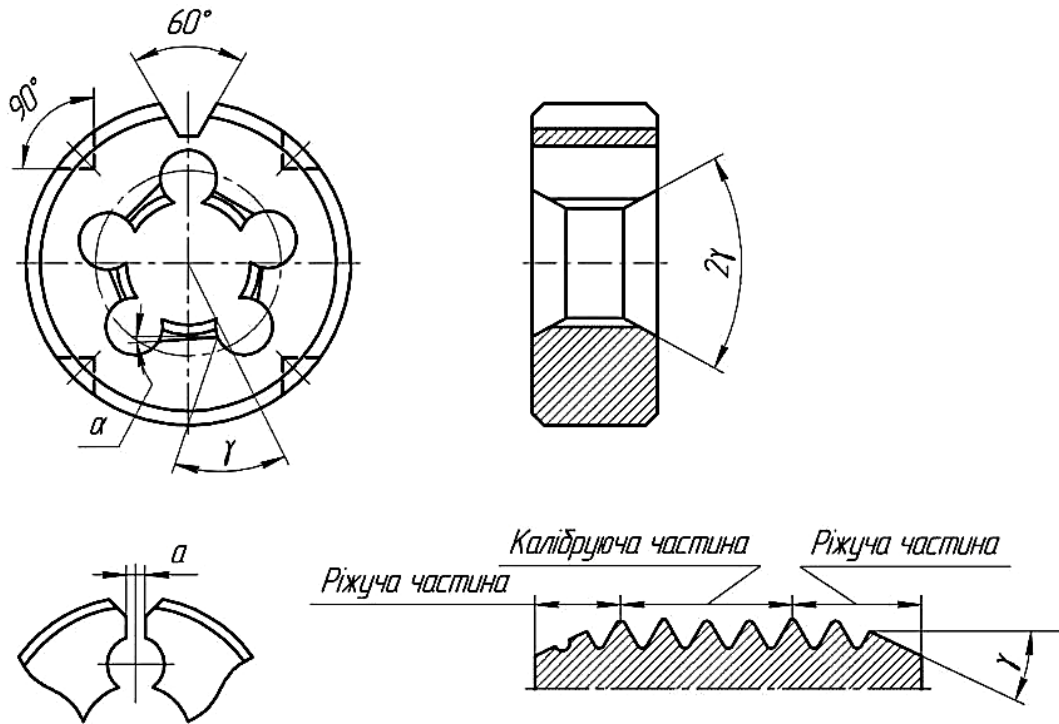


Рисунок 11.4 - Елементи круглої плашки

Всі вказані плашки працюють з тертям ковзання, тому ефективне поле застосування обмежено малими діаметрами різьб та мілкими кроками.

Плашки виготовляють в основному з легованих сталей 9ХС, на ній вказують поле допуску чи клас точності, марка сталі (крім 9ХС), та літера Л для лівих різьб, наприклад: Л. М16 6g Р6АМ5; Л.М20Х1,5 6g Р6М5 - позначення лівих різьб.

Перед нарізанням різьби кінець стержня на всю довжину нарізання обточують до потрібного діаметра, а на самому кінці знімають фаску. Стержень під різьбу повинен мати чисту поверхню. Не можна нарізати різьбу на стержнях, покритих окалиною чи іржею, бо в цьому випадку дуже спрацьовуються плашки та погіршується якість різьби.

Під час нарізання різьби плашками, як і під час нарізання мітчиками, у результаті деформації під дією сили різання діаметр заготовки збільшується. При цьому збільшується тиск на калібрувальну частину, що може призвести до зриву різьби або поломки плашки.

Щоб запобігти цим явищам і отримати доброякісну різьбу при виготовленні стержня, його діаметр роблять на 0,2...0,4 мм меншим від зовнішнього діаметра різьби. Якщо ж діаметр стержня буде значно меншим від діаметра зовнішньої різьби, то різьба буде неповною. Значення рекомендованих діаметрів отворів і стержнів під час нарізання внутрішньої та зовнішньої різьби подано в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1

Діаметри отворів і стержнів для нарізання метричної різьби (мм)

№ пор.	Позначення різьби	Крок різьби	Діаметр отвору		Діаметр стержня	
			сталь, латунь, алюміній	бронза, чавун	найменший	найбільший
1	M3	0,50	2,5	2,5	2,95	2,98
2	M4	0,70	3,3	3,2	3,90	3,95
3	M5	0,80	4,2	4,1	4,85	4,95
4	M6	1,00	5,0	4,9	5,80	5,90
5	M8	1,25	6,7	6,6	7,80	7,90
6	M10	1,50	8,4	8,3	9,75	9,85
7	M12	1,75	10,1	10,0	11,76	11,88
8	M14	2,00	11,8	11,7	13,70	13,82
9	M16	2,00	13,8	13,7	15,70	15,82
10	M18	2,50	15,3	15,1	17,70	17,82
11	M20	2,50	17,3	17,1	19,72	19,86

3. Нарізування різьби за допомогою токарного верстата

Для нарізування різьби за допомогою токарного верстата необхідні різьбонарізні різці. Виготовляються вони зі швидкорізальної сталі, а вимоги до їх характеристик обумовлюються відповідним стандартом (18876-73). По конструкції такі різці підрозділяються на наступні типи (див. рисунок 11.5):

- призматичні;
- стрижневі;
- круглі (дискові).

Гвинтова різьбовая канавка на поверхні заготовки нарізається різцем відігнутої або прямої форми, а для формування різьби внутрішнього типу потрібні прямі і вигнуті інструменти, які фіксують у спеціальній оправці. Вершина токарного різця, якій і виконується для нарізування витків, повинна мати конфігурацію, яка повністю відповідає профілю формованої різьби.

При формуванні різьби різцем слід враховувати ряд особливостей такої технології.

Передній кут токарного інструменту для нарізання різьби залежить від характеристики матеріалу, що піддається обробці. Вибирати такий кут можна в досить широких межах: 0...250. Так, якщо різьби за допомогою верстата нарізається на заготовках із звичайних сталей, передній кут повинен

становити 0 градусів, для високолегованих сталей, які добре протистоять температурних навантажень, передній кут може становити 5...100. Він може бути тим більше, чим вище в'язкість матеріалу, і тим менше, чим вище твердість і крихкість металу, з якого виконана обробляється на верстаті заготовка.

Вершина токарного різця, яка формує кручені лінію на заготівлі, повинна мати форму, ідентичну профілю різьби.

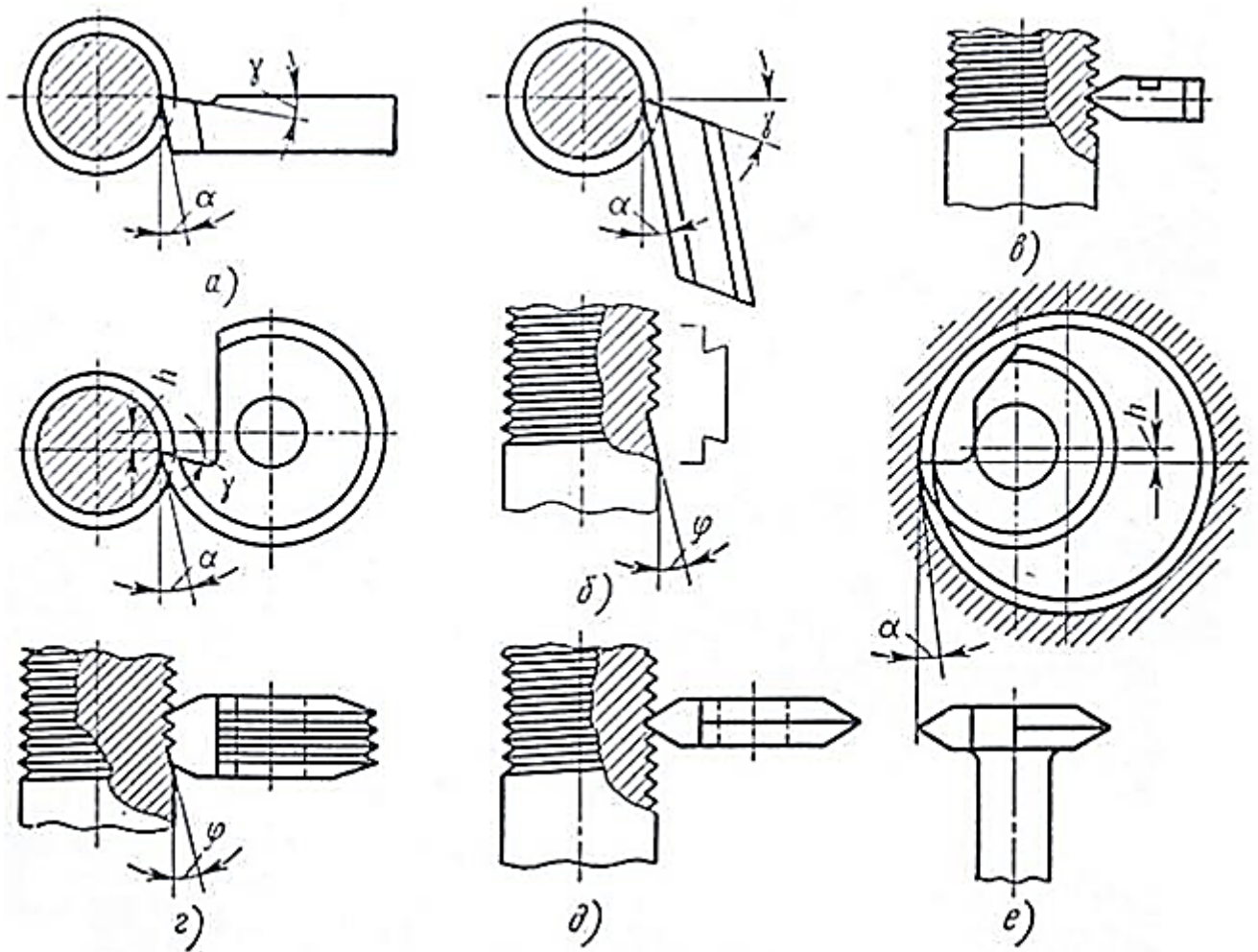


Рисунок 11.5 - Різці для нарізування різьби: а — стрижневий; б — призматичний багатпрофільний; в — призматичний однопрофільних; г — дисковий багатпрофільний; д — дисковий однопрофільних; е — дисковий для внутрішньої різьби; α — задній кут; φ — передній кут; γ — кут забірнього конуса; h — висота установки осі різця

Задні бічні кути інструменту вибираються такими, щоб поверхні різця, якими вони сформовані, чи не терлися об шойно сформовану кручені канавку. Зазвичай ці кути по обидва боки токарного різця роблять однаковими. Якщо кут підйому, яким характеризується різьби, становить менше 4 градусів, то такі кути вибирають в межах 3-50, якщо більше 40, то 6-8 градусів.

Різьби внутрішнього типу нарізають в уже підготовлених отворах, які отримані расточкой або свердлінням.

Заготовки, які зроблені зі сталі, обробляють на токарному верстаті за допомогою інструментів з пластинами, виконаними з твердих сплавів Т15К6, Т14К8, Т15К6, Т30К4. Якщо деталь виготовлена з чавуну, то для нарізування різьби на ній використовують інструмент з пластинами з наступних марок твердих сплавів: ВК4, В2К, ВК6М, ВК3М.

4. Застосування різьбонарізних головок

При нарізуванні різьби із застосуванням токарних верстатів до спеціальних голівок звертаються значно рідше, ніж до вищеописаних інструментів. Використовуватися такі головки можуть для нарізування різьби будь-якого типу. Їх робочими елементами є гребінки: призматичні застосовуються, коли потрібно нарізати внутрішню різьбу, для нарізування зовнішньої необхідні радіальні, круглі і тангенціальні. Особливість таких головок полягає в тому, що їх робочі органи автоматично розходяться при здійсненні зворотного ходу, таким чином, вони не контактують з тільки що нарізаною різьбою (див. рисунок 11.6).

5. Застосування різьбонарізних гребінок

Гребінки для нарізування внутрішньої різьби (їх кількість в комплекті може бути різним) виконуються з заходним конусом (див. рисунок 11.7).



*Рисунок 11.6 - Різьбонарізні головки**Рисунок 11.7 - Гребінки для нарізування різьби*

При нарізуванні зовнішньої різьби переважно використовуються гребінки круглого типу, які відрізняються простотою своєї конструкції. Крім того, гребінка такого типу властива висока стійкість, їх можна неодноразово переточувати, приводячи їх геометричні параметри до первинних значень.

У тому випадку, якщо на токарному верстаті необхідно нарізати кручену поверхню на черв'яках або гвинтах, що відрізняються великою довжиною, то різьбонарізні головки фіксують на супорті верстата, що сприяє підвищенню продуктивності технологічного процесу. Оснащуватися такі головки можуть як звичайними різцями, так і інструментом чашкового типу.

11.2 Порядок виконання роботи

1. Вибрати зразок виробу для складання технологічного процесу;
2. Ознайомитися з призначенням деталі;
3. Вибирати вид заготовки,
4. Згрупувати переходи в операції та намітити послідовність операцій та переходів;
5. Вибирати тип верстата, а також пристосування, ріжучі та вимірювальні інструменти;
6. Вибирати режими роботи, скласти розрахунки основного (технологічного) часу, та норм на виконання роботи в цілому.
7. Накреслити технологічну карту виготовлення деталі

11.3 Контрольні запитання

1. Назвати способи нарізання різьби на токарно-гвинторізних верстатах.
2. Назвати прийоми та послідовність нарізання різьби плашками.
3. Назвати прийоми та послідовність нарізання різьби мітчиками.
4. Назвати прийоми та послідовність нарізання різьби різцями.
5. За допомогою яких інструментів перевіряють точність нарізання різьби.
6. Назвати види браку при нарізанні зовнішньої та внутрішньої різьби та причини його виникнення.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

12. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГУ ДЛЯ РІЗНИХ УМОВ ШЛІФУВАННЯ

Мета роботи: ознайомитися з різними видами шліфувальних кругів з електрокорунду й карборунду та їхнім маркуванням, з основними видами шліфування; навчитися, підбирати потрібний шліфувальний круг залежно від умов шліфування, проаналізувати вплив абразивного інструменту та режиму різання на шорсткість оброблюваної поверхні.

12.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Шліфувальні круги – розповсюджена група абразивних інструментів у вигляді монокристалів, полікристалів або їх уламків, що мають гострі грані, які забезпечують можливість різання. Їх застосовують при роботі на шліфувальних і заточувальних верстатах. Шліфувальний круг складається із зерен, що шліфують, з'єднаних між собою зв'язкою. Зерна й зв'язка не заповнюють увесь об'єм шліфувального круга, частина його залишається вільним у вигляді пор (порожнеч).

У процесі шліфування кожне зерно, що виступає на поверхні круга, своїми гострими ребрами зрізує стружку, що розміщується в порах, а потім викидається з них силою інерції. Шліфувальні круги характеризуються формою і розмірами (рис. 12.1), маркою абразивного матеріалу, зернистістю, матеріалом зв'язування, твердістю й структурою.

Форми і розміри кругів стандартизовані. Кожна форма круга має умовне позначення. Наприклад: ПП – плоскі прямі круги, Д – диски, ЧЦ – чашки циліндричні, ЧК – чашки конічні, Т – тарілки і т.д. (рис. 1).

Круги плоского прямого профілю (рис. 12.1(1)) застосовують при круглому зовнішньому та внутрішньому шліфуванні, при плоскому шліфуванні периферією круга, при заточуванні різального інструменту, а також шліфованні різьби.

Плоскі круги з конічним профілем (рис. 12.1(2,3)) застосовують для шліфування різьби та шліцьових валів. Плоскі круги з виточенням (рис. 12.1(4,5)) дозволяють одночасно шліфувати циліндричні і торцеві поверхні.

Круги чашкові циліндричні (рис. 12.1(6)) застосовують для внутрішнього круглого шліфування периферією, для плоского шліфування торцем і для заточування різального інструменту.

Круги чашкові конічні (рис. 12.1(7)) використовують для заточення ріжучих інструментів і для плоского шліфування торцем.

Тарілчасті круги (рис. 12.1(8)) застосовують для заточування багатозубих ріжучих інструментів (фрез, розгорток, черв'ячних фрез).

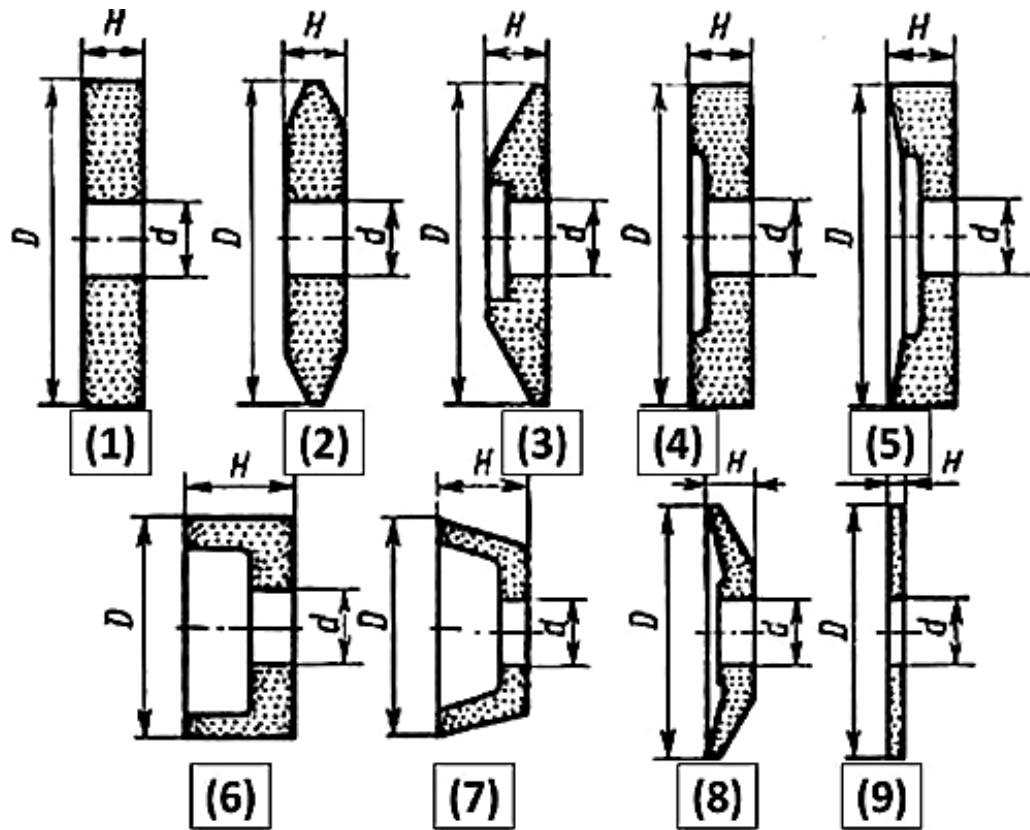


Рисунок 12.1 – Типи шліфувальних кругів за формою профілю: 1 – круг плоского прямого профілю; 2,3 – плоскі круги з конічним профілем; 4,5 – плоскі круги з виточенням; 6 – круг чашковий циліндричний; 7 – круг чашковий конічний; 8 – тарілчастий круг; 9 – відрізний круг Рисунок 1 – Типи шліфувальних кругів за формою профілю

Круги чашкові циліндричні (рис. 12.1(6)) застосовують для внутрішнього круглого шліфування периферією, для плоского шліфування торцем і для заточування різального інструменту.

Круги чашкові конічні (рис. 12.1(7)) використовують для заточення ріжучих інструментів і для плоского шліфування торцем.

Тарілчасті круги (рис. 12.1(8)) застосовують для заточування багатозубих ріжучих інструментів (фрез, розгортки, черв'ячних фрез).

Відрізні круги (рис. 12.1(9)) використовують для відрізки заготовок з прутка. Зовнішній вигляд шліфувальних кругів показано на рисунку 12.2.



Рисунок 12.2 – Зовнішній вигляд шліфувальних кругів

Основі характеристики шліфувальних кругів

Тип абразивного матеріалу

Абразивні матеріали поділяються на штучні (синтетичні) і природні. Для виготовлення абразивних інструментів переважно використовують такі синтетичні матеріали: електрокорунд, карборунд, синтетичні алмази та кубічний нітрид бору.

Електрокорунд, основною складовою частиною якого є кристалічний оксид алюмінію Al_2O_3 (до 99%), має декілька різновидів:

- електрокорунд нормальний – Е (91...96% Al_2O_3), марки І6А...І2А;
- електрокорунд білий – ЕБ (97...99 % Al_2O_3), марки 25А...22А;
- монокорунд – М (97...98% Al_2O_3), марки 45А...43А.

Електрокорундовими кругами шліфують в'язкі матеріали. Зокрема, круги з електрокорунду нормального застосовують для грубого й чорнового шліфування сталевих заготовок; кола з електрокорунду білого – для чистового шліфування заготовок із загартованих конструкційних/інструментальних сталей; кола з монокорунду – для чистового або напівчистового шліфування високолегованих сталей, які підданно азотуванню, хромуванню або інший хіміко-термічній обробці.

Карборунд (карбід кремнію SiC) містить не менше 95% SiC . Застосовуються два різновиди карборунду:

- карборунд чорний – КЧ (95% SiC), марки від 55С до 52С;
- карборунд зелений – КЗ (97% SiC), марки від 64С до 62С.

Карборундовими кругами шліфують тверді й крихкі матеріали.

Алмазні круги з металевим або полімерним корпусом, на якому укріплено алмазоносний шар завтовшки 0,5...3 мм. Такі круги випускають з 25, 50, 100 та 150% концентрацією алмазного порошку. Стопроцентною концентрацією вважають вміст – 0,878 мг/мм³ алмазоносного шару. Алмазні круги застосовують для шліфування твердих сплавів і заточки твердосплавних інструментів.

Кубічний нітрид бору (ельбор), який складається з 44 % бору і 56 % азоту – матеріал, твердість якого наближається до твердості алмазу, застосовують для заточування точних і складних інструментів (зуборізних фрез, протяжок, розгорток) зі швидкорізальної сталі.

Також, слід відзначити, що теплостійкість при якій абразивний матеріал згорає на повітрі, становить для алмаза 600...700 °С, електрокорунду 1250...1800 °С, карбіду кремнію 1300...1400 °С та ельбору 1400...1500 °С.

Маркування зернистості

Зернистість – це номер абразивних зерен круга, що характеризує їхній розмір. Абразивні інструменти бувають зі зв'язаними зернами та з вільними

зернами. До інструментів зі зв'язаними зернами належать шліфувальні круги, головки, бруски, сегменти та стрічки, а до інструментів з вільними зернами – пасти, суспензії та порошки.

За зернистістю абразивні матеріали поділяють на три групи: шліфувальні зерна (зернистість від N200 до N16 – 2000...160 мкм), шліфувальні порошки (від N12 до N3 – 125...40 мкм) та мікропорошки (від M40 до M5 – 63...10 мкм). Відповідно до стандартних номерів зернистості лінійні розміри основної фракції зерен подані в таблиці 1.

При шліфуванні ріжуча поверхня круга поступово затуплюється. При цьому відбувається налипання стружки на зерна і заповнення пор, а рельєф круга згладжується. Як результат, шліфувальний круг втрачає ріжучу здатність. Відновлення геометрії і ріжучої здатності круга здійснюють за допомогою спеціальної операції – правки круга, яку виконують алмазними (алмазні олівці, алмази в оправках, алмазні ролики прямого і фасонного профілю) або без алмазними (металеві зірочки, сталеві і твердосплавні диски, шліфувальні круги високої твердості) інструментами.

Таблиця 12.1

Зернистість абразивних матеріалів

Номер зернистості (старе/нове позначення)	Міжлінійний розмір зерен основної фракції, мкм	Номер зернистості (старе/нове позначення)	Міжлінійний розмір зерен основної фракції, мкм
Шліфувальні зерна			
200/F10	2500...2000	50/F30	630...500
160/F12	2000...1600	40/F40	500...400
125/F16	1600...1250	32/F54	400...315
100/F20	1250...1000	25/F60	315...250
80/F22	1000...800	20/F70	250...200
63/F30	800...630	16/F90	200...160
Шліфувальні порошки			
12/F100	160...125	5/F220	63...50
10/F120	125...100	4/ F240	50...40
8/F150	100...80	3/ F260	40...28
6/F180	80...63	-	-
Мікропорошки			
M40/F280	40...28	M10/F500	10...7
M28/F320	28...20	M7/F600	7...5
M20/F360	20...14	M5/F800	5...3,5
M14/F400	14...10	-	-

Параметр шорсткості R_a , мкм, орієнтовно поа в'язаний з середнім розміром абразивних зерен d_a , мкм залежністю $Ra = C_a d_a^{0,5}$, де $C = 1,5...1,8$ – стала, яка залежить від властивостей матеріалу заготовки та абразивного круга.

$$Ra = C_a d_a^{0,5},$$

де $C_a = 1,5 \dots 1,8$ – стала, яка залежить від властивостей матеріалу заготовки та абразивного круга.

Тип зв'язки

Зв'язка – це матеріал, що скріплює окремі абразивні зерна круга. Зв'язки (в'язучі речовини) суттєво впливають на ефективність роботи абразивних інструментів. Розрізняють три типи зв'язок:

- неорганічні зв'язки, до яких належать керамічна, магнезіальна та силікатна. Найбільше поширена керамічна зв'язка, яка містить вогнетривку глину, польовий шпат, галька та інші інгредієнти. Ця зв'язка теплостійка, міцна, хімічно- та вологостійка, але крихка;

- органічні зв'язки (бакелітова, гліфталева та вулканітова) забезпечують велику міцність інструменту, надають йому еластичності, але мають невисоку теплову та хімічну стійкість;

- металеві зв'язки, які складаються з металевої основи (порошки міді, олова, алюмінію) і наповнювача, застосовують при виготовленні алмазних інструментів.

Таким чином, найбільш найпоширенішими сучасними зв'язками є:

- керамічна – К/V (вогнетривка глина, польовий шпат, кварц, крейда, рідке скло), марки від К0 до К8. Керамічна зв'язка застосовується для всіх шліфувальних кругів (і всіх видів шліфування), крім відрізних;

- вулканітова – В/R (70% каучуку й 30% сірки), марки В, В1, В2, В3. Вулканітову зв'язку використовують для абразивних кругів, які призначені для відрізання, прорізки тонких пазів та оздоблювального полірування;

- бакелітова – Б/В (штучна смола), марки Б, Б1, Б2, Б3, Б4. Бакелітову зв'язку застосовують в кругах, які призначені для силового швидкісного шліфування, відрізки та заточувальних операцій (без охолодження).

Згідно міжнародних стандартів, керамічна, вулканітові та бакелітова зв'язка маркується відповідно латинською літерою V, R та B.

Структура

Структура – це співвідношення у відсотках в одиниці об'єму зерен, зв'язки і пор.

Існує 13 номерів структур:

- а) щільні № 0...3;
- б) середньощільні № 4...6 (рис. 3);
- в) відкриті № 7...12.

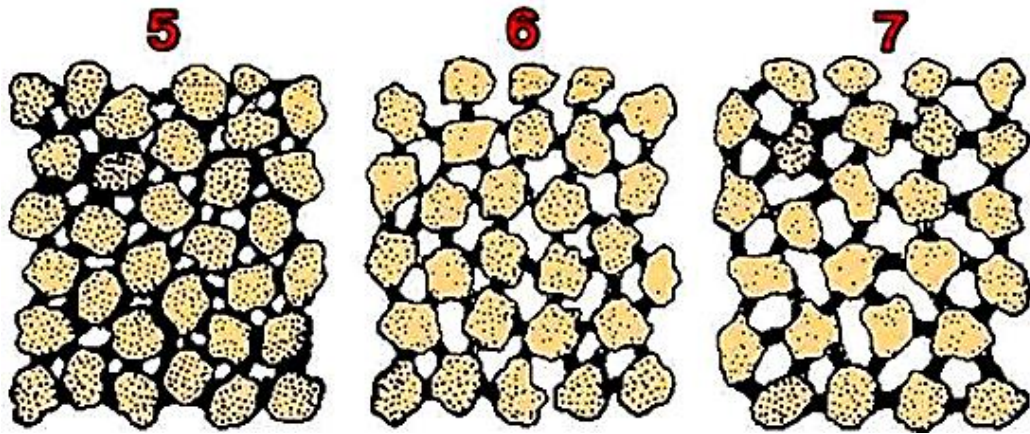


Рисунок 12.3 – Типова структура абразивного круга номеру 5–7

Твердість

Твердість шліфувального круга це опір зв'язки вириванню абразивних зерен зовнішніми силами. Чим міцніше тримаються зерна, тим твердіший інструмент.

Ступені твердості абразивного круга згідно ДСТУ та міжнародних:

1. Досить м'які (ВМ1/Ф, ВМ2/Г);
2. М'які (М1/Н, М2/І, М3/Ж);
3. Середньом'які (СМ1/К, СМ2/Л);
4. Середні (С1/М, С2/Н);
5. Середньотверді (СТ1/О, СТ2/Ф, СТ3/К);
6. Тверді (Т1/Р, Т2/С);
7. Досить тверді (ВТ/Т);
8. Надзвичайно тверді (ЧТ/В).

У позначення ступеня твердості цифри 1, 2 та 3 характеризують збільшення твердості круга.

При виборі шліфувального круга необхідно враховувати, що чим твердіший матеріал, що шліфується, тим швидше притупляються абразивні зерна а, отже, тим м'якше повинен бути круг.

Круги м'які та середньом'які застосовуються для шліфування загартованих заготовок з вуглецевих, легованих та інструментальних сталей, а також з кольорових металів та їх сплавів.

Круги середньом'які та середні використовують для чистового і фасонного шліфування тих же матеріалів. Круги середні і середньо тверді застосовують для шліфування незагартованих сталей, а тверді круги – для чорнових оздоблювальних операцій. Надзвичайно тверді круги використовують для виправлення шліфувальних кругів.

Приклад маркування абразивного шліфувального круга згідно ДСТУ 2424-75

Для приклада розглянемо шліфувальний круг марки:

ПП 500×50×305 24А 10-П С2 7К5 35 м/с 1 клА.

Це плоский прямий круг (ПП) із зовнішнім діаметром 500 мм, шириною 50 мм і діаметром отвору в кругу 305 мм. Виготовлений з електрокорунду білого марки 24А, зернистістю 10-П (П – вміст основної фракції зерен), ступінь твердості – С2, номер структури – 7, керамічна зв'язка марки К5, робоча швидкість 35 м/с. 1 класу невірноваженості (дисбалансу), клас точності А.

Основні види шліфування плоских та циліндричних поверхонь

– **чорнове шліфування** – зняття великих припусків грубозернистими кругами прямого профілю типу ПП (рис. 4 а) та чашковими кругами типу ЧК;

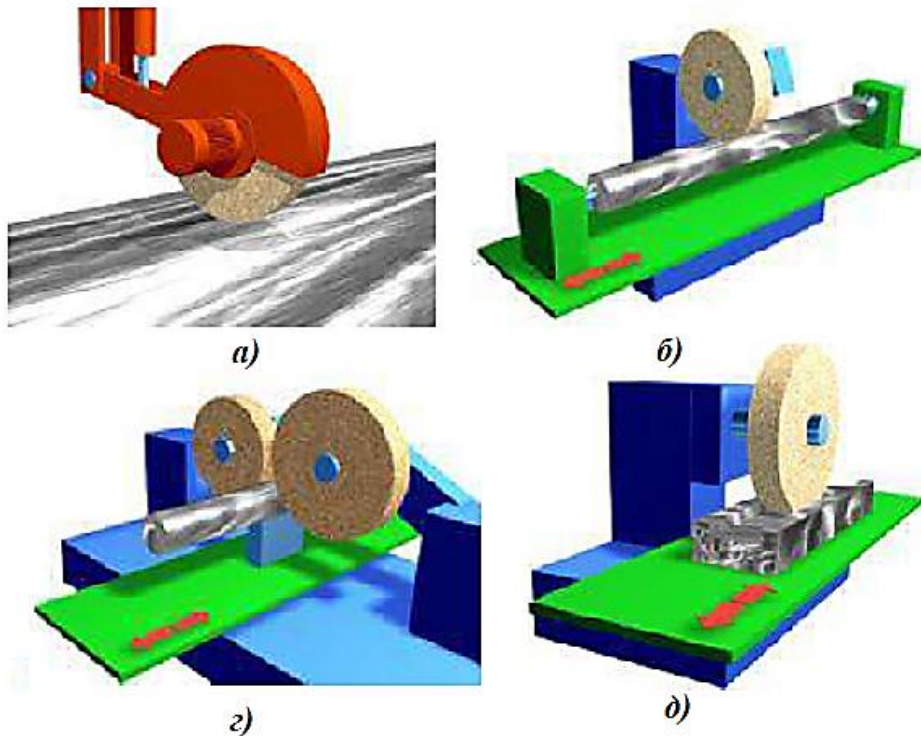


Рисунок 12.4 – Основні види шліфування зовнішніх поверхонь: а – чорнове; б – кругле; в – безцентрове; г – плоске шліфування

– **кругле шліфування** – процес шліфування деталей циліндричної форми під час її обертання в центрах або в патроні, кругами плоского прямого профілю (рис. 4б) або з виточенням та плоскими кругами з конічним;

– **безцентрове шліфування** – відрізняється від круглого/центрального тим, що оброблювані деталі отримують обертання і шліфуються без кріплення в центрах, причому базою є оброблювана поверхня (рис. 4в). При круглому

безцентровому шліфуванні обидва круги обертаються в одну сторону з різними швидкостями, робочий круг зі швидкістю 30...35 м/с, ведучий – зі швидкістю в 60...100 разів меншою;

– **плоске шліфування** – це шліфування площин здійснюється периферією або торцем круга (рис. 4г), використовуючи плоскі прямі круги, круг чашковий циліндричний/конічний, тарілчастий круг. При шліфуванні швидкість різання обмежується міцністю шліфувального круга. Залежно від виду зв'язки шліфувального круга його профілю і швидкостей подачі максимально допустима швидкість різання знаходиться в межах від 20 до 50 м/с. Для вибору швидкості поздовжньої подачі та глибини різання при плоскому шліфуванні доцільно використовувати таблиці 2.

Таблиця 12.2

Елементи режиму різання при плоскому шліфуванні

Матеріал оброблюваної заготовки	Характер обробки	Швидкість поздовжньої подачі,	Поперечна подача, у частках ширини круга на хід стола	Глибина різання, мм
Інструментальні, жароміцні та нержавіючі сталі	Чорнове	3...8	0,04...0,10	0,05...0,15
	Чистове	3...8	0,02...0,06	0,010...0,015
Конструкційні сталі	Чорнове	8...30	0,4...0,7	0,02...0,06
	Чистове	15...20	0,2...0,3	0,015...0,02
Чавуни та бронза	Чорнове	20...85	0,5...0,8	0,015...0,10
	Чистове	15...30	0,2...0,3	0,005...0,020

12.2 Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись із принципом роботи різних типів шліфувальних верстатів, видами шліфувальних кругів за формою та розмірами.

2. Вивчити основні характеристики шліфувальних кругів (матеріал, зернистість, зв'язка, структура, твердість) та схеми видів шліфування.

3. Згідно індивідуального завдання (**додаток М, табл. М1**), підібрати потрібну марку шліфувального круга по довідковим таблицях та накреслити схему шліфування залежно від заданих умов обробки (**додаток М, табл. М1**), використовуючи приклад (див. підрозділ "Приклад маркування абразивного шліфувального круга згідно ДСТУ 2424-75"). Характеристики абразивного інструменту вибирають залежно від виду операції (**додаток М, рис. М1**), фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, заданих точності та шорсткості обробленої поверхні (**додаток М, табл. М1**), потужності верстата тощо.

12.3. Контрольні запитання

1. Що таке процес шліфування?
2. Які форми шліфувальних кругів Вам відомі?
3. Які абразивні матеріали використовують для виготовлення шліфувальних кругів?
4. Як позначається зернистість шліфувального круга?
5. Які основні зв'язки використовуються в шліфувальних кругах?
6. Яку властивість абразивного круга відтворює його твердість?
7. Які параметри визначають режими різання при шліфуванні?
8. Які рухи здійснюються при різних схемах шліфування?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

13. ГЕОМЕТРИЧНІ ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ НА ВЕРСТАТАХ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

Мета роботи: ознайомитися з основними поняттями, визначеннями та геометричними основами програмування верстатів з ЧПК.

13.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Числове програмне керування (ЧПК) (англ. Computer numerical control (CNC)) – комп'ютеризована система керування, яка зчитує командні інструкції спеціалізованої мови програмування і керує приводами верстатів та верстатним оснащенням.

Найбільш поширена мова програмування ЧПК для металорізального обладнання описана документом ISO 6983 Міжнародного комітету по стандартам і називається «G-код». Програма, написана з використанням *G-коду*, має жорстку структуру.

Методичні матеріали

Система координат верстата з ЧПК

Вивчення принципів роботи та програмування верстатів з ЧПК неможливе без розуміння множини систем координат, яка забезпечує переміщення робочих органів верстата. Розрізняють наступні системи координат:

- верстата;
- деталі;
- інструменту.

Система координат верстата з ЧПК – головна розрахункова система, яка визначає переміщення виконавчих органів. Вісі координат розташовують паралельно напрямним верстата (рис. 13.1), що дозволяє при створенні управляючих програм (УП) легко задавати напрямки і відстань переміщень.

Стандартною для всіх верстатів з ЧПК системою координат є права. Для цієї системи характерний додатний напрям координат вісей по визначенню правила «правої руки»:

Якщо великий палець вказує позитивний напрямок вісі X, вказівний - вісі Y, то середній вкаже на позитивний напрямок вісі Z. За позитивний напрямок вісі Z приймають вертикальний напрям виведення інструменту з заготовки. Тобто вісь Z завжди пов'язана зі шпинделем верстата. Як правило, за X приймають вісь, уздовж якої можливо найбільше переміщення виконавчого органу верстата. При цьому вісь

X перпендикулярна вісі Z і паралельна площині робочого столу. Якщо ви визначили на верстаті напрямки вісей X і Z, то за правилом «правої руки» ви однозначно зможете сказати, куди «дивиться» вісь Y.

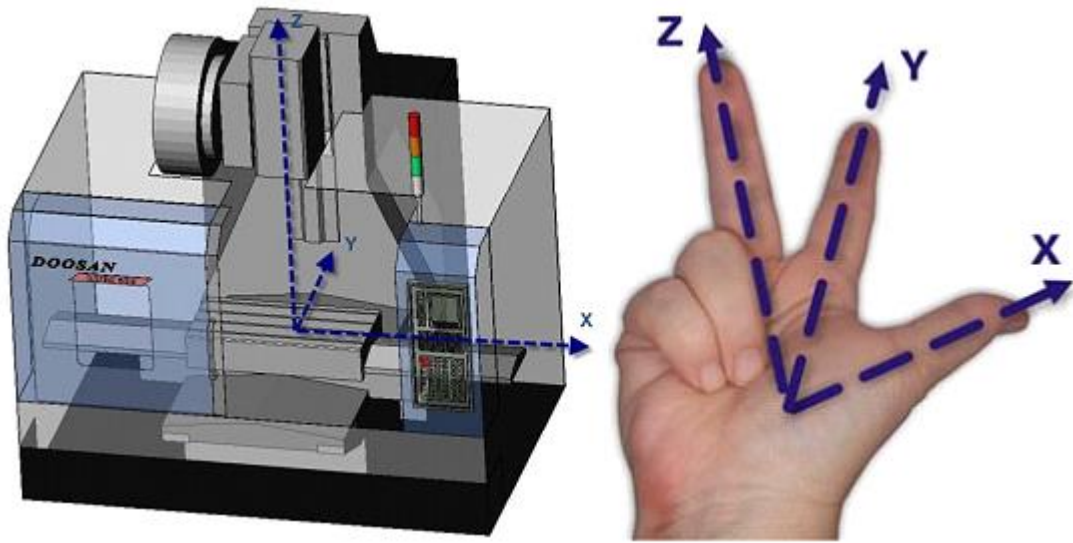


Рисунок 13.1. – Визначення координат верстата по правилу «правої руки».

Осі X, Y, Z вказують позитивні напрямки переміщень інструменту щодо нерухомих частин верстата. При створенні УП технолог-програміст завжди виходить з припущення, що саме інструмент переміщується, а оброблювана деталь – нерухома.

Положення виконавчих органів характеризують їх **базові точки**, які вибираються з урахуванням конструкції верстата:

- для шпинделів фрезерного або токарного верстата з ЧПК - точка перетину його торця з власної віссю обертання;
- для робочого столу - точка перетину його діагоналей або один з кутів.

Положення **базової точки** відносно **нульової точки верстата** називається **позицією виконавчого органу** в системі координат верстата або **машинною позицією**.

Нульова точка верстата - це фізична позиція виконавчого органу, встановлена виробником верстата за допомогою кінцевих вимикачів або датчиків. Після включення верстата необхідно перемістити виконавчі органи в його нульову точку, для того щоб система числового програмного керування (СЧПК) змогла визначити чи «обнулити» їх машинну позицію, або, іншими словами, потрібно синхронізувати СЧПК і верстат. Коли виконавчий орган приходить в нульову точку верстата, то відбувається замикання контактів спеціального датчика або кінцевого вимикача, СЧПК отримує електричний сигнал і машинна позиція обнуляється. Процедура повернення в нульову

точку верстата є стандартною, і для її здійснення будь-який верстат має спеціальний режим і відповідні клавіші на панелі керування.

Система координат деталі – система, яка визначає всі розміри оброблюваної деталі і приводить координати усіх опорних точок контуру деталі (рис. 13.2). Система координат деталі і **система координат програми** зазвичай суміщені і являються єдиною системою. У цю систему додаються, окрім вже зазначених вище розмірів, допоміжні траєкторії переміщення інструмента, положення опорних елементів пристосування та нульова точка.

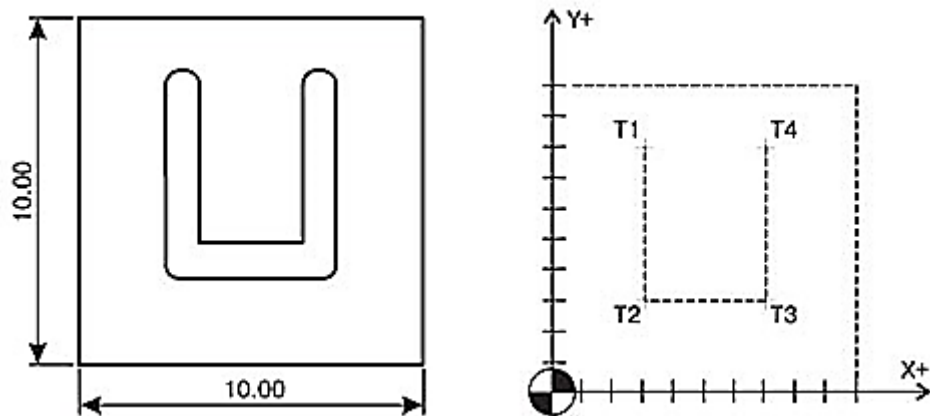


Рисунок 13.2. – Система координат деталі

Нульова точка управляючої програми – точка відліку, відносно якої створена програма. Вона обирається з міркувань зручності відрахунку розмірів, розміщення інструменту і заготовки. На відміну від фізичного нуля верстата, нульова точка програми (деталі) є логічною, тобто при необхідності можна задавати декілька систем координат.

Зазвичай, систему координат суміщають з конструкторською базою – по осях X і Y встановлюють в один з кутів або по центру деталі, а за нуль по осі Z приймають саму верхню поверхню деталі. Це полегшує програмісту виконання розрахунків, а оператору простіше «прив'язуватися» і контролювати під час роботи переміщення інструменту.

Система координат інструмента – розрахункова система, яка визначає положення робочої частини виконавчого органу верстата.

При виконанні керуючої програми (КП) запрограмованими координатами визначається базова позиція шпинделя (точка перетину торця і осі обертання), а не різальна частина встановленого в ньому інструмента, яка знаходиться на деякій відстані від базової точки шпинделя (рис. 13.3). Для того щоб в запрограмовану координату приходила саме різальна частина інструменту, а не шпиндель, необхідно задати до системи ЧПК величину по осі Z , на яку потрібно змістити цю базову точку. Зміщення системи координат інструмента

відносно базової точки шпинделя на величину довжини інструменту називається **компенсацією довжини інструменту**.

Перед початком обробки деталі оператор повинен виміряти довжину кожного з інструментів, що використовуються в програмі, і ввести числові значення довжин у відповідні реєстри компенсації довжини інструменту (або в таблицю інструментів).

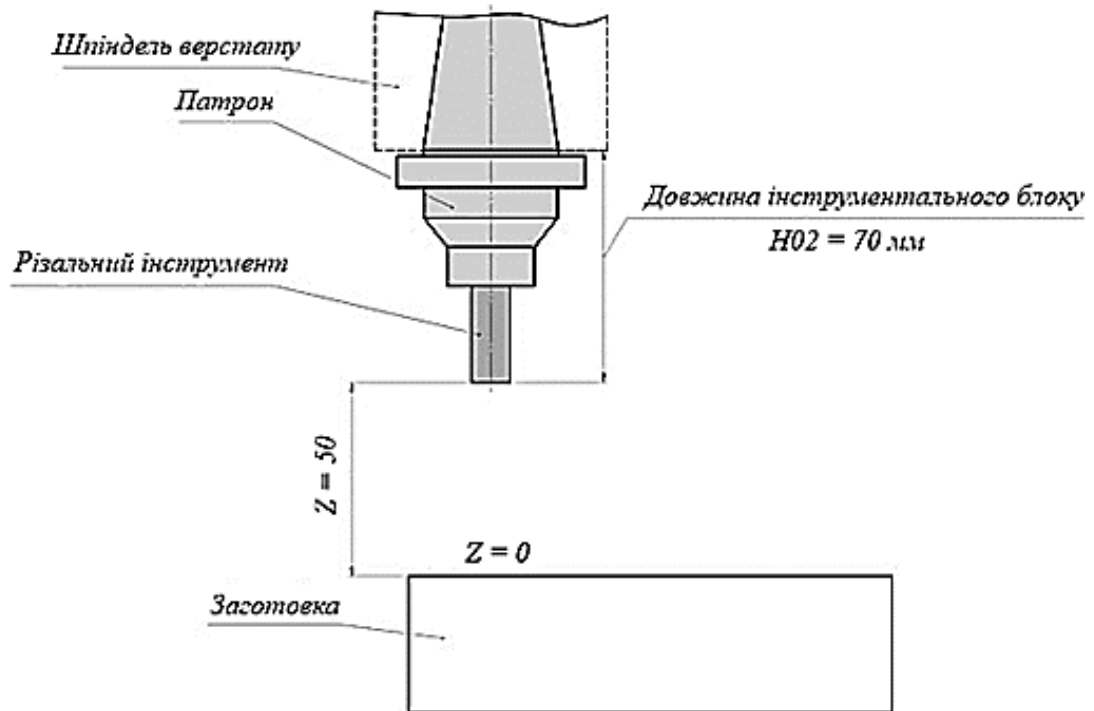


Рисунок 13.3. – Система координат інструменту.

Абсолютні та відносні системи відліку координат

Деталі, які оброблюються на верстатах з ЧПК, можна розглядати як геометричні об'єкти. Під час обробки інструмент і заготовка переміщуються відносно один одного по деякій траєкторії. КП описує рух певної точки інструменту - його центру. Траєкторію інструмента представляють складеною з окремих ділянок, які ланцюгом переходять одна в одну. Цими ділянками можуть бути прямі лінії, дуги кіл, криві другого або вищих порядків. Точки перетину цих ділянок називаються **опорними**, або вузловими. Як правило, в КП містяться координати саме опорних точок.

При **абсолютному** способі програмування координати опорних точок відраховуються від постійного початку координат (рис. 13.4, а). При **відносному** (інкрементальному) способі відліку за нульове положення кожен раз приймається положення виконавчого органу, яке він займав перед початком переміщення до наступної опорної точки (рис. 13.4, б).

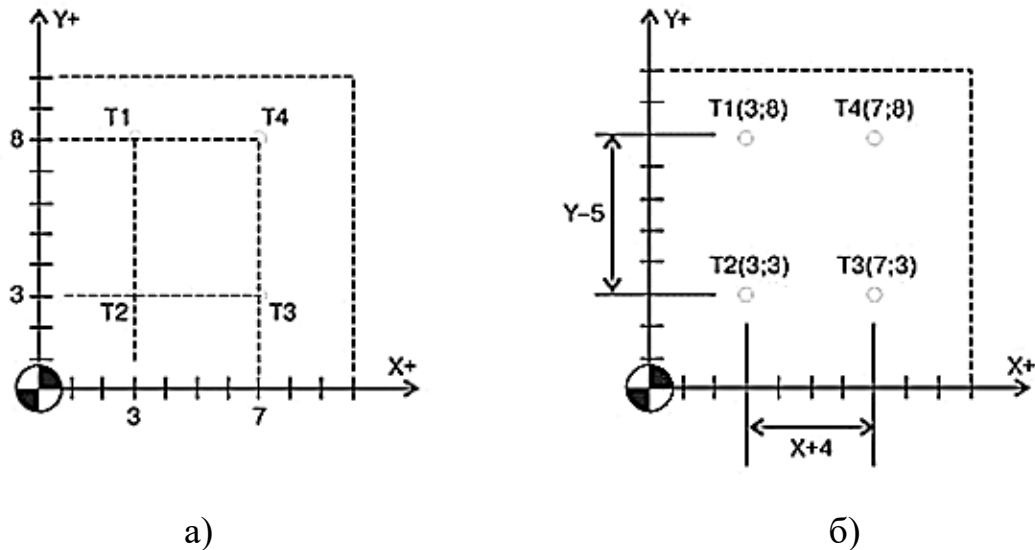


Рисунок 13.4. – Відлік координат точок у абсолютній (а) і відносній (б) системі.

Програмування в відносних координатах було обов'язковою умовою при роботі на багатьох верстатах з ЧПК старих моделей. Сучасні системи ЧПК дозволяють вільно працювати і з абсолютними, і з відносними координатами. Для перемикання з одного режиму роботи в інший використовуються команди **G90** (абсолютні координати) і **G91** (відносні координати).

Слід пам'ятати, що у разі появи однієї координатної помилки при відносному способі програмування – всі наступні переміщення будуть неправильними.

Координати точок для наведеного прикладу (рис. 13.4) зведено до табл. 13.1.

Таблиця 13.1

Координати точок

Точка	Абсолютні координати G90		Відносні координати G91	
	Координата X	Координата Y	Координата X	Координата Y
T1	3	8	3	8
T2	3	3	0	-5
T3	7	3	4	0
T4	7	8	0	5

Структура управляючої програми

Керуюча програма – упорядкований набір команд, за допомогою яких визначаються переміщення виконавчих органів верстата і допоміжні функції. Будь-яка програма обробки складається з певної кількості рядків, які називаються **кадрами КП**.

Схематично, у структурі КП можна виділити наступні етапи (рис. 13.5):

- початок;
- виклик інструменту;
- основна частина (робочі переміщення);
- повернення у вихідне положення, вимкнення шпінделя;
- кінець програми.

Частина КП, що вводиться та опрацьовується як єдине ціле і містить не менше однієї команди. Система ЧПК зчитує і виконує програму кадр за кадром. Кожен кадр має свій номер, який розташований на початку строчки і позначений буквою N та складається зі слів даних. У свою чергу слово даних будується з адреси (літери) і числа, яке йому належить.

Отже, кадр КП має вигляд, рис. 13.6:

Слова даних у кадрах КП можна записувати в довільній послідовності, пристрій ЧПК відпрацює спочатку команди технологічних та допоміжних функцій **S**, **F**, **T**, **M** а потім підготовчих **G**, з виконанням розмірних переміщень. Для того щоб програмісту було легше створювати і читати КП, рекомендується наступний порядок розташування слів даних і знаків програмування в кадрі:

- код пропуску кадру (/);
- номер кадру (N);
- підготовчі функції (G-коди);
- адреси осьових переміщень (X, Y, Z, I, J, K, A, B, C);
- команда подачі (F);
- команда числа обертів (S);
- допоміжні функції (M-коди).

Проте якщо в кадрі немає G-коду, то M-код ставиться в початок.

Коментарі до програми розміщуються в круглих дужках, або після символу «;». Коментар може розташовуватися як в окремому рядку, так і після програмних кодів. Неприпустимо оформляти в якості коментаря кілька рядків, охоплених парою круглих дужок.

Координати задаються вказівкою вісі з подальшим числовим значенням координати. Ціла і дробова частини числа координати розділяються десятковою крапкою. Припустиме опускання незначних нулів, або їх



Рисунок 13.5 - Блок схема КП.

додавання. Також в переважній кількості інтерпретаторів допустимо не додавати десяткову точку до цілих чисел. Наприклад:

Y0.5 і Y.5, Y77, Y77. і Y077.0

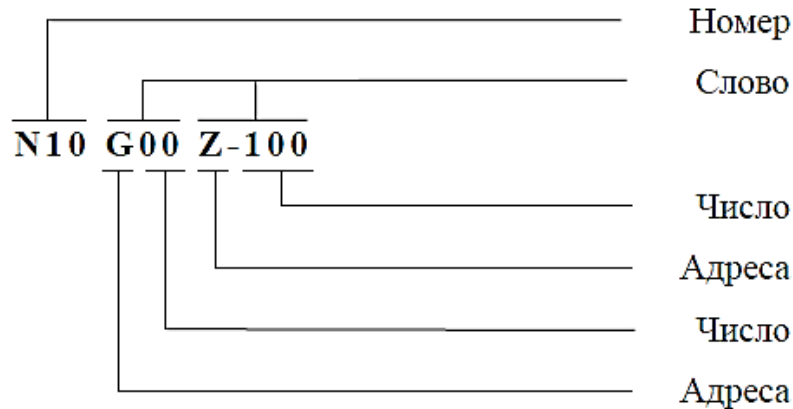


Рисунок 13.6 - Кадр керуючої програми

Підготовчі та допоміжні коди

Сучасні системи ЧПК розуміють більше сотні різних команд, проте в своїй повсякденній роботі технолог-програміст використовує лише обмежений, досить вузький набір **G**- і **M**-кодів. Це є наслідком того, що основне завдання КП полягає в переміщенні інструменту по заданим координатам. Для реалізації таких переміщень можливо користуватися лише кількома кодами, які можна сміливо назвати базовими.

Підготовчі команди починаються з літери **G**, та виконують:

- переміщення робочих органів з необхідною швидкістю по необхідній траєкторії;
- типові послідовності (цикли);
- керування параметрами інструмента, системами координат та робочих площин.

Основні підготовчі команди зведено до табл. 13.2.

Таблиця 13.2

Основні підготовчі команди

Команда	Опис
G00	Прискорене переміщення
G01	Лінійна інтерполяція (переміщення)
G02/G03	Колова інтерполяція відповідно по годинниковій стрілці (G02) та проти годинникової стрілки (G03)
G20/G21	Режим роботи у дюймовій/метричній системі
G40...G44	Компенсація розміру різних параметрів інструменту (довжина, діаметр)
G53...G59	Переключення систем координат
G70...G76	Цикли токарної обробки
G80...G85	Цикли фрезерної обробки
G90/G91	Переключення систем відліку координат (абсолютна/відносна)
G94/G95	Одиниця виміру подачі, мм/хв або мм/об

Допоміжні команди починаються з літери **M**, та виконують:

- зміну інструменту;
- ввімкнення та вимкнення шпінделя, задання напрямку обертання;
- ввімкнення та вимкнення охолодження, транспортеру стружки;
- робота з підпрограмами.

Допоміжні команди, які найчастіше використовуються при програмуванні, зведено до табл. 13.3.

Таблиця 13.3

Допоміжні команди.

Команда	Опис
M00	Зупинка верстата до натиснення кнопки «Старт», безумовна
M01	Зупинка верстата до натиснення кнопки «Старт», по вибору
M02	Кінець програми, зі збросом модальних функцій
M03/M04	Почати обертання шпінделя відповідно по годинниковій стрілці (M03) та проти годинникової стрілки (M04)
M05	Зупинка обертання шпінделя
M06	Автоматична зміна інструменту
M08/M09	Ввімкнення/вимкнення подачі змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР)
M88/M89	Ввімкнення/вимкнення подачі ЗОР під високим тиском
M30	Кінець програми, зі збросом модальних функцій та переміщенням курсора на початок програми
M31/M33	Ввімкнення/вимкнення стружкового транспортеру
M97...M99	Робота з підпрограмами

13.2 Порядок виконання роботи

13.2.1 Завдання

Для обраної, відповідно до свого варіанту (Додаток К для ПЗ №13), деталі визначити:

- нульову точку деталі;
- координати опорних точок.

13.3 Контрольні запитання

1. Які системи координат розрізняють стосовно верстата з ЧПК?
2. Яка різниця між абсолютною та відносною системою відліку координат?
3. З яких етапів складається КП?
4. З яких елементів складається кадр КП?
5. Для чого використовуються підготовчі коди? Навести приклади підготовчих кодів.
6. Для чого використовуються допоміжні коди? Навести приклади допоміжних кодів.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 14

14. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ НА ВЕРСТАТАХ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

Мета роботи: ознайомитись із технологічними основами програмування верстатів з ЧПК, можливостями та правилами використання базових G- і M-кодів.

14.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Модальні та немодальні коди

Існують так звані модальні і немодальні команди.

Модальні команди змінюють деякий параметр або настройку і ця настройка діє на всі наступні кадри програми до їх зміни наступною модальною командою. До модальних команд, наприклад, відносяться швидкості переміщення інструменту, керування швидкістю шпинделя, подачі змащувально охолоджувальної рідини (MOP) та ін.

Немодальні команди діють тільки всередині кадру, який їх містить.

Інтерпретатор коду (стійка керування) верстатом запам'ятовує значення введених параметрів і налаштувань до їх зміни наступною модальною командою або скасування раніше введеної модальної команди, тому не обов'язково вказувати в кожному кадрі, наприклад, швидкість переміщення інструменту.

Виділяють кілька груп кодів залежно від функції, яку вони виконують (табл. 14.1). Два модальних коди з однієї функційної групи не можуть бути активними в один і той же час.

Таблиця 14.1

Групи кодів залежно від функції

Функційна група	Коди
Переміщення	G00, G01, G02, G03
Тип координатної системи	G90, G91
Одиниці вводу даних	G20, G21
Постійні цикли	G80, G81, G82, G83, G84, G85
Робоча система координат	G54, G55, G56, G57, G58
Компенсація довжини інструменту	G43, G44, G49
Корекція на радіус інструменту	G40, G41, G42
Повернення у постійних циклах	G98, G99
Активна площина обробки	G17, G18, G19

Строчка (рядок) безпеки

Строчкою безпеки називається кадр, що містить G-коди, які переводять СЧПК в певний стандартний режим, скасовують непотрібні функції і забезпечують безпечну роботу з управляючою програмою. Кадр має вигляд:

Nnn G21 G40 G49 G54 G80 G90

Так як більшість кодів є модальними і залишаються активними в пам'яті СЧПК до тих пір, поки їх не скасують, то можливі ситуації (наприклад, якщо програма обробки була перервана з яких-небудь причин в середині), коли непотрібний модальний G-код не був скасований. Рядок безпеки, який зазвичай розміщують на початку КП або після кадру зміни інструменту, дозволяє відновити необхідні G-коди і вийти в звичний режим роботи.

До типової строчки безпеки входять наступні G-коди:

- **G21** – всі переміщення і подачі розраховуються і здійснюються в міліметрах, а не в дюймах (G20).

- **G40** – відміна автоматичної корекції на радіус інструменту. Корекція на радіус інструменту призначена для автоматичного зміщення інструменту від запрограмованої траєкторії. Корекція може бути активна, якщо в кінці попередньої програми її не скасували. Результатом цього може стати неправильна траєкторія руху інструмента.

- **G49** – відміна компенсації довжини інструменту. Аналогічно до G40.

- **G54** – активізація однієї з декількох робочих систем координат.

- **G80** – відміна всіх постійних циклів і їх параметрів. Відміна постійних циклів необхідна, так як всі координати після G-коду постійного циклу відносяться безпосередньо до нього і для виконання інших операцій потрібно вказати системі ЧПК, що цикл закінчений.

- **G90** – активізація роботи у абсолютній системі координат.

Функції зміни інструменту

Для **автоматичної зміни інструменту** призначений код **M06**. Зазвичай для виконання автоматичної зміни інструменту технолог-програміст безпосередньо вказує номер інструменту, який необхідно взяти (номер інструменту, в більшості випадків, збігається з номером гнізда інструментального магазину).

Типовий кадр зміни інструменту має вигляд:

Nnn M06 Tmm

Код **T** використовується для вибору інструмента під номером (**mm**).

Одразу після зміни інструмента необхідно виконати компенсацію довжини нового інструменту. **Компенсація довжини інструменту** здійснюється за допомогою коду **G43** і наступного за ним слова даних **H**.

Наприклад, для виконання компенсації довжини інструменту в кадрі КП необхідно вказати:

Nnn G43 Hmm

Перед тим як викликати новий інструмент, прийнято скасовувати компенсацію довжини активного інструменту. Ця дія проводиться за допомогою коду **G49**, хоча багато сучасних СЧПК скасовують компенсацію довжини автоматично при вказівці команди **M06**.

Автоматична корекція радіуса інструмента (АКРІ)

АКРІ – функція верстата з ЧПК, яка спрощує обчислення траєкторії руху інструмента і дозволяє обробляти один і той же контур різними інструментами по одній УП.

АКРІ активується за допомогою G-кода, який викликає зміщення інструменту відносно вихідної траєкторії вліво **G41** або вправо **G42** на величину радіусу інструменту. Для відміни корекції на радіус інструмента використовується код **G40**. Напрямок переміщення визначається, якщо дивитися на інструмент з боку шпинделя, в негативному напрямку вісі Z.

Типовий кадр виклику АКРІ має вигляд:

Nnn G41 Dmm,

де D – слово даних, яке значить номер (mm) коректора, що містить значення радіусу інструменту.

Після виклику АКРІ, далі в програмі повинне йти робоче переміщення інструменту по контуру оброблюваної деталі, тобто по її вузловим точкам.

Для того щоб система ЧПК встигла виконати зміщення щодо запрограмованого контуру, необхідно додати до вихідної траєкторії **прямолінійну** ділянку підведення. На цій ділянці відбувається активація автоматичної корекції радіусу інструменту. Більшості систем для активації корекції достатньо пройти відстань не меншу за величину радіусу інструменту.

Розглянемо, для приклада, КП обробки прямокутного контуру (рис. 14.1) фрезами Ø9 мм, Ø10 мм без АКРІ (робочі рухи по еквідистантному контуру), та КП з використанням АКРІ.

Обумовлені КП зведено до табл. 14.2.

Як, видно, з табл. 14.2, функція АКРІ дозволить, без проведення трудомістких змін, працювати по одній УП інструментами з різним діаметром (однак не рекомендується значне відхилення діаметру інструменту).

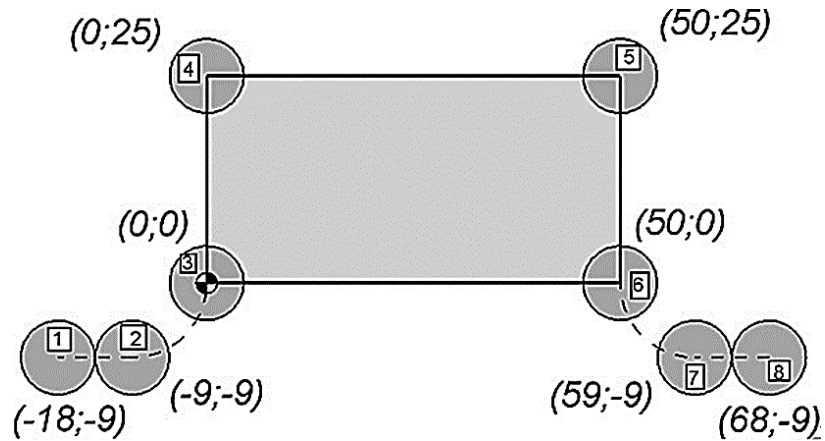


Рисунок 14.1 - Оброблюваний контур для фрези Ø9 мм.

Таблиця 14.2

Обумовлені КП

Точка №	Обробка фрезою Ø9 мм	Обробка фрезою Ø10 мм	Обробка фрезою Ø9 з використанням АКРІ
1	G00 X-22.5 Y-13.5	G00 X-24 Y-14	G00 X-18. Y-9
2	G01 X-13.5	G01 X-14	G41 D2 X-9
3	G03 X-4.5 Y-4.5 R4.5	G03 X-5 Y-5 R5	G3 X0. Y0. R9.
4	G01 X-4.5 Y29.5	G01 X-5 Y30	G01 Y25
5	G01 X54.5 Y29.5	G01 X55 Y30	G01 X50
6	G01 X54.5 Y-4.5	G01 X55 Y-5	G01 Y0
7	G03 X63.5 Y-13.5 R9	G03 X64 Y-14 R10	G03 X59 Y-9 R9
8	G01 G40 X72.5	G01 G40 X74	G01 G40 X68

Перевагами використання АКРІ можна назвати простоту керування розмірами деталі при обробці та можливість працювати безпосередньо з контуром деталі.

Функції керування шпінделем

Для керування обертанням шпинделя призначені допоміжні коди **M03** (по годинниковій стрілці) і **M04** (проти годинникової стрілки). В кінці програми обробки і перед зміною інструменту потрібно зупинити обертання шпинделя за допомогою команди **M05**.

Для призначення частоти обертання шпинделя використовується адреса **S** із числовим значенням, яке виражає швидкість обертання шпинделя в обертах за одну хвилину. Більшість СЧПК сприймають значення **S** тільки у вигляді цілого числа. Зазвичай код **M03** і **S** знаходяться в одному кадрі:

Nnn M03 Smmmm

Підготовчі команди, які впливають на роботу шпинделя:

- **G96** – постійна швидкість різання. Автоматично змінює швидкість обертання шпинделя для досягнення постійної швидкості різання. Бере ціле число **S**-адреси, яке інтерпретується як м/хв.

- **G97** – постійна швидкість обертання. Пристрою ЧПК дається завдання НЕ регулювати швидкість шпинделя в залежності від радіуса різання. Під час дії коду число адреси **S** виражається в об/хв. Режим швидкості за замовчуванням.

Функції керування подачею

Функція подачі використовує адресу **F**, за якою слідує число, що вказує на величину подачі при обробці:

- мм/хв – для фрезерної обробки;
- мм/об – для токарної обробки.

Для вірного трактування поняття подачі, необхідно розуміти два визначення:

- подача f – шлях, яких проходить інструмент за оберт шпинделя, мм/об;
- швидкість подачі V_f – величина, що відповідає переміщенню за проміжок часу, та у даному випадку визначається як відношення частоти обертання шпинделя до подачі, мм/хв:

$$V_f = n \times f.$$

Встановлена швидкість подачі залишається незмінною, до тих пір, поки не буде вказано нове числове значення разом з **F** або не буде змінено режим переміщень за допомогою **G00**.

Прискорене переміщення G00

Код **G00** використовується для прискореного переміщення. Прискорене переміщення, або позиціонування, необхідне для швидкого переміщення інструменту до позиції обробки або до безпечної позиції. Прискорене переміщення ніколи не використовується для виконання обробки, так як швидкість руху інструменту занадто висока, непостійна, а переміщення по вісям відбувається незалежно. Застосування коду **G00** дозволяє істотно знизити загальний час обробки.

Для виконання прискореного переміщення досить вказати в кадрі код **G00** і координати необхідної позиції. Умовно кадр прискореного переміщення виглядає так:

$$G00 X_{nn} Y_{nn} Z_{nn},$$

Завжди необхідно залишати невелику відстань між поверхнею заготовки та точкою, в яку повинен бути переміщений інструмент за допомогою коду

G00, щоб уникнути можливості зіткнення інструменту з заготовкою. Зазвичай безпечна відстань знаходиться в межах від 0,5 до 5 мм.

При прискореному переміщенні інструмента до деталі по трьох вісям спочатку краще виконати позиціонування по осях X і Y, а вже потім по Z, розділивши прискорене переміщення на два кадри. Це викликано тим, що при позиціонуванні з кодом **G00** по трьох осях одночасно траєкторія руху інструмента буде являти собою ломану лінію, а результатом такого переміщення може стати несподіване зіткнення інструменту з кріпильними елементами і пристосуваннями.

Лінійна інтерполяція G01

Код **G01** призначений для виконання переміщення інструменту по прямій лінії із заданою швидкістю. Умовно кадр для лінійної інтерполяції записується в такий спосіб:

$$G01 X_{nn} Y_{nn} Z_{nn} F_{nn}$$

Основна відмінність коду **G01** від **G00** полягає в тому, що при лінійній інтерполяції інструмент переміщається із заданою швидкістю (швидкістю робочої подачі **F**), при якій можлива механічна обробка матеріалу.

Колова інтерполяція G02 та G03

Код **G02** використовується для переміщення інструменту по дузі за годинниковою стрілкою, а **G03** - проти годинникової стрілки. Напрямок переміщення визначається, якщо дивитися на інструмент з боку шпинделя, в негативному напрямку осі Z. Як і при виконанні лінійної інтерполяції, в кадрі кругової інтерполяції необхідно вказати швидкість робочої подачі **F**.

Існують два способи для формування кадру кругової інтерполяції:

- вказання центра кола за допомогою **I, J, K**;
- вказання центра кола за допомогою **R**.

У першому випадку, для переміщення по дузі, вказують координати кінцевої точки та величини **I** (для X), **J** (для Y), **K** (для Z), які вказують на положення центру дуги відносно початкової точки руху у відносних величинах.

У другому випадку, вказують координати кінцевої точки та значення радіусу **R**. Значення **R** може бути від'ємне, у випадку, коли центральний кут дуги $> 180^\circ$.

Більшість сучасних верстатів з ЧПК підтримує обидва варіанта запису.

Для прикладу розглянемо переміщення інструменту з точки A в точку B із центром дуги у точці C (з рис. 14.2).

Кадр програми буде мати вигляд:

- для першого способу:

Nnn G02 X3 Y3 I3 J0

- для другого способу:

Nnn G02 X3 Y3 R3

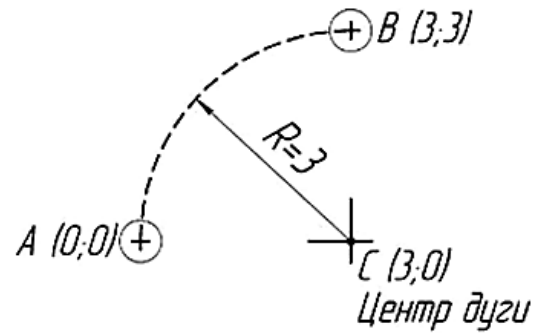
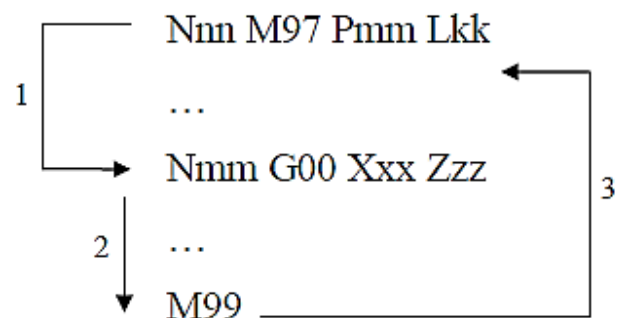


Рисунок 14.2 - Колова інтерполяція

Підпрограми

Мова G- і M-кодів, як і будь-яка інша мова програмування, дозволяє працювати з підпрограмами і здійснювати переходи між ними. За допомогою функції підпрограми основна (головна) КП може викликати з пам'яті іншу програму (підпрограму) і виконати її певне число раз. Якщо КП містить часто повторювану дію або працює за певним шаблоном, то використання підпрограм дозволить спростити програму обробки і зробити її набагато меншою в розмірі.

Існують два види підпрограм – внутрішні і зовнішні. **Внутрішні** підпрограми викликаються за допомогою коду **M97** і містяться всередині головної програми. Тобто вони знаходяться в одному файлі. **Зовнішні** підпрограми викликаються кодом **M98** і не містяться в тілі головної програми. У цьому випадку головна програма і підпрограма знаходяться в різних файлах.



Внутрішня підпрограма

виконується, коли СЧПК зустрічає в головній програмі код **M97**. При цьому, за допомогою адреси **P**, вказується номер **mm** кадру **N** поточної програми, в якому починається внутрішня підпрограма. Після переходу на кадр початку підпрограми, йде виконання команд до кадру з кодом закінчення підпрограми **M99**. Код **Lkk** в блоці **M97** приводить до повторення виклику підпрограми **kk** разів. По завершенню виконання внутрішньої підпрограми керування передається кадру головної програми, що йде за кадром, який викликав вже завершеної підпрограму. Приклад з кодом **M97** див. рис. 14.3.

Зовнішня підпрограма працює схожим чином, коли в головній програмі зустрічається кадр з кодом **M98**, то викликається підпрограма з номером **mmtt**, встановленим за допомогою адреси **P**. При знаходженні коду **M99** керування повертається до головної програми, тобто виконується кадр головної програми, наступний за кадром з **M98**. Відмінність лиш в тому, що зовнішня підпрограма знаходиться в окремому файлі. По суті, зовнішня підпрограма - це окрема програма з індивідуальним номером, яка при бажанні може бути виконана незалежно від головної програми.

Для виклику підпрограми необхідно, щоб вона перебувала в пам'яті СЧПК. Приклад з кодом **M98** наведено на рис. 14.4.

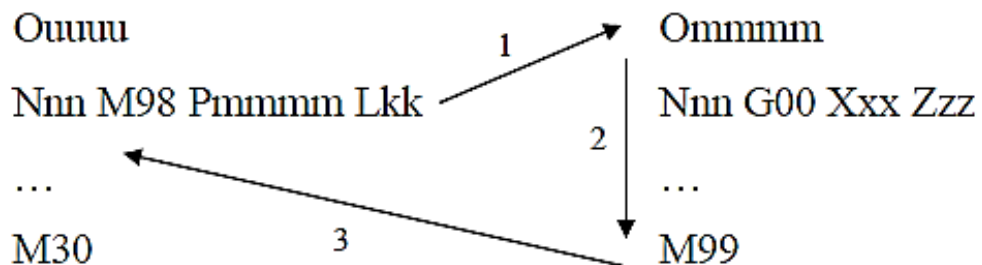


Рисунок 14.4 - Принцип роботи зовнішньої підпрограми.

Великою перевагою від використання підпрограм є можливість зручної і ефективної роботи з програмними масивами і шаблонами. Для прикладу, розглянемо КП обробки деталі, зображеної на рис. 14.5, з використанням головної програми (позиціонування інструменту до кожної групи отворів) та підпрограми (свердління чотирьох отворів в одній групі).

Розроблена КП приведена у табл. 14.2, в підпрограмі використовуються відносні координати, а зміна інструменту та основні команди знаходяться в головній програмі.

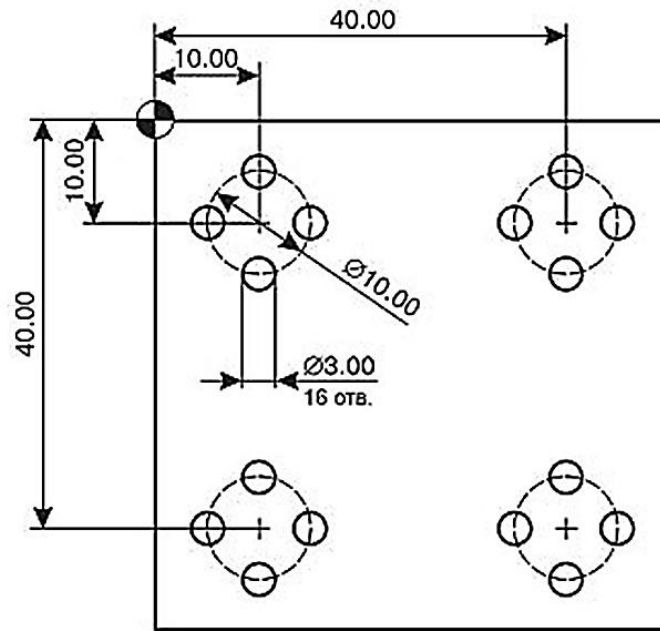


Рисунок 14.5 – Використання підпрограм для обробки об'єктів, які повторюються.

Таблиця 14.2

Розроблена КП

Головна програма	Підпрограма
%	%
O0001	O1000
N10 G90 G40 G80 G49 G98 G21	N10 G91
N20 T1 M06	N20 G99 G81 X5 Y0 Z-5 R0.5
N30 G43 H1	N30 X-5 Y-5
N40 M03 S1000	N40 X-5 Y5
N50 G00 X10 Y-10	N50 X5 Y5
N60 Z0.5	N60 G80
N70 M98 P1000	N70 G90
N70 G00 X40 Y-10	N80 M99
N80 M98 P1000	%
N90 G00 X10 Y-40	
N100 M98 P1000	
N110 G00 X40 Y-40	
N120 M98 P1000	
N130 G91 G28 Z0	
N140 M05	
N150 M30	
%	

14.2 Порядок виконання роботи

14.2.1 Завдання

Для обраної, відповідно до свого варіанту (Додаток К для ПЗ № 14) деталі:

- визначити основні та допоміжні рухи інструменту, необхідні для обробки;
- програмно описати контур деталі з використанням необхідних інтерполяцій.

14.3 Контрольні запитання

1. Який критерій розподілення кодів на модальні та немодальні?
2. Призначення та принцип використання строчки безпеки?
3. Як здійснити автоматичну зміну інструментів?
4. Які види корекції різального інструменту розрізняють?
5. Які коди та команди застосовують при управлінні шпінделем?
6. Як відбувається керування подачею?
7. Різниця між прискореною подачею G00 та лінійною інтерполяцією G01?
8. Які існують способи виконання колової інтерполяції G02/G03?
9. Принципи роботи внутрішніх і зовнішніх підпрограм?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 15

15. ПРОГРАМУВАННЯ ПОСТІЙНИХ ЦИКЛІВ ДЛЯ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Мета роботи: ознайомитись з правилами програмування постійних циклів для токарних верстатів з ЧПК.

15.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Постійними циклами називаються спеціальні макропрограми, закладені в СЧПК для виконання стандартних операцій механічної обробки. Ці цикли спрощують процес написання КП, роблять її читабельною, зменшують у розмірі і економлять час, так як дозволяють за допомогою одного кадру виконати безліч переміщень та задати масу специфічних параметрів.

Працювати з постійними циклами зручно, якщо необхідно внести зміни у програму. При роботі з програмою без постійних циклів доведеться редагувати її практично повністю, а у випадку з постійними циклами – достатньо змінити кілька параметрів.

Верстати з ЧПК можуть мати різноманітні цикли: від досить простих - для свердління, розточування і нарізування різьби до більш складних – для обробки контурів і кишень. Деякі цикли стандартизовані, хоча більшість з них розробляються виробниками верстатів і систем ЧПК самостійно, виключно для свого обладнання. Тому на різних верстатах однакові по суті цикли можуть записуватися по-різному, що звичайно ж ускладнює програмування. У цій лабораторній роботі розглядаються цикли для токарної обробки, які використовуються на переважній більшості сучасних верстатів з ЧПК.

Цикл чорнового точіння зі зняттям припуску вздовж вісі Z

Цикл викликається кодом **G71**, та дозволяє в чорнову проточити контур будь-якої складності, залишивши припуск під чистову обробку, причому окремо по осі **X** і **Z**. Кількість проходів в циклі розраховується через параметр величини знімання матеріалу, тобто не потрібно задавати кожен прохід окремо.

Також, при кожному проході автоматично обчислюється відведення по вісі **X**, що дозволяє заощадити машинний час.

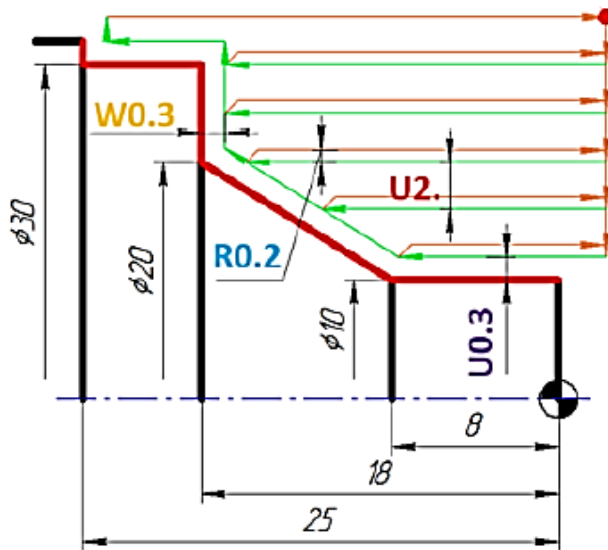
Оброблюваний контур програмується окремо від циклу, і прописується як звичайна траєкторія руху інструмента, що зручно для роботи та редагування.

Однак слід мати на увазі:

- не можна задавати швидкість подачі на окремі проходи;

- відстань між проходами фіксована для всього циклу;
- необхідно нумерувати рядки коду, які описують контур.

Приклад програмування циклу **G71**, згідно рис. 15.1.



```

N70 G00 X32 Z3
N80 G71 U2 R0.2
N90 G71 P100 Q150 U0.3 W0.3 F0.15
N100 G1 X10 Z0
N110 G1 Z-8
N120 G1 X20 Z-18
N130 G1 X30
N140 G1 Z-25
N150 G1 X32

```

Рисунок 15.1 – Принцип програмування циклу чорнового точіння зі зняттям припуску вздовж вісі Z.

Як, видно, у першому кадрі **N70** відбувається переміщення інструменту у стартову точку циклу. Сам постійний цикл **G71** записується у двох кадрах, **N80** та **N90**.

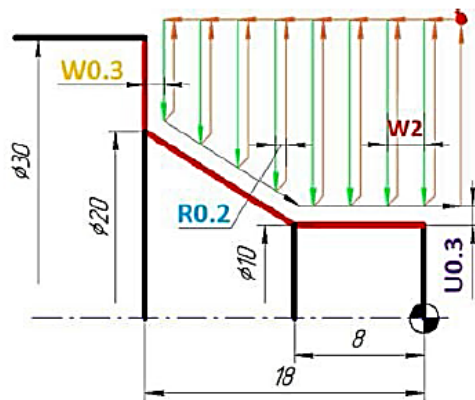
Параметри, які вказуються:

- U** – глибина різання (припуск, що знімається зв прохід);
- R** – величина відведення інструмента на допоміжних рухах;
- P** – номер першого кадру послідовності, яка описує контур деталі;
- Q** – номер останнього кадру послідовності, яка описує контур деталі;
- U** – величина припуску на чистову обробку по вісі X;
- W** – величина припуску на чистову обробку по вісі Z;
- F** – робоча подача інструменту. Також можна вказувати в цьому ж кадрі **S** (частота обертів шпінделя) та **T** (інструмент). Слід враховувати, що будь яка функція **F**, **S**, **T** у послідовності кадрів, які описують контр деталі (від **N100** до **N150** у прикладі), буде ігноруватися, діяти буде тільки вказана у кадрі із **G71**.

Цикл чорнового точіння зі зняттям припуску вздовж вісі X

Цикл викликається кодом **G72**, та має аналогічну структуру з циклом **G71**, тільки обробка ведеться в напрямку вісі X. Застосовуючи цей цикл дуже зручно обробляти фасонні торцеві поверхні. Даний цикл може застосовуватися при контурному розточуванні отворів. Приклад програмування циклу **G72**, згідно рис. 15.2.

Як видно, виклик циклу **G72** відрізняється від **G71** лише адресою **W** у кадрі **N80**, яка задає максимальну ширину припуску, що знімається.

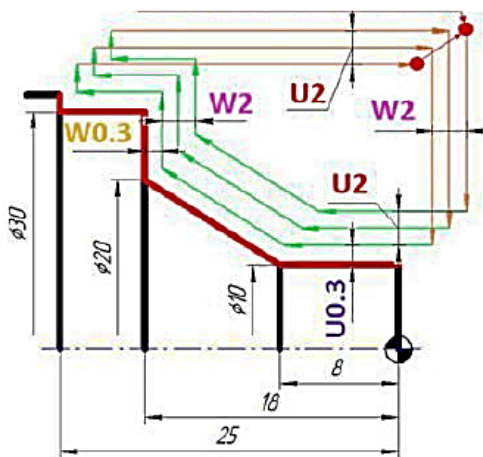


```
N70 G00 X32 Z3
N80 G72 W2 R0.2
N90 G72 P100 Q150 U0.3 W0.3 F0.15
N100 G1 X10 Z0
N110 G1 Z-8
N120 G1 X20 Z-18
N130 G1 X30
```

Рисунок 15.2. – Принцип програмування циклу чорнового точіння зі зняттям припуску вздовж вісі *X*.

Цикл чорнового контурного точіння

Цикл контурної обробки викликається кодом **G73**. Застосовується переважно для обточування деталей, які мають рівномірний припуск матеріалу по всьому периметру обробки (еквідистантно контуру деталі). Зазвичай під цей тип обробки потрапляють литі деталі, штамповки та поковки. Цикл має аналогічну структуру з попередніми циклами. Приклад програмування циклу **G73**, згідно рис. 15.3.



```
N70 G00 X32 Z3
N80 G73 U2 W2 R3
N90 G73 P100 Q150 U0.3 W0.3 F0.15
N100 G1 X10 Z0
N110 G1 Z-8
N120 G1 X20 Z-18
N130 G1 X30
N140 G1 Z-25
N150 G1 X35
```

Рисунок 15.3 – Принцип програмування циклу чорнового контурного точіння.

Як видно, цикл **G73** поєднує в собі цикли **G71** та **G72**, однак має один суттєвий нюанс - адреса **R** у кадрі **N80** задає кількість робочих проходів.

Цикл чистового точіння

Цикл чистової обробки викликається кодом **G70** та логічно доповнює і продовжує цикли **G71**, **G72**, **G73**. Він дозволяє зробити чистову

обробку контуру, після застосування циклів чорнової обробки, всього за один кадр. Як самостійний цикл використовувати його немає сенсу. На чистовий прохід можливо окремо запрограмувати режими різання – подачу **F**, частоту обертів шпінделя **S** та інструмент **T**.

Приклад програмування циклу **G70**, згідно рис. 15.4.

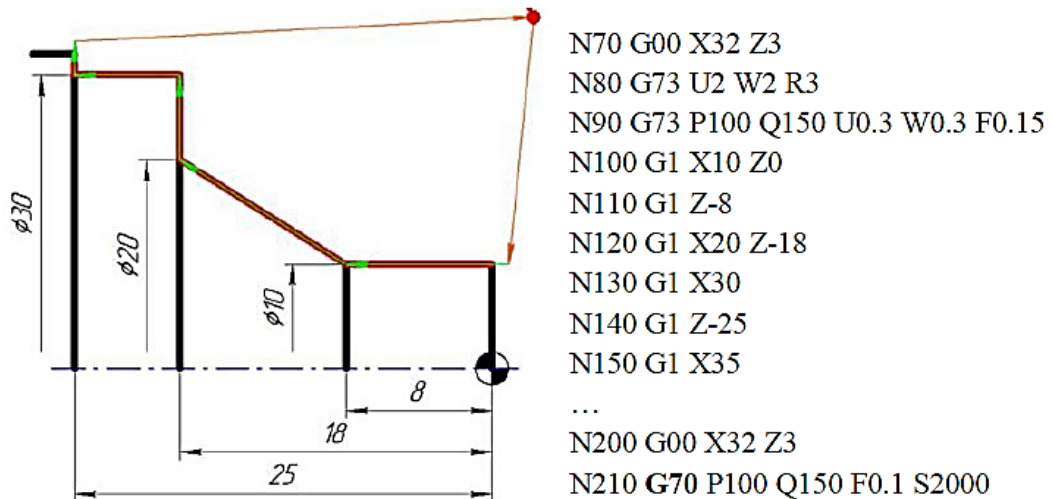


Рисунок 15.4 – Принцип програмування циклу чистового точіння.

Цикл автоматичної обробки торцевих канавок

Цикл автоматичної обробки торцевих канавок викликається кодом **G74**, та має декілька застосувань, починаючи від переривчастого свердління і закінчуючи торцюванням. При операціях циклом **G74** інструмент подається аксіально, а не радіально до торцевої поверхні заготовки.

Цикл **G74** має наступні недоліки:

- не можна задавати швидкість подачі на окремі проходи;
- відстань між проходами фіксована, для всього циклу;
- не передбачений чистовий прохід;
- при програмуванні необхідно враховувати ширину різальної пластини.

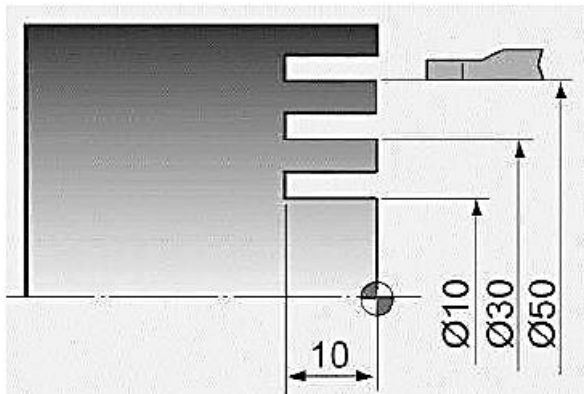
Використання циклу у якості циклу переривчастого свердління, а особливо при обробці глибоких отворів, підвищує ресурс свердла, запобігає перегріву, забезпечує плавну обробку з дробленням та видаленням стружки з оброблюваного отвору.

Приклад програмування циклу **G74**, згідно рис. 15.5. Параметри, які указуються:

–**R** – величина, на яку буде повертатися інструмент, після того, як пройде відстань, вказану у параметрі **Q**;

–**X** – діаметр останньої канавки, яку потрібно врізати (вказується, якщо є більше однієї канавки);

- Z** – глибина канавки;
- P** – відстань між канавками по вісі X (використовується, якщо є кілька канавок. Значення має бути введене як радіус, та у мікрометрах);
- Q** – довжина робочого ходу інструменту, перед кожним відводом (у мікрометрах);
- F** – робоча подача інструменту.



```
N30 G00 X50 Z1
N40 G74 R1
N50 G74 X10 Z-10 P10000 Q3000 F0.1
```

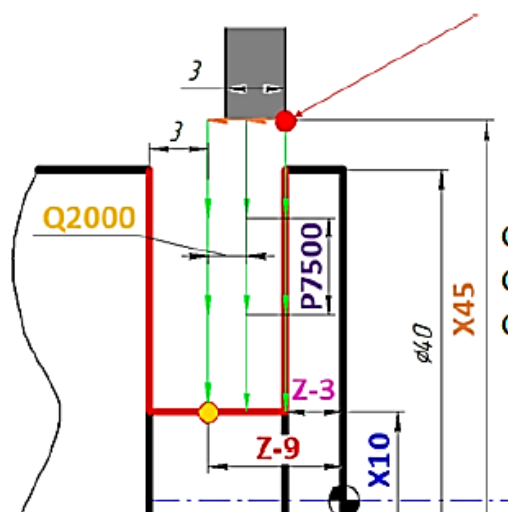
Рисунок 15.5 – Принцип програмування циклу автоматичної обробки торцевих канавок.

Результатом роботи циклу, приведеного на рис. 15.5, буде виведення різця на 1 мм (**R1**) кожні 3 мм робочого ходу (**Q3000**), на протязі 10 мм (**P10000**).

Цикл автоматичної обробки радіальних канавок

Цикл обробки радіальних канавок викликається кодом **G75**. Дозволяє запрограмувати прямокутну канавку довільного розміру. Також, використання циклу покращує процес виведення стружки з канавки, може використовуватися для відрізання заготовки.

Цикл має аналогічну структуру з циклом G74. Приклад програмування циклу **G75**, згідно рис. 15.6.



```
G00 X45 Z-3
G75 R0.5
G75 X10 Z-9 P7500 Q2000 F0.15
```

Рисунок 15.6 – Принцип програмування циклу автоматичної обробки радіальних канавок.

Багатопрхідний цикл автоматичного нарізання різьби

Цикл багатопрхідної обробки канавок викликається кодом **G76**, він спеціально розроблений для нарізання різьби на токарних верстатах за допомогою різця. Циклом **G76** можна запрограмувати нарізання зовнішньої і внутрішньої різьби будь-якого діаметру і кроку (у тому числі конічну), обумовити збіг різьби. Розрахунок чорнових проходів проводиться автоматично. Цикл дозволяє запрограмувати чистові проходи.

Приклад програмування циклу **G76**, згідно рис. 15.7.

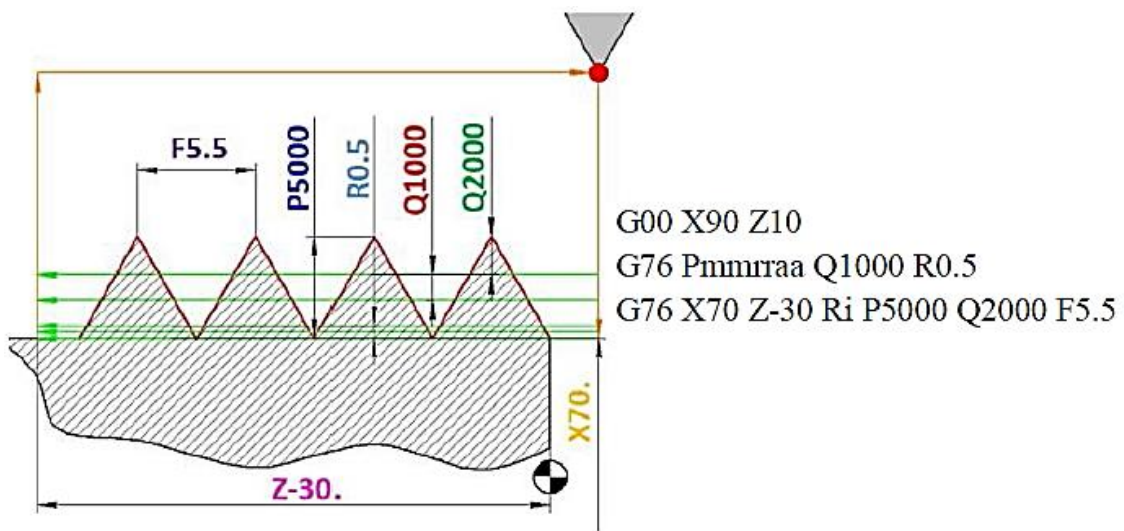


Рисунок 15.7 – Принцип програмування багатопрхідного циклу автоматичного нарізання різьби.

Перший кадр циклу містить три параметри. Перший параметр **P** (рис. 15.8) в ньому комплексний і визначає відразу три параметри: кількість чистових проходів **mm**, величину збігу різьби **rr** і кут врізання **aa**. Задається буквою **P** і трьома двозначними числами, які повинні бути написані разом, наприклад «**P020060**».

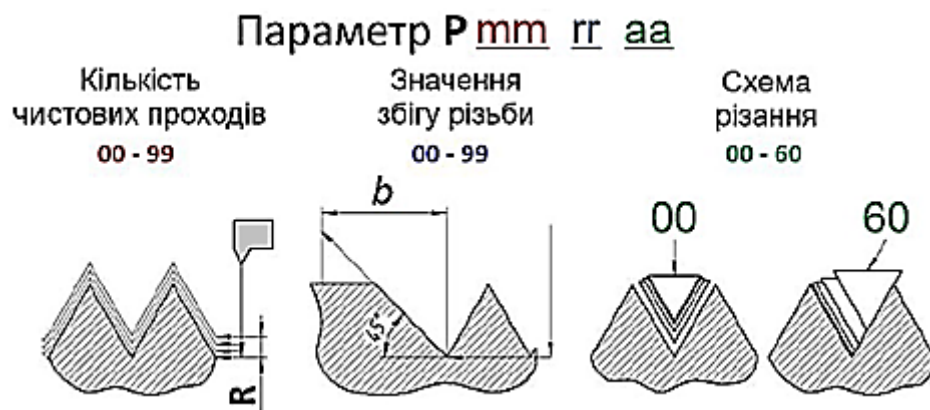


Рисунок 15.8 – Вибір значень параметрів циклу G76.

Кількість чистових проходів **mm** як правило складає від «01» до «03» і підбирається досвідним шляхом.

Величину збігу різьби **rr** необхідно вказувати для більш плавного виходу різця з матеріалу. Якщо на деталі передбачена канавка під вихід різця, то значення цього параметра приймається рівним «00». Параметр може приймати будь-які цілі значення в інтервалі від «00» до «99». Значення **rr** розраховується за формулою, в залежності від довжини самого збігу **b**, по формулі:

$$rr = 10 \cdot \frac{b}{F}$$

Параметр кута врізання **aa** передбачає радіальне і бічне врізання. Радіальне врізання застосовується на різьбових різцях, які мають низьку бічну жорсткість для забезпечення розподіленого навантаження на різець. У випадку нарізання різьби великої глибини, доцільніше застосовувати бічне врізання. Завдяки цьому знижується площа контакту кромки різця із заготовкою та зменшується дроблення обробленої поверхні. Даний параметр може приймати значення від

«00» до «99», в залежності від кута профілю різьби, яка нарізується. Для метричної різьби не більше «60».

Параметр **Q** відповідає величині мінімальної глибини різання, тобто матеріалу який знімається при проходах, які слідує за першим проходом. Задається в мікрометрах.

Параметр **R** зазначає величину припуску на чистовий прохід, задається в міліметрах. При програмуванні слід пам'ятати, що припуск на чистовий прохід **R** розділиться на таку кількість чистових проходів **mm**, яку ми вказуємо в параметрі **P**:

$$R = r \times mm,$$

де **R** - розмір припуску на чистовий прохід; **r** - величина одного чистового проходу; **mm** - кількість чистових проходів.

Розглянемо параметри у другому кадрі циклу.

X та **Z** вказують на координати кінцевої точки різьби. **X** відповідає внутрішньому діаметру різьби. Його можна розрахувати за формулою:

$$X = D - 2 \times P,$$

де **D** - номінальний діаметр різьби, мм;

P - висота профілю різьби.

Висота профілю **P** метричної різьби розраховується за формулою:

$$P = F \times 0,542,$$

де F - крок різьби.

Параметром Z задається довжина різьби.

Ri величина конусності різьби (якщо ϵ). Визначається за формулою:

$$i = \frac{d_s - d_e}{2},$$

де d_s – початковий діаметр різьби, мм;

d_e – кінцевий діаметр різьби, мм.

Параметр **P5000** задає висоту профілю різьби, в мікрометрах.

Величина припуску, який знімається при першому проході, вказується через параметр **Q**. Параметр також задається в мікрометрах.

F - це крок різьби. За фактом цей параметр позначає подачу, а так як на токарному верстаті подача задається у мм/об, то подача дорівнює кроку різьби.

15.2 Порядок виконання роботи

15.2.1 Завдання

Для обраної, відповідно до свого варіанту (Додаток К для ПЗ № 15), деталі розробити постійні цикли:

- чорнового точіння;
- чистового точіння;
- обробки канавок;
- цикл нарізання різьби.

15.3 Контрольні запитання

1. Що являють собою постійні цикли? Які переваги їх використання?
2. Які бувають цикли чорнового точіння? Принцип їх програмування?
3. Принцип програмування циклу чистового точіння?
4. Які бувають цикли автоматичної обробки канавок? Які переваги їх використання? Для яких ще операцій можливе використання циклів?
5. Структура циклу багатопрохідного нарізання різьби?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 16

16. РОЗРОБКА КП ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Мета роботи: навчитися складати КП для токарної операції, визначати необхідні технологічні умови.

16.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Розробка КП для верстата з ЧПК завжди починається із вивчення креслення деталі. На цьому, стартовому, етапі технолог-програміст проводить оцінку деталі на технологічність, визначає можливість обробки деталі наявному на підприємстві обладнанні із забезпеченням необхідної якості, у необхідній кількості і у визначені строки.

Також визначається наявність різального інструменту необхідної конфігурації, допоміжного інструменту, верстатного оснащення та вимірювального інструменту. У разі відсутності, або не відповідності наявного на підприємстві інструменту вимогам – необхідно замовляти (чи навіть проектувати заново) перелічені інструменти і оснащення на інших підприємствах.

Те саме стосується і вибору заготовок необхідних розмірів та визначеного матеріалу.

Опрацювавши перелічені етапи технологічної підготовки виробництва, можна приступати до розробки КП.

Вибір верстату

На сьогодні, виробники токарних верстатів з ЧПК по всьому світі пропонують велику кількість моделей які поділяються за:

- габаритами робочого простору;
- наявністю та ємністю інструментального барабану;
- наявністю контршпінделя;
- подовженням станини;
- додатковим обладнанням (автоманіпулятор для заготовок, система подавання прутків, тощо).

Тож виходячи з номенклатури оброблюваних деталей на підприємстві, а саме із габаритів деталей - максимального діаметру (висота вісі обертання шпінделя над станиною) та довжини (ефективна довжина станини), можна обрати конкретну модель верстату серед представленого модельного ряду виробників.

Пристосування

Переважає більшість токарних верстатів з ЧПК використовуються із токарними 3-х або, рідше, 4-х кулачковими патронами. Однак при використанні автоматизованої системи подачі прутків, часто встановлюють цанговий затискний патрон. Деталі великої довжини оброблюються з підтисканням центром, або ж навіть з підтримкою люнетом.

Заготовка

Для токарних операцій, частіше за все, використовують у якості заготовки прутки із необхідного матеріалу. Діаметри прутків стандартизовані, та обираються з урахуванням припуску на обробку.

Рідше використовуються штучні заготовки, отримані куванням.

Інструмент та режими різання

По аналогії із токарними верстатами, різальний інструмент також представлений великою кількістю виробників.

Для раціонального вибору комплекту інструменту для обробки деталі, необхідно розділити поверхні за типом (торець, зовнішня циліндрична поверхня, внутрішня циліндрична поверхня, різьба, канавка), визначитися із розподіленням припуску на чорнову і чистову обробку, і вже виходячи з цього підбирати інструмент на кожен технологічний перехід.

На токарних верстатах з ЧПК переважно використовуються різці з механічним кріпленням змінної різальної пластини. Підбір токарних різців виконують за каталогами фірм-виробників, у яких різці класифіковані за:

- призначенням;
- розміром та формою хвостовика державки;
- довжиною;
- видом кріплення змінної різальної пластини, кутом в плані;
- формою та типорозміром змінної різальної пластини;
- напрямком різання (лівий, правий, нейтральний). Позначення державки різця має вигляд, наприклад:

PCLNR 3025M12-Q,

де P – система кріплення змінної різальної пластини;

C – форма змінної різальної пластини;

L – кут в плані;

N – задній кут пластини;

R – напрямок різання;

30 – висота хвостовика;

25 – ширина хвостовика;

M – довжина інструменту;

12 – довжина різальної кромки;

Q – допустимі відхилення розмірів різця.

Матеріал змінної різальної пластини різця та її геометрія обирається в залежності від характеристик оброблюваного матеріалу.

Рекомендовані режими різання, зокрема подача та швидкість різання, зазвичай також приведені у каталогах виробників. Також приводиться інформація щодо необхідності використання МОР, та її тип.

Вибір режимів різання виконують для кожного переходу.

Траєкторія руху інструменту та розробка КП

Розробка КП токарної операції з ЧПК починається з позначення «нуля деталі» на заготовці, та визначення системи координат. Це допоможе у правильному визначенні вузлових точок деталі, та зменшить кількість можливих помилок.

Далі, слід визначитися із послідовністю обробки поверхонь. Існують рекомендації щодо обумовленої послідовності:

- 1) чорнова обробка основних поверхонь деталі (підрізка торців, точіння зовнішніх поверхонь та розточування внутрішніх);
- 2) обробка додаткових поверхонь деталі;
- 3) чистова обробка основних поверхонь.

Бувають випадки, коли обробити деталь за одну установку неможливо. Це також варто мати на увазі і враховувати при проектуванні токарної операції.

Розробку операції механічної обробки з ЧПК зручно виконувати із поетапним зображенням ескізу оброблюваної деталі після кожного переходу, позначаючи при цьому рухи інструменту. На цьому етапі визначають точки безпечного виводу інструменту, розподіляють робочі та прискорені рухи.

Важливими моментами при розробці КП є кодування всіх інструментів, які використовуються, визначення допоміжних команд, які будуть використовуватися, визначення можливості та доцільності використання постійних циклів або підпрограм.

16.2 Порядок виконання роботи

16.2.1 Завдання

Для обраної, відповідно до свого варіанту (Додаток К для ПЗ № 16), деталі розробити технологічну операцію з ЧПК із вказанням наступних умов:

- вибір верстата;
- вибір пристосування, схеми базування;
- вибір заготовки;

- підбір комплекту інструменту, режимів різання для кожного переходу;
- розробка операційних ескізів на кожен перехід;
- розробка КП.
- Матеріал деталі вказується викладачем. За результатами роботи скласти звіт.

16.3 Контрольні запитання

1. Порядок розробки операції механічної обробки з ЧПК?
2. Критерії підбору токарного верстата з ЧПК?
3. Які пристосування використовуються на токарних верстатах з ЧПК?
4. Які бувають системи механічного кріплення змінних різальних пластин на токарних різцях?
5. Яка рекомендована послідовність обробки поверхонь на токарній операції?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 17

17. ПРОГРАМУВАННЯ ПОСТІЙНИХ ЦИКЛІВ ПРИ ФРЕЗЕРНІЙ, БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ОБРОБЦІ НА ВЕРСТАТАХ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

Мета роботи: ознайомитися з правилами програмування постійних циклів для фрезерних верстатів з ЧПК.

17.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

У цій практичній роботі розглядаються цикли обробки отворів для фрезерної та багатоінструментальної обробки, які використовуються на переважаючій більшості сучасних верстатів з ЧПК, табл. 17.1.

Таблиця 17.1

Цикли обробки отворів

Команда	Опис
G80	Відміна постійного циклу
G81	Стандартний цикл свердління
G82	Свердління с витримкою
G83/G73	Цикл переривчастого свердління
G84/G74	Цикл нарізання різьби
G85/G86/G76/G87/G88/G89	Цикл розточування

При розробці КП механічної обробки отворів з використанням постійних циклів важливо мати уявлення, що таке **вихідна площа** і **площина відведення** (рис. 17.1). Ці площини визначають і управляють переміщеннями по осі **Z** між отворами.

Площина відведення – це координата по осі **Z**, з якої починається переміщення на робочій подачі, та в яку інструмент повертається після того, як досяг дна оброблюваного отвору. Робота із **площиною відведення** відбувається через код **G99**, а величина відведення встановлюються **R**-адресою циклу.

Вихідна площа – це координата по осі **Z** у якій розташовується інструмент перед викликом постійного циклу. Для роботи з вихідною площиною використовується код **G98**.

Позначення переміщень через код **G98** застосовується, коли потрібно збільшити відстань відведення інструменту, з метою уникнення зіткнення з деталлю чи верстатним оснащенням. Коли можливість зіткнення інструмента з деталлю відсутня, зазвичай використовують код **G99**, який дозволяє скоротити час обробки великої кількості отворів. У цьому випадку інструмент буде переміщуватися між отворами і виводиться вгору в кінці циклу до координати **Z**, встановленої **R**-словом даних.

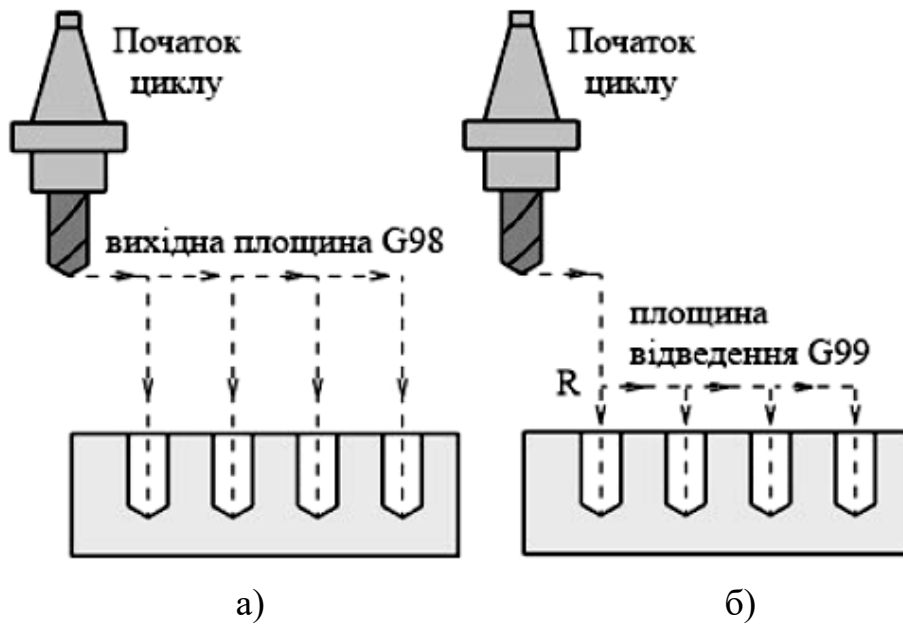


Рисунок 17.1. – Вихідна площина (а) та площина відведення (б).

Встановлювати площину відведення дуже високо не варто, інакше свердло на робочій подачі переміщуватиметься надто довго.

Цикл свердління

Цикл викликається кодом **G81**, та дозволяє обробити декілька однотипних отворів, вказуючи лише їх координати. Типовий запис цього циклу:

G99 G81 X10.0 Y15.3 Z-3.0 R0.5 F50,

де: адреси **X** і **Y** визначають координати отворів, які обробляються;

адреса **Z** вказує глибину свердління;

адреса **R** застосовується для встановлення площини відведення.

У наступних кадрах КП послідовно вказуються координати отворів, які мають бути оброблені, без вказання жодних інших кодів та параметрів (постійні цикли та його параметри є модальними). Після кадру, у якому вказано координати останнього отвору, необхідно вказати код **G80** – скасування постійного циклу, інакше всі наступні координати в КП, будуть вважатися координатами оброблюваних отворів.

Цикл свердління з витримкою

Цикл свердління з витримкою викликається командою **G82**. Функціонування цього циклу схоже зі стандартним циклом свердління **G81**. Різниця полягає в тому, що у циклі **G82** ми маємо змогу запрограмувати час витримки інструменту на дні отвору. Цикл **G82** зручно часто використовувати для обробки глухих отворів свердлінням, так як запрограмований час витримки забезпечить видалення стружки із дна отвору. Час витримки

встановлюється адресою **P**, вказується в 1/1000 сек, без десяткової крапки. Наприклад, цикл свердління з витримкою на дні отвору на протязі 6,5 секунд буде мати вигляд:

G82 X10.0 Y15.3 Z-3.0 P6500 R0.5 F50

Цикл переривчастого свердління

Код **G83** викликає цикл переривчастого свердління. Переривчасте свердління часто використовується при обробці глибоких отворів. Якщо при звичайному свердлінні інструмент на робочій подачі переміщується на дно отвору безперервно, то в циклі переривчастого свердління інструмент піднімається вгору через певні інтервали для видалення стружки. Якщо свердлити глибокий отвір (глибина отвору більше трьох діаметрів свердла), то є імовірність, що стружка не встигне вийти з отвору і інструмент зламається.

Формат кадру для циклу переривчастого свердління **G83** схожий на формат звичайного циклу свердління:

G83 X10.0 Y15.0 R3 Z-20 Q5 F80,

де **Q** – адреса, яка визначає відносну глибину кожного робочого ходу свердла.

В цьому випадку свердління відбуватиметься за алгоритмом, рис. 17.2:

- 1) свердло від початкової площини переміщується до площини відведення (**R3**) на прискореній подачі;
- 2) від площини відведення **R** свердло подається на глибину 5 мм (**Q5**) зі швидкістю подачі (**F80**);
- 3) свердло прискореним ходом переміщується до площини відведення **R**;
- 4) свердло прискореним ходом переміщується до раніше досягнутої позиції по глибині (або трохи не доходить до цієї глибини для уникнення зіткнення свердла з матеріалом деталі);
- 5) свердло подається на глибину 10 мм (5+5) зі швидкістю подачі (**F80**);
- 6) кроки 3, 4 та 5 повторюються до тих пір, поки свердло не досягне координати **Z-20**.



Рисунок 17.2. – Принцип роботи циклу переривчастого свердління.

Деякі системи ЧПК дозволяють виконувати високошвидкісний цикл переривчастого свердління **G73**, який працює аналогічно циклу **G83**. Єдина різниця полягає в тому, що при високошвидкісному циклі **G73** свердло для

видалення стружки виводиться з отвору не повністю. Це дозволяє скоротити машинний час обробки. Формат кадру для високошвидкісного циклу уривчастого свердління:

G73 X10.0 Y10.0 Z-25.0 Q2.0 R0.5 F45

Цикл нарізання різьби

Код **G84** використовується для виклику циклу нарізання різьби. В цьому випадку при кожній подачі вісі Z на значення кроку мітчика, шпиндель повертається на один оберт. Коли мітчик досягає дна отвору, шпиндель, обертаючись у зворотному напрямку, виводить мітчик з отвору. Система ЧПК самостійно синхронізує подачу і швидкість обертання шпинделя для запобігання пошкодження різьби та поломки інструменту.

Формат кадру для циклу нарізання різьби **G84** наступний:

G98 **G84** X10.0 Y15.0 R3 Z-12 F100

Код **G74** викликає цикл нарізування лівої різьби за допомогою мітчика. Формат цього циклу аналогічний формату для **G84**. Єдина різниця між цими двома циклами полягає в напрямку обертання шпинделя.

G98 **G74** X10.0 Y10.0 Z-6.0 R10.0 F10

Деякі системи ЧПК дозволяють програмувати цикли нарізування різьби за кілька робочих операцій, аналогічно циклу переривчастого свердління. При нарізанні різьби за допомогою постійних циклів верстата програмісту слід виявляти особливу увагу, призначаючи режими різання та глибину обробки.

Цикл розточування

Код **G85** викликає стандартний цикл розточування. Операція розточування використовується для отримання отворів високої точності з гарною чистотою поверхні. Як інструмент використовується розточувальний патрон з налаштованим на певний радіус різцем. Формат для циклу **G85** схожий на формат циклу свердління:

G98 **G85** X10.0 Y10.0 Z-10.0 R10.0 F30

Цикл **G85** виконує переміщення різця до дна отвору на робочій подачі з обертанням шпинделя. Коли різець досягає дна, інструмент виводиться з отвору також на робочій подачі.

Існує безліч різновидів циклів розточування, які відрізняються один від одного поведінкою під час виведення інструменту з обробленого отвору. У табл. 17.2 наведено найпоширеніші розточувальні цикли.

Таблиця 17.2

Найпоширеніші розточувальні цикли.

Цикл розточування	Опис циклу
G85	Стандартний розточувальний цикл. Інструмент вводиться в отвір на робочій подачі. При досягненні заданої координати інструмент виводиться з отвору на робочій подачі.
G86	При досягненні дна отвору шпиндель припиняє обертатись і виводиться з отвору на прискореній подачі. На обробленій бічній поверхні (стінці) отвору, швидше за все, залишиться вертикальна риска.
G76	При досягненні дна отвору розточний різець орієнтується певним чином, і зсувається від обробленої бічної поверхні (стінки) отвору і виводиться на прискореній подачі. Для правильної роботи з цим циклом необхідно правильно зорієнтувати інструмент під час налаштування та встановлення, інакше можна зламати інструмент або зіпсувати деталь.
G87	Поведінка циклу може бути різною. В одних верстатів цей цикл виконує розточування за кілька робочих операцій, аналогічно циклу переривчастого свердління. У інших верстатів шпиндель зупиняється на дні отвору та виводиться з нього вручну. На більшості сучасних верстатах з ЧПК є циклом зворотного розточування.
G88	Аналогічно G87. На дні отвору можна встановити час витримки
G89	Аналогічно G85. На дні отвору можна встановити час витримки

17.2 Порядок виконання роботи**17.2.1 Завдання**

Для обраної, відповідно до свого варіанту (Додаток Л для ПЗ № 17), деталі розробити постійні цикли:

- свердління, свердління з витримкою, переривчастого свердління;
- нарізання різьби.

За завданням викладача розробити цикл розточування.

Передбачити варіанти КП як і з програмуванням через вихідну площину, так і через площину відведення.

17.3 Контрольні запитання

1. Дати визначення поняттям «вихідна площина» та «площина відведення».
2. Які бувають цикли свердління? Принцип їх програмування?
3. Принцип програмування циклу нарізання різьби?
4. Які бувають цикли розточування? Які принципові відмінності між ними?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 18

18. РОЗРОБКА КП ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЇ, БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Мета роботи: навчитися складати КП для фрезерної та багатоінструментальної операції, визначати необхідні технологічні умови.

18.1 Основні теоретичні положення по темі заняття

Вибір верстату

Виробники фрезерних верстатів з ЧПК – обробних центрів, пропонують велику кількість моделей, які поділяються за:

- габаритами робочого простору;
- типом та ємністю інструментального барабану;
- наявністю 4-ї та 5-ї вісі;
- конусом шпинделя верстату;
- додатковим обладнанням (пристрій зміни палет, вимірювальний щуп).

Базовий конус верстата – вихід шпинделя, виконаний відповідно до одного із стандартних варіантів. Розрізняють метричні конуси (7:24 або ISO 7388.1), конуси Морзе (старі моделі фрезерних верстатів або свердлильна група), HSK (сучасні верстати, призначені для високошвидкісної обробки).

Верстати можуть мати різні базові конуси шпинделя, а різальний інструмент, у свою чергу, виготовляється з різними видами хвостовиків. Для суміщення цих різних конструктивних елементів використовується допоміжний інструмент – фрезерні оправки та патрони. Основна задача допоміжного інструменту – надійна фіксація різального інструменту в шпинделі та передача йому крутного моменту від верстату.

Патрони забезпечують найкраще центрування та зазвичай використовуються для затискання різальних інструментів невеликого розміру. Розрізняють патрони з механічним кріпленням різального інструменту (для сверدل, інструментів з конічними хвостовиками типу конусів Морзе, Whistle Notch, Weldon та ін.) і патрони з затискною частиною, що пружно-деформується (цангові, гідромеханічні, гідропластові та ін.).

Слід приділяти належну увагу допоміжному інструменту, тому що від нього залежать: стійкість різального інструменту, стабільність технологічного процесу, точність та якість обробки.

Пристосування

У дрібносерійному виробництві широко використовуються на фрезерних верстатах універсальні пристосування – машинні лещата, клинові або Г-подібні прихвати.

Серійне виробництво характеризується вже використанням спеціальних та спеціалізованих пристосувань, конструкція яких продиктована специфікою оброблюваних деталей.

Заготовка

У якості заготовки для фрезерних операцій часто використовують сортовий прокат (листи, прутки), який задовольняє розміри майбутньої деталі.

У крупносерійному виробництві розповсюджене литво, ковани або штамповані деталі.

Інструмент та режими різання

Різноманіття існуючих фрез, представлених фірмами-виробниками, в повній мірі відповідає технологічним можливостям фрезерного верстату з ЧПК.

При виборі фрези технолог насамперед керується такими параметрами:

- діаметр та довжина робочої частини;
- форма профілю робочої частини;
- матеріал робочої частини;
- кількість зубців (різальних граней);
- форма та розмір кріпильної частини.

Як і у випадку з токарними різцями, для вибору комплекту фрез для обробки деталі, необхідно розділити поверхні за типом (торцеві площини, зовнішній контур, внутрішній контур (карман), отвір, різьба, паз), визначитися із розподіленням припуску на чорнову і чистову обробку, і вже виходячи з цього підбирати інструмент на кожен технологічний перехід.

На фрезерних верстатах з ЧПК використовуються як фрези з механічним кріпленням змінних різальних пластин, так і суцільнометалеві фрези. Підбір виконують за каталогами фірм-виробників.

Матеріал змінних різальних пластин фрези та її геометрія обирається в залежності від характеристик оброблюваного матеріалу.

Рекомендовані режими різання, зокрема подача та швидкість різання, зазвичай також приведені у каталогах виробників. Також приводиться інформація щодо необхідності використання МОР, та її тип. Вибір режимів різання виконують для кожного переходу.

При фрезеруванні розрізняють хвилинну подачу, подачу на зуб та подачу на оберт фрези. Це треба мати на увазі, для уникнення помилок.

Подача на зуб Fz (мм/зуб) – величина переміщення фрези або столу верстату із заготовкою за час оберту фрези на один зуб.

Подача на зуб Fo (мм/об) – величина переміщення фрези або столу верстату із заготовкою за час одного повного оберту фрези. Тобто:

$$Fo = Fz \cdot Z,$$

де Z – кількість зубців фрези, шт.

Хвилинна подача Fm (мм/хв) – величина відносного переміщення фрези або столу верстату із заготовкою за одну хвилину. Розраховується за формулою:

$$Fm = Fo \cdot N = Fz \cdot Z \cdot N,$$

де N – частота обертів шпінделя, об/ хв.

Траєкторія руху інструменту та розробка КП

По аналогії із токарною операцією, розробка КП фрезерної операції з ЧПК також починається з позначення «нуля деталі» на заготовці, та визначення системи координат. Також виконується комплект операційних ескізів, із зображенням рухів інструменту.

Також слід зазначити, що коли програміст задає глибину свердління у програмі обробки, він повинен розраховувати її щодо крайньої кромки свердла. Дуже часто на кресленнях глибина отвору вказується щодо прямої частини свердла. У цьому випадку необхідно зробити нескладний розрахунок для знаходження висоти H крайньої кромки (рис. 18.1) та додати отриману величину до розміру на кресленні, при указанні переміщення по вісі Z в КП.

Висота кромки свердла H розраховується за формулою:

$$H = \frac{R}{\tan \frac{L}{2}}$$

де R – радіус свердла, мм;

L – кут при вершині свердла, град.

Також не буде зайвим задавати невеликий перебіг інструменту (0,5...1,0 мм) при обробці наскрізних отворів.

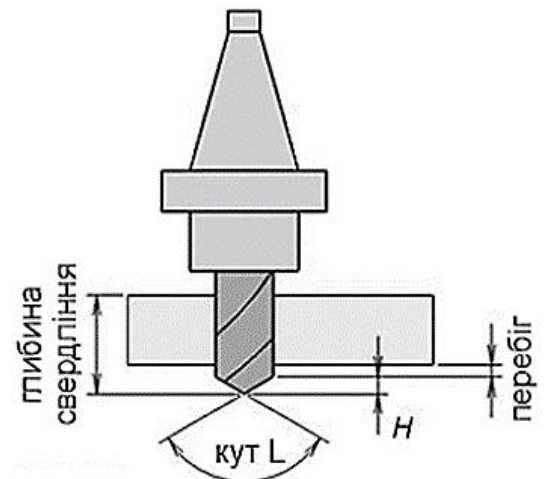


Рисунок 18.1 - До розрахунку глибини свердління.

18.2 Порядок виконання роботи

18.2.1 Завдання

Для обраної, відповідно до свого варіанту (Додаток Л для ПЗ № 18), деталі розробити технологічну операцію з ЧПК із вказанням наступних умов:

- вибір верстату;
- вибір пристосування, схеми базування;
- вибір заготовки;
- підбір комплекту різального та допоміжного інструменту, режимів різання для кожного переходу;
- розробка операційних ескізів на кожен перехід;
- розробка КП.

Матеріал деталі вказується викладачем. За результатами роботи скласти звіт.

18.3 Контрольні запитання

1. Критерії підбору фрезерного обробного центру з ЧПК?
2. Які пристосування використовуються на фрезерних верстатах з ЧПК?
3. Яким технічним рішенням забезпечується встановлення різального інструменту у шпіндель фрезерного верстату з ЧПК?
4. Яка рекомендована послідовність обробки поверхонь на фрезерній операції?

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Інтегровані технології обробки матеріалів: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.П. Нерубацький, О.М. Мельник. – Харків: УкрДУЗТ, 2016.
2. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019.
3. Попович В.В., Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. - Львів: Світ, 2006.
4. Равська Н.С., Мельничук П.П., Касьянов А.Г., Родін Р.П., технологія інструментального виробництва: Підручник. -Житомир: ЖІТІ, 2001
5. Середюк В.С. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент. – К.: Освіта України, 2006.
6. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Навч. посібник. В.Л. Пахаренко, М.М. Марчук, О.В. Пахаренко. Рівне: НУВГП, 2018
11. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.
12. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Програмування в системі Heidenhain TNC 640 : навчальний посібник – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 80с.
13. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням : Навч. посіб. / Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с.

ДОДАТКИ

для виконання практичних робіт

ДОДАТОК А

1. Вибір верстата. В залежності від виду технологічної операції, яку виконуємо, використовуємо відповідні моделі верстатів, які вказані в табл. А.1–А.5.


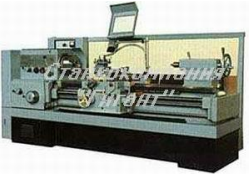
Таблиця А.1

Токарні верстати

№ з/п	Модель верстата	Основні характеристики	
		Параметри верстатів	Показники
1	2	3	4
1.	ДЕКА СО632Ах1000 	Максимальн. діаметр обробки над станиною, <i>мм</i>	330
		Максимальн. діаметр обробки над супортом, <i>мм</i>	198
		Максимальна довжина оброблюваної заготовки (відстань між центрами), <i>мм</i>	450
		Частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$.	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000
		Розмір перетину державки інструменту, <i>мм</i>	20x20
		Робочі подачі по осі "X", <i>мм/об.</i>	0,078; 0,109; 0,155; 0,218; 0,308; 0,434; 0,612; 0,864; 1,218
		Робочі подачі по осі "Z", <i>мм/об.</i>	0,022; 0,031; 0,043; 0,062; 0,087; 0,122; 0,173; 0,244
		Потужність головного двигуна, <i>кВт</i>	1,5
		Коефіцієнт корисної дії, η	0,75
		Осьова сила, що допускається міцністю механізму подач, $[P_o]$, <i>Н</i>	6000
2.	ДЕКА С616-1D 	Максимальн. діаметр обробки над станиною, <i>мм</i>	320
		Максимальн. діаметр обробки над супортом, <i>мм</i>	198
		Максимальна довжина оброблюваної заготовки (відстань між центрами), <i>мм</i>	750
		Частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$.	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000
		Розмір перетину державки інструменту, <i>мм</i>	20x20
		Робочі подачі по осі "X", <i>мм/об.</i>	0,078; 0,109; 0,155; 0,218; 0,308; 0,434; 0,612; 0,864; 1,218
		Робочі подачі по осі "Z", <i>мм/об.</i>	0,022; 0,031; 0,043; 0,062; 0,087; 0,122; 0,173; 0,244; 0,298
		Потужність головного двигуна, <i>кВт</i>	3,0
		Коефіцієнт корисної дії, η	0,70
		Осьова сила, що допускається міцністю механізму подач, $[P_o]$, <i>Н</i>	7000

Продовження табл. А.1

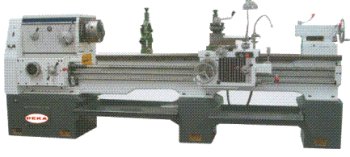
Токарні верстати

1	2	3	4
3.	 <p style="text-align: center;">16K20</p>	Максимальн. діаметр обробки над станиною, <i>мм</i>	400
		Максимальн. діаметр обробки над супортом, <i>мм</i>	220
		Максимальна довжина оброблюваної заготовки (відстань між центрами), <i>мм</i>	1000
		Частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$.	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600
		Розмір перетину державки інструменту, <i>мм</i>	25×25
		Робочі подачі по осі "X" (кількість ступенів, що перемикаються), <i>мм/об.</i>	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,36; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8.
		Робочі подачі по осі "Z" (кількість ступенів, що перемикаються), <i>мм/об.</i>	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4.
		Потужність головного двигуна, <i>кВт</i>	11,0
		Коефіцієнт корисної дії, η	0,70
		Осьова сила, що допускається міцністю механізму подач, $[P_o]$, <i>Н</i>	8000
4.	 <p style="text-align: center;">1K625Д</p>	Максимальн. діаметр обробки над станиною, <i>мм</i>	500
		Максимальн. діаметр обробки над супортом, <i>мм</i>	300
		Максимальна довжина оброблюваної заготовки (відстань між центрами), <i>мм</i>	1000
		Частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$.	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600
		Розмір перетину державки інструменту, <i>мм</i>	25×25
		Робочі подачі по осі "X", <i>мм/об.</i>	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,36; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8.
		Робочі подачі по осі "Z", <i>мм/об.</i>	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4.
		Потужність головного двигуна, <i>кВт</i>	11
		Коефіцієнт корисної дії, η	0,70

	Осьова сила, що допускається міцністю механізму подач, $[P_o], H$	10000
--	--	-------

Продовження табл. А.1

Токарні верстати

1	2	3	4
5.	 <p>DEKA CA6261</p>	Максимальний діаметр обробки над станиною, мм	610
		Максимальний діаметр обробки над супортом, мм	370
		Максимальна довжина оброблюваної заготовки (відстань між центрами), мм	2000
		Частота обертання шпинделя, xv^{-1} .	11; 15; 22; 30; 45; 60; 86; 120; 170; 240; 340; 500; 680; 1000; 1300; 1600
		Розмір перетину державки інструменту, мм	25 x 25
		Робочі подачі по осі "X", мм/об.	0,05; 0,07; 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 1,6; 2,2; 3,0; 4,2
		Робочі подачі по осі "Z", мм/об.	0,022; 0,031; 0,043; 0,062; 0,087; 0,122; 0,173; 0,244; 0,298
		Потужність головного двигуна, кВт	7,5
		Коефіцієнт корисної дії, η	0,70
		Осьова сила, що допускається міцністю механізму подач, $[P_o], H$	12000

Таблиця А.2

Фрезерні верстати

№ з/п	Модель верстата	Основні характеристики	
		Параметри верстатів	Показники
1	2	3	4
1.	 <p>DEKA 6132 (Аналог: 6Т81Г)</p>	Розміри столу: Д x Ш, мм	250 x 1000
		Подовжнє переміщення столу по осі X, мм	710
		Поперечне переміщення столу по осі Y, мм	255
		Вертикальне переміщення столу по осі Z, мм	350 / 330
		Робочі швидкості подач столу по осях X/Y мм/хв.	23,5; 33; 47; 66; 92; 130; 185; 260; 370; 520; 730; 1180
		Відстань між торцем шпинделя і поверхнею столу, мм	60...410
		Швидкість обертання шпинделя, xv^{-1} .	30; 42,5; 60; 85; 120; 170; 235; 330; 470; 650; 930; 1300; 1500
		Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт	7,5

Продовження табл. А.2

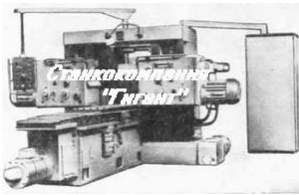
Фрезерні верстати

1	2	3	4
2.	6Т82Г 	Розміри столу: Д х Ш, мм	1250 x 320
		Подовжнє переміщення столу по осі Х, мм	800
		Поперечне переміщення столу по осі Y, мм	320
		Вертикальне переміщення столу по осі Z, мм	420
		Робочі швидкості подач столу по осях Х/Y мм/хв.	31,5; 45; 63; 90; 125; 175; 250; 500; 700; 980; 1350; 1600
		Відстань від осі горизонтального шпинделя до робочої поверхні столу, мм	30...450
		Швидкість обертання шпинделя, хв ⁻¹ .	30; 42,5; 60; 85; 120; 170; 235; 330; 470; 650; 930; 1300; 1500
		Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт	7,5
3.	ДЕКА 6140 (Аналог: 6Т83Г) 	Розміри столу: Д х Ш, мм	1600 x 400
		Подовжнє переміщення столу по осі Х, мм	900
		Поперечне переміщення столу по осі Y, мм	315
		Вертикальне переміщення столу по осі Z, мм	380
		Відстань між віссю шпинделя та поверхнею стола, мм	30...410
		Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹ .	30; 42,5; 60; 85; 120; 170; 235; 330; 470; 650; 930; 1300; 1500
		Робочі подачі по осі "Х/Y", мм/хв.	6,3; 9,0; 12,5; 17,5; 25; 35; 50; 70; 100; 140; 200; 275; 317
		Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт	11
4.	FW450R 	Розміри столу: Д х Ш, мм	1600 x 400
		Подовжнє переміщення столу по осі Х, мм	1120
		Поперечне переміщення столу по осі Y, мм	345
		Вертикальне переміщення столу по осі Z, мм	400
		Відстань між віссю шпинделя та поверхнею стола, мм	30...410
		Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹ .	28; 40; 55; 78; 110; 160; 220; 310; 440; 616; 870; 1200; 1400

		Робочі подачі по осі "X/Y", мм/хв.	16; 22; 32; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 350; 500; 700; 800
		Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт	11

Продовження табл. А.2


Фрезерні верстати

5.	 <p>6Г605</p>	Розміри столу: Д x Ш, мм	1600 x 500
		Подовжнє переміщення столу по осі Х, мм	1600
		Вертикальне переміщення шпинделів по осі Z, мм	600
		Відстань між торцями шпинделів, мм	340...740
		Відстань між віссю шпинделя та поверхнею столу, мм	25...600
		Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹ .	20; 28; 40; 56; 80; 110; 160; 220; 312; 440; 620; 875; 1235; 1740; 2000
		Робочі подачі по осі "X/Y", мм/хв.	5; 7; 10; 14; 20; 28; 40; 55; 78; 110; 155; 220; 310; 435; 613; 865; 1220; 1720; 2425; 3420; 4000
		Робочі подачі по осі "Z", мм/хв.	8; 11; 16; 22; 32; 45; 63; 88; 125; 176; 248; 350; 500; 700; 980; 1385; 2000
	Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт	11	

Таблиця А.3

Свердлильні верстати


№ з/п	Модель верстата	Основні характеристики	
		Параметри верстатів	Показники
1	2	3	4
1.	2С125	Діапазон свердління в сталі, мм	3...25
		Розмір робочої поверхні підйомного столу, м	420 x 300
		Найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	0...320
		Підйом столу, мм	680
		Відстань від осі шпинделя до колони, мм	320
		Переміщення пінолі шпинделя, мм	150
		Діапазон частот обертання шпинделя, хв ⁻¹	90; 125; 175; 250; 360; 500; 700; 1000; 1400
		Конус шпинделя	Морзе 3
		Момент, що крутить, не більш, Нм	400
		Осьове зусилля на шпинелі, не більш, Н	15000

	Діапазон механічних подач, <i>мм/об</i>	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
	Потужність двигуна головного руху, <i>кВт</i>	1,5

Продовження табл. А.3


Свердлильні верстати

1	2	3	4
2.		Діапазон свердління в сталі, <i>мм</i>	3...32
		Розмір робочої поверхні підйомного столу, <i>м</i>	500 x 500
		Найбільша відстань від торця шпинделя до столу, <i>мм</i>	0...750
		Відстань від осі шпинделя до колони, <i>мм</i>	300
		Переміщення пінолі шпинделя, <i>мм</i>	250
		Діапазон частот обертання шпинделя, <i>хв⁻¹</i>	31,5; 45; 63; 90; 125; 125; 175; 250; 360; 500; 700; 1000; 1400
		Конус шпинделя	Морзе 4
		Момент, що крутить, не більш, <i>Нм</i>	400
		Осьове зусилля на шпинделі, не більш, <i>Н</i>	15000
		Діапазон механічних подач, <i>мм/об</i>	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
Потужність двигуна головного руху, <i>кВт</i>	2,0		
4.		Діапазон свердління в сталі, <i>мм</i>	3...40
		Розмір робочої поверхні підйомного столу, <i>м</i>	500 x 500
		Найбільша відстань від торця шпинделя до столу, <i>мм</i>	0...755
		Відстань від осі шпинделя до колони, <i>мм</i>	300
		Переміщення пінолі шпинделя, <i>мм</i>	160
		Діапазон частот обертання шпинделя, <i>хв⁻¹</i>	26; 37; 53; 75; 105; 150; 210; 300; 420; 600; 830; 1200; 1600; 2100
		Конус шпинделя	Морзе 4
		Момент, що крутить, не більш, <i>Нм</i>	450
		Осьове зусилля на шпинделі, не більш, <i>Н</i>	20000
		Діапазон механічних подач, <i>мм/об</i>	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
Потужність двигуна головного руху, <i>кВт</i>	2,2		
3.	2C150	Діапазон свердління в сталі, <i>мм</i>	3...50
		Розмір робочої поверхні підйомного столу,	500 x 500

	<i>М</i>	
	Найбільша відстань від торця шпинделя до столу, <i>мм</i>	0...750
	Відстань від осі шпинделя до колони, <i>мм</i>	300
	Переміщення пінолі шпинделя, <i>мм</i>	250
	Діапазон частот обертання шпинделя, $хв^{-1}$	22; 32; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 360; 500; 710; 1000; 1500; 2000
	Конус шпинделя	Морзе 4
	Момент, що крутить, не більш, <i>Нм</i>	400
	Осьове зусилля на шпинделі, не більш, <i>Н</i>	15000
	Діапазон механічних подач, <i>мм/об</i>	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
Потужність двигуна головного руху, <i>кВт</i>	5	

Продовження табл. А.3

Свердлильні верстати

1	2	3	4
5.	 2A554	Діапазон свердління в сталі (в чавуні), <i>мм</i>	3...50 (63)
		Розмір робочої поверхні столу, <i>м</i>	2665 x 1300
		Переміщення головки по рукаву/рукава по колоні <i>мм</i>	1225 / 750
		Переміщення пінолі шпинделя, <i>мм</i>	400
		Діапазон частот обертання шпинделя, $хв^{-1}$	18; 25; 35; 50; 70; 100; 140; 200; 280; 400; 560; 800; 1100; 1500; 2000
		Конус шпинделя	Морзе 5
		Момент, що крутить, не більш, <i>Нм</i>	710
		Осьове зусилля на шпинделі, не більш, <i>Н</i>	20000
		Діапазон механічних подач, <i>мм/об</i>	0,045; 0,063; 0,09; 0,126; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0; 2,8; 3,9; 5,0
Потужність двигуна головного руху, <i>кВт</i>	5,5		

Таблиця А.4



Шліфувальні верстати

№ з/п	Модель верстата	Основні характеристики	
		Параметри верстатів	Показники
1	2	3	4
1.	 ЗС120В	Найбільші розміри встановлюваної заготовки у центрах: діаметр / довжина в <i>мм</i>	125/400
		Найбільші розміри шліфування, не менше: у центрах: діаметр / довжина в <i>мм</i>	125/360
		Найбільші розміри шліфувального круга, для зовнішнього шліфування: зовнішній діаметр/висота в <i>мм</i>	350/40
		Найбільша окружна швидкість шліфувального круга, при зовнішньому шліфуванні в <i>м/с</i>	35
		Найбільше переміщення столу по гідроциліндру, в <i>мм</i>	400

	Найбільший кут повороту, в <i>град</i> : - столу верхнього, по і проти годинниковій стрілки; - бабки передньої, по і проти годинниковій стрілки.	11 90
	Частота обертання заготовки, в $хв^{-1}$ (безступінчате регулювання)	40...500
	Частота обертання шпинделя бабки шліфувальної, в $хв^{-1}$ (безступінчата)	0...1590
	Величина поперечних подач, в <i>мм</i> (безступінчате регулювання)	0,0025...0,025
	Швидкість переміщення столу від гідроприводу, в <i>мм/хв</i> (безступінчате регулювання)	50...4000
	Сумарна потужність електродвигунів, в <i>кВт</i>	5,2

Продовження табл. А.4



Шліфувальні верстати

1	2	3	4
2.	<p>PARAGON GU-3250P</p> 	Найбільші розміри встановлюваної заготовки у центрах: діаметр / довжина в <i>мм</i>	320/500
		Найбільші розміри шліфування, не менше: у центрах: діаметр / довжина в <i>мм</i>	280/500
		Найбільші розміри шліфувального круга, для зовнішнього шліфування: зовнішній діаметр/висота в <i>мм</i>	405/56
		Найбільша окружна швидкість шліфувального круга, при зовнішньому шліфуванні в <i>м/с</i>	35
		Найбільше переміщення столу по гідроциліндру, в <i>мм</i>	500
		Найбільший кут повороту, в <i>град</i> : - столу верхнього, по і проти годинниковій стрілки; - бабки передньої, по і проти годинниковій стрілки.	12,5 ± 30
		Частота обертання заготовки, в $хв^{-1}$ (безступінчате регулювання)	40...500
		Частота обертання шпинделя бабки шліфувальної, в $хв^{-1}$ (безступінчата)	0...1590
		Величина поперечних подач, в <i>мм</i> (безступінчате регулювання)	0,0025...0,025
		Швидкість переміщення столу від гідроприводу, в <i>мм/хв</i> (безступінчате регулювання)	50...4000
Сумарна потужність електродвигунів, в <i>кВт</i>	3,75		
3.	<p>ЗН130В</p> 	Найбільші розміри встановлюваної заготовки у центрах: діаметр / довжина в <i>мм</i>	250/710
		Найбільші розміри шліфування, не менше: у центрах: діаметр / довжина в <i>мм</i>	250/710
		Найбільші розміри шліфувального круга, для зовнішнього шліфування: зовнішній діаметр/висота в <i>мм</i>	400/50
		Найбільша окружна швидкість шліфувального круга, при зовнішньому шліфуванні в <i>м/с</i>	35
		Найбільше переміщення столу по гідроциліндру, в <i>мм</i>	1000
		Найбільший кут повороту, в <i>град</i> :	

		- столу верхнього, по і проти годинниковій стрілки; - бабки передньої, по і проти годинниковій стрілки.	10 90
		Частота обертання заготовки, в $xв^{-1}$ (безступінчатє регулювання)	40...500
		Частота обертання шпинделя бабки шліфувальної, в $xв^{-1}$ (безступінчатє регулювання)	0...1590
		Величина поперечних подач, в $мм$ (безступінчатє регулювання)	0,0025...0,025
		Швидкість переміщення столу від гідроприводу, в $мм/хв$ (безступінчатє регулювання)	50...4000
		Сумарна потужність електродвигунів, в $кВт$	6,75

Продовження табл. А.4

Шліфувальні верстати


1	2	3	4
4.	 <p>3C132B</p>	Найбільші розміри встановлюваної заготовки у центрах: діаметр / довжина в $мм$	250/1000
		Найбільші розміри шліфування, не менше: у центрах: діаметр / довжина в $мм$	250/1000
		Найбільші розміри шліфувального круга, для зовнішнього шліфування: зовнішній діаметр / висота в $мм$	400/50
		Найбільша окружна швидкість шліфувального круга, при зовнішньому шліфуванні в $м/с$	35
		Найбільше переміщення столу по гідроциліндру, в $мм$	1500
		Найбільший кут повороту, в $град$: - столу верхнього, по і проти годинниковій стрілки; - бабки передньої, по і проти годинниковій стрілки.	8 90
		Частота обертання заготовки, в $xв^{-1}$ (безступінчатє регулювання)	40...500
		Частота обертання шпинделя бабки шліфувальної, в $xв^{-1}$ (безступінчатє регулювання)	0...1590
		Величина поперечних подач, в $мм$ (безступінчатє регулювання)	0,0025...0,025
		Швидкість переміщення столу від гідроприводу, в $мм/хв$ (безступінчатє регулювання)	50...4000
		Сумарна потужність електродвигунів, в $кВт$	12,5
5.	 <p>HG-72</p>	Найбільші розміри встановлюваної заготовки у центрах: діаметр / довжина в $мм$	445/1600
		Найбільші розміри шліфування, не менше: у центрах: діаметр / довжина в $мм$	445/1600
		Найбільші розміри шліфувального круга, для зовнішнього шліфування: зовнішній діаметр / висота в $мм$	610/170
		Найбільша окружна швидкість шліфувального круга, при зовнішньому шліфуванні в $м/с$	60
		Найбільше переміщення столу по гідроциліндру, в $мм$	1500
		Найбільший кут повороту, в $град$:	

		- столу верхнього, по і проти годинникової стрілки; - бабки передньої, по і проти годинникової стрілки.	8 90
		Частота обертання заготовки, в xv^{-1} (безступінчатого регулювання)	40...500
		Частота обертання шпинделя бабки шліфувальної, в xv^{-1} (безступінчатого регулювання)	0...1590
		Величина поперечних подач, в mm (безступінчатого регулювання)	0,0025...0,025
		Швидкість переміщення столу від гідроприводу, в mm/xv (безступінчатого регулювання)	50...4000
		Сумарна потужність електродвигунів, в kW	12,5

Таблиця А.5

Фрезерні верстати

№ з/п	Модель верстата	Основні характеристики	
		Параметри верстатів	Показники
1	2	3	4
1.	 <p>6T12</p>	Розміри столу: Д х Ш, mm	1250 x 320
		Подовжнє переміщення столу по осі X, mm	800
		Поперечне переміщення столу по осі Y, mm	320
		Вертикальне переміщення столу по осі Z, mm	420
		Кут повороту фрезерної головки, в $град$	± 45
		Робочі швидкості подач столу по осях X/Y mm/xv .	31,5; 45; 63; 90; 125; 175; 250; 500; 700; 980; 1350; 1600
		Відстань від осі торця шпинделя до робочої поверхні столу, mm	30...450
		Швидкість обертання шпинделя, xv^{-1} .	30; 42,5; 60; 85; 120; 170; 235; 330; 470; 650; 930; 1300; 1500
		Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), kW	7,5
2.	 <p>6M127</p>	Розміри столу: Д х Ш, mm	1600 x 400
		Подовжнє переміщення столу по осі X, mm	1000
		Поперечне переміщення столу по осі Y, mm	320
		Вертикальне переміщення столу по осі Z, mm	400
		Кут повороту фрезерної головки, в $град$	± 45
		Робочі швидкості подач столу по осях X/Y mm/xv .	25; 35; 50; 70; 98; 140; 195; 275; 390; 550; 775; 1095; 1250
		Відстань між торцем шпинделя і поверхнею столу, mm	60...410
		Швидкість обертання шпинделя, xv^{-1} .	31; 44; 62; 87; 122; 172; 245; 345; 485; 682; 960; 1350; 1600
Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), kW	15		
3.	FSS450R	Розміри столу: Д х Ш, mm	1600 x 400
		Подовжнє переміщення столу по осі X, mm	1120
		Поперечне переміщення столу по осі Y, mm	345

	Вертикальне переміщення столу по осі Z, мм	400
	Кут повороту фрезерної головки, в град	± 45
	Відстань між віссю шпинделя та поверхнею стола, мм	30...410
	Частота обертання шпинделя, xv^{-1} .	28; 40; 55; 78; 110; 160; 220; 310; 440; 616; 870; 1200; 1400
	Робочі подачі по осі "X/Y", мм/хв.	16; 22,5; 32; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 350; 500; 700; 800
	Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт	11

Продовження табл. А.5

Фрезерні верстати

1	2	3	4
4.	ДЕКА ХА5040 (Аналог 6Т13) 	Розміри столу: Д х Ш, мм	1600 x 400
		Подовжнє переміщення столу по осі X, мм	900
		Поперечне переміщення столу по осі Y, мм	315
		Вертикальне переміщення столу по осі Z, мм	3850
		Кут повороту фрезерної головки, в град	± 45
		Відстань між віссю шпинделя та поверхнею стола, мм	150...610
		Частота обертання шпинделя, xv^{-1}	30; 42; 60; 85; 120; 170; 235; 330; 470; 660; 930; 1310; 1500
		Робочі подачі по осі "X/Y", мм/хв.	19; 27; 37; 53; 75; 105; 150; 210; 300; 420; 590; 830; 950
	Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт	11	
4.	ДЕКА ХА7140 	Розміри столу: Д х Ш, мм	1600 x 400
		Подовжнє переміщення столу по осі X, мм	800
		Поперечне переміщення столу по осі Y, мм	400
		Кут повороту фрезерної головки, в град	± 30
		Відстань між віссю шпинделя та поверхнею стола, мм	150...610
		Частота обертання шпинделя, xv^{-1}	18; 25; 35; 50; 71; 100; 141; 200; 280; 400; 560; 790; 1100; 1560; 1800
		Робочі подачі по осі "X/Y", мм/хв.	16; 22; 32; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 350; 500; 700; 800
			Потужність головного двигуна (для обертання шпинделя), кВт

ДОДАТОК Б

1. Вибір ріжучого інструменту. Вибір здійснюємо в залежності від виду технологічної операції, яку ми виконуємо, марки матеріалу, що обробляється та особливостей виду обробки заготовок, для чого використовуємо відповідні типи ріжучого інструменту:

1.1. Вибираємо марку основного інструментального матеріалу (ріжучої пластини), які вказані в таблиці. Б.1...Б.3 в залежності від марки матеріалу, що обробляється та виду обробки.

Таблиця Б.1

Вибір марки бістро ріжучої сталі для різноманітних ріжучих інструментів
(свердел, зенкерів, розгорток, мітчиків та іншого).

Види і характер обробки	Марка матеріалу, що обробляється					
	Вуглецевій і легованій сталі	Матеріали, що важко обробляються	Чавуну		Титану і сплавів на його основі	Кольорових металів
			HB 240	HB 400...700		
Свердлування неглибоких отворів ($L \leq 5d$)	P6M5 P9 P18	P6M5K5 P9M4K8 P18K5Ф2	P6M5 P9	P6M5 P18	P6M5 P18	P6M5 P18
Свердлування глибоких отворів ($L \geq 5d$)	P6M5 P9 P18	P6M5K5 P9M4K8 P18K5Ф2	P6M5 P9	P6M5 P18	P6M5 P18	P6M5 P18
Зенкерування	P6M5 P18	P10K5Ф5 P14Ф4	P6M5 P9Ф5	P6M5 P18	P6M5 P18	P6M5 P18
Розсорткування	P14Ф4 P18	P6M5K5 P9M4K8 P18K5Ф2	P6M5 P9	P6M5 P18	P6M5 P18	P6M5 P18
Нарізання різьби	P6M5	P6M5K5	P6M5	P6M5Ф3	P6M5	P6M5

Таблиця Б.2

Вибір марок твердого сплаву для різноманітних ріжучих інструментів
(різці, свердла, фрези та інше)

Види і характер обробки	Марка матеріалу, що обробляється					
	Вуглецевій і легованій сталі	Матеріали, що важко обробляються	Чавуну		Титану і сплавів на його основі	Кольорових металів
			HB 240	HB 400...700		
1	2	3	4	5	6	7
Чорнове точіння по кінці і окаліні при нерівномірному перетині зрізу і переривистому різанні з ударами.	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	T5K12 TT7K12 BK8 BK8B	BK4 BK8 BK8B	BK8 BK8B	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8
Чорнове точіння по кінці при нерівномірному перетині зрізу і безперервному різанні	T5K10 T14K8	BK4 BK6 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6M	BK4 BK8	BK4 BK6

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6	7
Чорнове точіння по кірці при відносно рівномірному перетині зрізу і безперервному різанні	T14K8 T15K6	T5K10 BK4 BK8	BK4 BK8	BK3 BK6M	BK4 BK6M	BK3 BK3M BK4
Напів чистове і чистове точіння при переривистому різанні	T5K10 T14K8 T15K6	BK4 BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6 BK8	BK4	BK3 BK3M BK4
Точне точіння при переривистому різанні	T15K6 T30K4	—	BK3 BK3M BK4	BK4 BK6M	BK4	BK3 BK3M BK4
Чорнове фрезерування	T15K6 T14K8 T5K10	T5K10 BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	—	BK4 BK8	BK4 BK6 BK8
Напів чистове і чистове фрезерування	T14K8 T15K6 T30K4	T5K10 T14K8 T15K6	BK4 BK6	BK6M	BK4 BK8	BK4 BK6 BK8
Свердлування неглибоких отворів ($L \leq 5d$)	T5K10 T5K12B BK8 BK8B	T5K12B TT7K12 BK8 BK8B	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	—	BK4 BK6 BK8
Свердлування глибоких отворів ($L \geq 5d$)	T5K10 T5K12B T14K8 T15K6 BK8	T5K12B TT7K12 BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK8 BK8B	—	BK4 BK6 BK8
Розсвердлювання неглибоких (нормальних) заздалегідь просвердлених отворів	T5K10 T14K8 T15K6	BK4 BK8	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	T5K10 T14K8 BK8	BK3 BK3M BK4 BK6M
Розсвердлювання неглибоких (нормальних) отворів в литих, кованих або штампованих деталях	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	T5K12 TT7K12 BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	—	—	BK4 BK6 BK8
Розсвердлювання глибоких заздалегідь просвердлених отворів	T14K8 T15K6	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	BK4 BK6M	—	BK3 BK3M BK4
Чорнове зенкерування	T14K8 T5K12 BK8	T5K10 BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK4 BK8	BK4 BK6 BK8
Напів чистове і чистове зенкерування	T14K8 T15K6 T30K4	T5K10 T14K8 BK6M	BK3 BK3M BK4	BK4	BK4 BK8	BK3
Попереднє і остаточне розгортання	T15K6 T30K4	T30K4 BK3M BK6M	BK3 BK3M BK6M	BK3M BK6M	BK3M BK4 BK6M	BK3M BK4

Таблиця Б.4

Вибір абразивного матеріалу

Марка абразивного матеріалу	Характеристика матеріалу, що обробляється
14А	Обробка матеріалів з високим опором розриву, обдирання сталевих відливаних, прокату, високоміцних чавунів, обробка вуглецевих і легованих сталей, бронзи, нікелевих і алюмінієвих сплавів.
25А	Обробка загартованих деталей з вуглецевих, швидкорізальних і неіржавіючих сталей. Обробка тонких деталей і інструментів (зуби, ножі, свердла, різці), заточування. Плоске, внутрішнє і профільне шліфування. Обробне шліфування.
38А	Силове обдирне шліфування сталевих заготовок.
54С, 63С	Обробка твердих матеріалів з низьким опором розриву (чавун, бронза, латунь, тверді сплави, скло, коштовні камені, мармур, гранує, фарфор), а також дуже в'язких матеріалів (жароміцних сталей, сплавів, міді, алюмінію).

Таблиця Б.5

Вибір зернистості круга

Зернистість	Вид обробки
200-80	Обдирні операції з великою глибиною різання, зачистка заготовок, відливок. Обробка матеріалів, які викликають засалювання поверхні круга (латунь, мідь, алюміній).
80-50	Плоске шліфування торцем круга.
63-25	Попереднє і комбіноване шліфування.
40-5	Плоске шліфування.
32-16	Чистове шліфування, обробка профільних поверхонь, шліфування крихких матеріалів.
12-6	Обробне шліфування, доведення сталевих заготовок
6-4	Обробне шліфування металів, скла, мармуру і тому подібне

Таблиця Б.6

Вибір абразивного інструменту по твердості

Твердість	Вид обробки
ВТ-ЧТ	Правка абразивних інструментів, обдирні операції, шліфування кульок для підшипників.
СТ2-Т2	Обдирні операції, кругле зовнішнє шліфування, без центрове шліфування, відрізання, прорізка канавок, шліфування переривистих поверхонь, профілю.
С2-СТ2	Попереднє кругле зовнішнє і без центрове шліфування сталей, ковкого чавуну. Профільне шліфування, обробка переривистих поверхонь, хонінгування і різбошліфування деталей з крупним кроком.
С1-СТ1	Плоске шліфування сегментами і кільцевими кругами, різбошліфування кругами на бакелітовій зв'язці.
СМ1-С2	Чистове і комбіноване кругле, зовнішнє без центрове і внутрішнє шліфування стали, плоске шліфування, різбошліфування, заточування ріжучих інструментів.
М3-СМ2	Заточування і доведення ріжучого інструменту, оснащеного твердим сплавом, шліфування важкооброблюваних спеціальних сплавів, полірування.

1.2. По отриманим значенням з таблиць Б.1...Б.6 обираємо параметри ріжучого інструменту (табл. Б.7...Б.9) в залежності від вибору виду обробки заготовки та конструктивних параметрів обраного верстата (табл. А.1...А.5).

Таблиця Б.7

Вибір конструкції ріжучого інструменту для токарної обробки

1. Токарний прохідний відігнутий з пластинами твердого сплаву по ГОСТ 18868-73.						
	Параметри ріжучого інструменту					
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>m</i>	<i>a</i>	<i>r</i>
	16	12	100	7	10	1
	20	12	120	7	10	1
	20	16	120	8	14	1
	25	16	140	8	14	1
	25	20	140	10	18	1,5
	32	20	170	10	18	1,5
	40	25	200	12	25	2
50	32	240	14	25	2	
2. Токарний прохідний відігнутий з пластинами із швидкоріжучої сталі Р6М5 по ГОСТ 18868-73.						
	Параметри ріжучого інструменту					
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>m</i>	<i>a</i>	<i>r</i>
	16	10	100	6	10	0,5
	20	12	120	7	12	1
	25	16	140	8	16	1
	32	20	170	10	20	1
40	25	200	12	25	1,5	
3. Токарний прохідний прямий різець із швидкоріжучої сталі Р6М5 по ГОСТ 18869-73.						
	Параметри ріжучого інструменту					
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>r</i>
	10	10	60	30	—	0,5
	16	10	100	40	6	0,5
	16	16	80	30	9	1,0
	20	12	120	40	7	1,0
	20	20	120	40	12	1,0
	25	16	140	50	9	1,0
	32	20	170	60	12	1,0

4. Токарний прохідний прямий різець із пластинами твердого сплаву по ГОСТ 18878-73.

	Параметри ріжучого інструменту					
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>r</i>
	16	10	100	8	6	0,5
	20	12	120	10	7	1,0
	20	16	120	12	9	1,0
	25	16	140	12	9	1,0
	32	20	170	16	12	1,5
	32	25	170	20	14	2,0
	40	25	200	20	14	2,0

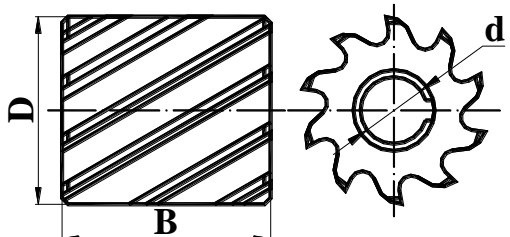
5. Токарний складальний прохідний різець з механічним кріпленням пластин твердого сплаву клином.

	Параметри ріжучого інструменту					
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>h₀</i>	<i>f</i>	<i>D</i>
	16	16	120	16	16	14
	20	16	120	20	16	14
	20	20	120	20	20	18
	25	20	140	25	20	18
	25	25	140	25	25	18
	32	25	170	32	25	22

Таблиця Б.8

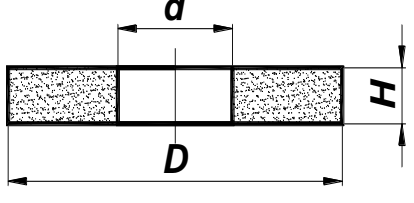
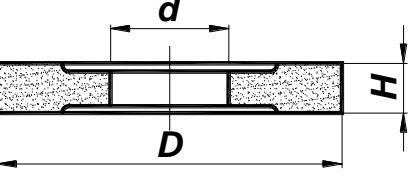
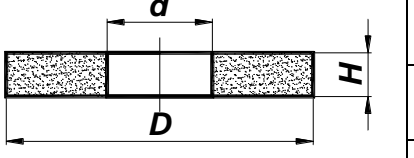
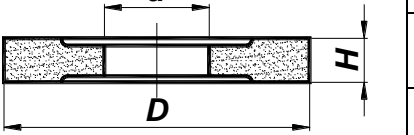
Вибір конструкції ріжучого інструменту для циліндричного фрезерування

1. Циліндричні фрези із швидкоріжучої сталі Р6М5Ф3 по ГОСТ 1092-80.

	Параметри ріжучого інструменту				
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	Кількість зубів	
				<i>Тип 1</i>	<i>Тип 2</i>
	40	50	16	12	16
	50	50	22	12	16
	50	80	22	12	16
	63	50	27	14	18
	63	80	27	14	18
	63	100	27	14	18
	80	63	32	16	22
	80	80	32	16	22
	80	100	32	16	22
	80	125	32	16	22
	100	100	40	18	24
	100	105	32	18	24
	100	125	32	18	24

Таблиця Б.9

Вибір конструкції ріжучого інструменту для круглого зовнішнього шліфування

1. Круг по ДСТУ 2424-75 на керамічній зв'язці.					
ПП – прямого профілю 	Параметри ріжучого інструменту				
	D	H	d	Шліфувальний матеріал	Зернистість
	175-350	3,2-200	32-203	2А; 4А; 9А; 5С; 6С	50-М28
	400-1000	6-250	127-305	1А; 2А; 4А; 9А; 5С; 6С	50-М28
ПВД – прямий з двох стороною виточкою 	Параметри ріжучого інструменту				
	D	H	d	Шліфувальний матеріал	Зернистість
	100-900	25-250	32-305	1А; 2А; 9А	50-16
2. Круг по ДСТУ 2424-75 на бакелітній зв'язці					
ПП – прямого профілю 	Параметри ріжучого інструменту				
	D	H	d	Шліфувальний матеріал	Зернистість
	125-350	6-50	32-127	1А; 5С; 6С	50-16
	400-900	40-200	127-305	1А; 5С; 6С	50-16
ПВД – прямий з двох стороною виточкою 	Параметри ріжучого інструменту				
	D	H	d	Шліфувальний матеріал	Зернистість
	100-900	25-250	32-305	1А; 2А; 9А	50-16
	250-600	5-250	127-305	1А	40-8

1.2.1. У випадку свердлування враховуємо, що глибина отвору (L), що обробляється повинна бути менша, ніж довжина робочої частини свердла (ℓ). Крім того необхідно враховувати, що номер конуса свердла повинен бути меншим, ніж базовий номер конуса верстата або рівний йому. Також необхідно врахувати форму заточування робочої частини свердла, яка залежить від діаметру свердла та властивостей матеріалу, що обробляється.

Таблиця Б.10

Вибір конструкції ріжучого інструменту для свердлування

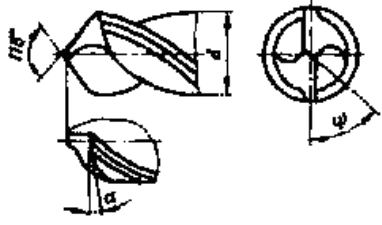
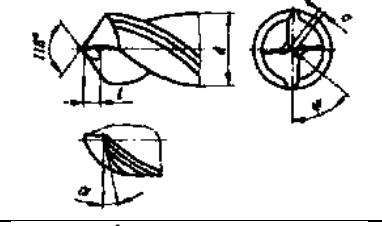
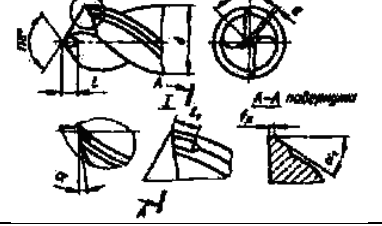
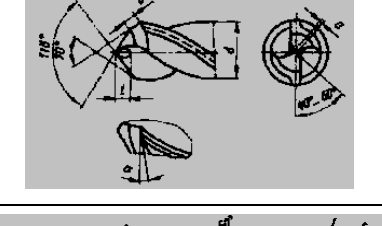
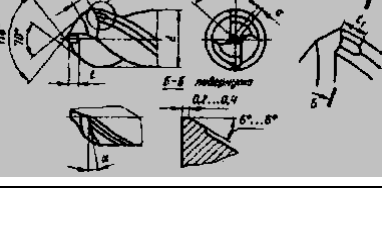
Стандарт свердла	D	L	ℓ	Номер конуса свердла
ГОСТ 886-77	5	132	87	1
	10	184	121	1
	15	220	144	2
	20	254	166	2

Продовження табл. Б.10

ГОСТ 10903-77	25	281	160	3
ГОСТ 2092-77	30	395	275	3
ГОСТ 10903-77	35	339	190	4
	40	349	200	4
	45	359	210	4
	50	369	220	4

Таблиця Б.11

Форма заточування свердла для різноманітних матеріалів

Діаметр свердла, мм	Форма заточування вершини спірального свердла			Оброблюваний матеріал
	Найменування форми	Умовне позначення	Ескіз заточування	
1	2	3	4	5
0,25...12	Одинарна (нормальна)	Н		Сталь, сталеве литво, чавун
0,25...12	Одинарна (нормальна) з підгострюванням перемички	НП		Сталеве литво $\sigma_B \leq 500$ МПа з не знятою ливарною кіркою
	Одинарна (нормальна) з підгострюванням перемички і стрічки	НПЛ		Сталь, сталеве литво $\sigma_B \leq 500$ МПа з не знятою ливарною кіркою
Понад, 12 до 80	Подвійна з підгострюванням перемички	ДП		Сталеве литво $\sigma_B > 500$ МПа і чавун з не знятою ливарною кіркою
	Подвійна з підгострюванням перемички і стрічки	ДПЛ		Сталь, сталеве литво $\sigma_B > 500$ МПа і чавун з не знятою ливарною кіркою

Таблиця Б.12

Геометричні параметри лез свердла (для одинарної форми заточування: Н, НП та НПЛ)

D	Заточування			Поперечна кромка		Стрічка		
	Задній кут α°		Кут нахилу поперечної кромки ψ°	a	l	l_1	f	α_1°
	при одно площинному заточуванні	при двох площинному заточуванні						
Понад 0,24 до 0,60 » 0,60 до 0,95 » 0,95 до 1,70 » 1,70 до 3,00 » 3,00 до 7,50 » 7,50 до 9,50 » 9,50 до 11,80 » 11,80 до 16,00 » 16,00 до 20,00 » 20,00 до 25,00 » 25,00 до 31,50 » 31,50 до 40,00 » 40,00 до 50,00 » 50,00 до 63,00 » 63,00 до 71,00 » 71,00 до 80,00	30	20	Не регламентується	—	—	—	—	—
		18						
—	—	16	40-60	1,0	2,0	1,5	—	—
		12		1,2	2,5			
		11		1,5	2,5			
				2,0	3,5			
				2,5	4,5	3,0	—	
				3,0	5,5			
				3,5	6,0	4,0	—	
				5,0	8,0			
				6,0	10,0	0,2-0,4	6-8	
		7,0		12,0				
8,0	14,0							

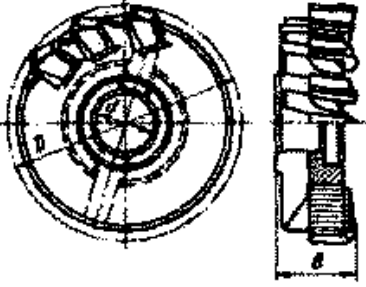
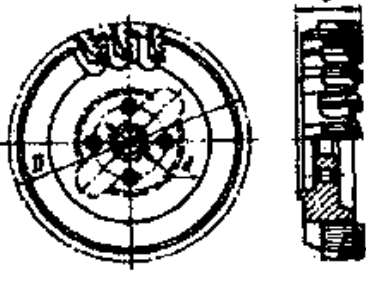
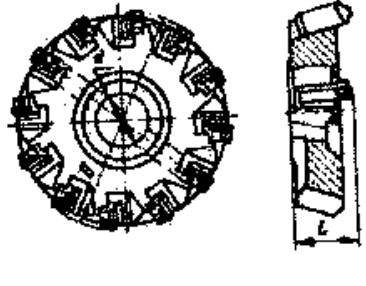
Таблиця Б.13

Геометричні параметри лез свердла (для двійної форми заточування: ДП та ДПЛ)

D	Заточування		Поперечна кромка		Перемичка		l_1
	Задній кут α°	b	\dot{a}	l	h	k	
1	2	3	4	5	6	7	8
Понад 12,0 до 16,0	12	2,5	1,5	3	1,5	2,3	1,5
» 16,0 до 20,0	11	3,5	2,0	4	2,0	2,9	
» 20,0 до 25,0		4,5	2,5	5	2,5	3,6	2,5
» 25,0 до 31,5		5,5	3,0	6	3,3	4,5	
» 31,5 до 40,0		7,0	3,5	7	3,5	—	3,0
» 40,0 до 50,0		9,0	5,0	9	4,0		
» 50,0 до 63,0		11,0	6,0	11		5,3	—
» 63,0 до 71,0		13,0	7,0	13			
» 71,0 до 80,0		15,0	8,0	15			

Таблиця Б.14

Вибір конструкції ріжучого інструменту для фрезерування

1. Торцеві насадні фрези зі вставними ножами з швидкоріжальної сталі по ГОСТ 1092-80				
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	Кількість зубів
	100	40	32	10
	125	40	40	14
	160	45	50	16
	200	45	50	20
250	45	50	26	
2. Торцеві насадні фрези зі вставними ножами з твердого сплаву по ГОСТ 9473-80				
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	Кількість зубів
	100	39	32	10
	125	42	40	12
	160	46	50	16
	200	46	50	20
	250	47	50	24
	315	66	60	30
	400	66	60	36
	500	71	60	44
630	71	60	52	
3. Торцеві насадні фрези зі вставними ножами з твердого сплаву по ГОСТ 24359-80				
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	Кількість зубів
	100	50	32	8
	125	55	40	8
	160	60	50	10
	200	60	50	12
	250	75	60	14
	315	75	60	18
	400	85	60	20
	500	85	60	26
630	85	60	30	

Таблиця Б.15

Вибір значень передніх кутів (γ) ріжучого інструменту для фрезерування

Матеріал, що обробляється	Види фрез			
	З швидкоріжальної сталі		З твердого сплаву	
	Торцеві	Циліндричні	Торцеві	Циліндричні
Сталі конструкційні: $\sigma \leq 600$ МПа $\sigma = 600 \dots 1000$ МПа $\sigma \geq 1000$ МПа	20 15 10	20 12 8	10 5...-5 -10	10 5...-5 -10
Сірий та ковкий чавун: $\hat{\sigma} \leq 150$ МПа $\hat{\sigma} = 150 \dots 200$ МПа $\hat{\sigma} \geq 200$ МПа	15 10 5	15 10 5	5 0 -5	5 0 -5
Мідні сплави:	10	10	–	–

Таблиця Б.16

Вибір значень задніх кутів (α) ріжучого інструменту для фрезерування

Матеріал, що обробляється	Види фрез							
	З швидкоріжучої сталі				З твердого сплаву			
	Торцеві при подачі $S \leq 0,25$ мм/зуб	Торцеві при подачі $S \geq 0,25$ мм/зуб	Циліндричні при подачі $S \leq 0,25$ мм/зуб	Циліндричні при подачі $S \geq 0,25$ мм/зуб	Торцеві при подачі $S \leq 0,25$ мм/зуб	Торцеві при подачі $S \geq 0,25$ мм/зуб	Циліндричні при подачі $S \leq 0,25$ мм/зуб	Циліндричні при подачі $S \geq 0,25$ мм/зуб
Сталі конструкційні:	12...15	6...8	10...12	5...7	12...15	6...8	10...12	5...7
Сірий та ковкий чавун:	12...15	6...8	10...12	5...7	12...15	6...8	10...12	5...7
Мідні сплави:	10	12	10	12	6	8	6	8

Таблиця Б.17

Вибір значень кутів нахилу зуба (ω) ріжучого інструменту для торцевого фрезерування

Матеріал, що обробляється	Види фрез			
	З швидкоріжучої сталі		З твердого сплаву	
	Торцеві	Циліндричні	Торцеві	Циліндричні
Сталі конструкційні:	15	20	15	20
Сірий та ковкий чавун:	20	30	20	30
Мідні сплави:	30	45	30	45

Таблиця Б.18

Вибір значень кутів в плані ріжучого інструменту для торцевого фрезерування

Матеріал, що обробляється	Твердосплавні фрези		
	φ°	φ_0°	φ_1°
Сталі конструкційні:	45...75	0,5	5
Сірий та ковкий чавун:	75...90	0,5	5
Мідні сплави:	75...90	0,5	5

ДОДАТОК В

1. Вибір періоду стійкості ріжучого інструменту. Вибір періоду стійкості ріжучого інструменту виконується в залежності від його діаметру.

Таблиця В.1

Середнє значення періоду стійкості різців

Матеріал ріжучої частини інструменту	Стійкість T , хв. в залежності від діаметру заготовки											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Твердий сплав	–		80	60				40		30	20	
Швидкоріжуча сталь	70				60			50	30			

Таблиця В.2

Середнє значення періоду стійкості фрез

Фрези	Стійкість T , хв в залежності від діаметру інструмента, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцеві	–		120	180				240		300	400	
Циліндричні зі вставними зубами і цільні з крупним зубом	–				150			240	–			
Циліндричні цільні з мілким зубом	–		120	180			–					

Таблиця В.3

Середнє значення періоду стійкості свердел

Матеріал, що обробляється	Матеріал ріжучої частини інструменту	Стійкість T , хв в залежності від діаметру інструмента, мм							
		До 5	6...10	11...20	21...30	31...40	41...50	51...60	61...80
Конструкційна сталь	Швидкоріжуча сталь	15	25	45	50	70	90	110	–
	Твердий сплав	8	15	20	25	35	45	–	–
Сірий та ковкий чавун, мідні сплави	Швидкоріжуча сталь	20	35	60	75	105	140	170	–
	Твердий сплав	15	25	45	50	70	90	–	–

ДОДАТОК Г

1. Вибір подачі при точінні виконують в залежності від жорсткості системи ВПД, міцності пластин з твердого сплаву ріжучого інструмента або шорсткості поверхні, що оброблюється (табличний метод).

Таблиця Г.1

Подачі при чорновому точінні різцями з пластинами з твердого сплаву

Діаметр деталі, мм	Розмір державки різця, мм	Матеріал, що обробляється									
		Сталь конструкційна вуглецева, легована та жароміцна					Чавун та мідні сплави				
		Подача S , мм/об, при глибині різання t , мм									
		До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 8	Від 8 до 12	Понад 12	До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 8	Від 8 до 12	Понад 12
До 20	Від 16x25 До 25x25	0,3- 0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Від 20 до 40	Від 16x25 До 25x25	0,4- 0,5	0,3- 0,4	-	-	-	0,4- 0,5	-	-	-	-
Від 40 до 60	Від 16x25 До 25x40	0,5- 0,9	0,4- 0,8	0,3- 0,7	-	-	0,6- 0,9	0,5- 0,8	0,4- 0,7	-	-
Від 60 до 100	Від 16x25 До 25x40	0,6- 1,2	0,5- 1,1	0,5- 0,9	0,4- 0,8	-	0,8- 1,4	0,7- 1,2	0,6- 1,0	0,5- 0,9	-
Від 100 до 400	Від 16x25 До 25x40	0,8- 1,3	0,7- 1,2	0,6- 1,0	0,5- 0,9	-	1,0- 1,5	0,8- 1,9	0,8- 1,1	0,6- 0,9	-
Від 400 до 500	Від 20x30 До 40x60	1,1- 1,4	1,0- 1,3	0,7- 1,2	0,6- 1,2	0,4- 1,1	1,3- 1,6	1,2- 1,5	1,0- 1,2	0,7- 0,9	-
Від 500 до 600	Від 20x30 До 40x60	1,2- 1,5	1,0- 1,4	0,8- 1,3	0,6- 1,3	0,1- 1,2	1,5- 1,8	1,2- 1,6	1,0- 1,4	0,9- 1,2	0,8- 1,0
Від 600 до 1000	Від 25x40 До 40x60	1,2- 1,8	1,1- 1,5	0,9- 1,4	0,8- 1,4	0,7- 1,3	1,5- 2,0	1,3- 1,8	1,0- 1,4	1,0- 1,3	0,9- 1,2
Від 1000 до 2500	Від 30x45 До 40x60	1,3- 2,0	1,3- 1,8	1,2- 1,6	1,1- 1,5	1,0- 1,5	1,6- 2,4	1,6- 2,0	1,4- 1,8	1,3- 1,7	1,2- 1,7

Примітки: 1. Нижні значення подач відповідають меншим розмірам державки різця і міцнішим оброблюваним матеріалам, верхні значення подач - великим розмірам державки різця і менш міцним оброблюваним матеріалам.

2. При обробці жароміцних сталей і сплавів подачі понад 1 мм/об не застосовувати.

3. При обробці переривистих поверхонь і при роботах з ударами табличні значення подач слід зменшувати на коефіцієнт 0,75-0,85.

4. При обробці загартованих сталей табличні значення подачі зменшувати, множачи на коефіцієнт 0,8 для сталі з **HRC44...56** і на 0,5 для сталі з **HRC57...62**.

Таблиця Г.2

Подачі при чистовому точінні різцями з пластинами з твердого сплаву

Параметр шорсткості поверхні, мкм		Радіус при вершини різця r , мм					
Ra	Rz	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	–	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	–	0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,50	–	0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
–	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
–	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
–	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примітка. Подачі дані для обробки сталей з $\sigma_B = 700...900$ МПа і чавунами; для сталей з $\sigma_B = 500...700$ МПа значення подач умножати на коефіцієнт $K_S = 0,45$; для сталей з $\sigma_B = 900...1000$ МПа значення подач умножати на коефіцієнт $K_S = 1,25$.

2. Вибір подачі при циліндричному фрезеруванню виконують в залежності від жорсткості системи ВПД (табличний метод).

Таблиця Г.3

Подачі при чорновому фрезеруванні швидкоріжучими фрезами

Потужність верстата	Жорсткість системи заготівка-приспосовування	Фрези			
		Торцеві		Циліндричні	
		Подача на один зуб S_Z мм, при обробці			
		Конструкційні сталі	Чавуни і мідні сплави	Конструкційні сталі	Чавуни і мідні сплави
Фрези з крупним зубом і фрези зі вставними ножами					
Понад 10	Підвищена	0,20-0,30	0,40-0,60	0,40-0,60	0,60-0,80
	Середня	0,15-0,25	0,30-0,50	0,30-0,460	0,40-0,60
	Понижена	0,10-0,15	0,20-0,30	0,20-0,30	0,25-0,40
5-10	Підвищена	0,12-0,20	0,30-0,50	0,25-0,40	0,30-0,50
	Середня	0,08-0,15	0,20-0,40	0,12-0,20	0,20-0,30
	Понижена	0,06-0,10	0,15-0,25	0,10-0,15	0,12-0,20
До 5	Середня	0,06-0,07	0,15-0,30	0,08-0,12	0,10-0,18
	Понижена	0,04-0,06	0,10-0,20	0,06-0,10	0,08-0,15
Фрези з мілким зубом					
5-10	Підвищена	0,086-0,12	0,206-0,35	0,10-0,15	0,12-0,20
	Середня	0,06-0,10	0,15-0,30	0,06-0,10	0,10-0,15
	Понижена	0,04-0,08	0,10-0,07	0,06-0,08	0,08-0,12
До 5	Середня	0,04-0,06	0,12-0,20	0,05-0,08	0,06-0,12
	Понижена	0,03-0,05	0,08-0,15	0,03-0,06	0,05-0,10

Примітки: 1. Великі значення подач брати для меншої глибини і ширини фрезерування, менші, - для великих значень глибини і ширини.

2. При фрезеруванні жароміцної і корозійностійкої сталі подачі брати ті ж, що і для конструкційної сталі, але не вище 0,3 мм/зуб.

Таблиця Г.4

Подачі при чорновому фрезеруванні фрезами з пластинами з твердого сплаву

Потужність верстата, кВт	Сталь		Чавун і мідні сплави	
	Подача на зуб фрези S_z , мм			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5-10	0,09-0,18	0,12-0,18	0,14-0,24	0,20-0,29
Понад 10	0,12-0,18	0,16-0,24	0,18-0,28	0,25-0,38

Примітки: При фрезеруванні з приведеними в таблиці подачами досягається параметр шорсткості поверхні $Ra = 0,8...1,6$ мкм.

Таблиця Г.5

Подачі при чистовому фрезеруванні торцевими та циліндричними фрезами

Параметр шорсткості поверхні Ra , мкм	Торцеві фрези зі вставними ножами		Циліндрові фрези з швидкорізальної сталі при діаметрі фрези, мм, в залежності від оброблюваного матеріалу					
	З твердого сплаву	З швидкорізальної сталі	конструкційна вуглецева і легована сталь			чавун, мідні і алюмінієві сплави		
			40-75	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200
6,3	—	1,2-2,7	—	—	—	—	—	—
3,2	0,5-1,0	0,5-1,2	1,0-2,7	1,7-3,8	2,3-5,0	1,0-2,3	1,4-3,0	1,9-3,7
1,6	0,4-0,6	0,23-0,5	0,6-1,5	1,0-2,1	1,3-2,8	0,6-1,3	0,8-1,7	1,1-2,1
0,8	0,2-0,3	—	—	—	—	—	—	—
0,4	0,15	—	—	—	—	—	—	—

3. Вибір подачі при шліфуванні виконують в залежності від характеристик ріжучого інструмента (табличний метод).

Таблиця Г.6

Подачі при шліфуванні

Матеріал, що обробляють	Характеристика процесу шліфування	Швидкість круга V_K , м/с	Швидкість заготовки V_K , м/хв	Глибина шліфування	Продольна подача S	Радіальна подача S_P , мм/об
Конструкційні метали і кольорові сплави	З продольною подачею на кожен хід:	30-35	12-25	0,01-0,025	(0,3-0,7)В	—
	Попереднє		15-55	0,005-0,05	(0,2-0,4)В	—
	Остаточне		20-30	0,015-0,05	(0,3-0,7)В	—
	З продольною подачею на подвійний хід		30-50	—	—	0,0025-0,075
	Врізане:		20-40	—	—	0,001-0,005
	Попереднє					
	Остаточне					

Примітки: 1. B – товщина круга, мм.

2. Для розрахунку потужності при круглому шліфуванні, якщо значення подовжньої подачі приведене в мм/хв, визначають подовжню подачу в мм/об заготовки по формулі S (мм/об) = S (мм/хв) $\times (\pi d / 1000 V_3)$, де d – діаметр заготівки, мм; V_3 – окружна швидкість заготівки, м/хв.

4. Вибір подачі при свердлуванні виконують в залежності від міцності ріжучого інструмента (табличний метод).

Таблиця Г.7

Подачі при свердлуванні, мм/об, при свердлінні свердлами з швидкорізальної сталі

Діаметр свердла D , мм	Сталь				Сірий і ковкий чавун мідні і алюмінієві сплави	
	$HB < 160$	$HB160 - 240$	$HB240 - 300$	$HB > 300$	$HB \leq 170$	$HB > 170$
2-4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11-0,14	0,09-0,12	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15	0,36-0,45	0,24-0,31
10-12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,20-0,23	0,17-0,20	0,55-0,66	0,35-0,41
16-20	0,43-0,49	0,33-0,38	0,23-0,27	0,20-0,23	0,66-0,76	0,41-0,47
20-25	0,49-0,58	0,38-0,43	0,27-0,32	0,23-0,26	0,76-0,89	0,47-0,54
25-30	0,58-0,62	0,43-0,48	0,32-0,35	0,26-0,29	0,89-0,96	0,54-0,60
30-40	0,62-0,78	0,48-0,58	0,35-0,42	0,29-0,35	0,96-1,19	0,60-0,71
40-50	0,78-0,89	0,58-0,66	0,42-0,48	0,35-0,40	1,19-1,36	0,71-0,81

Примітка. Приведені подачі застосовують при свердлінні отворів глибиною $l \leq 3d$ з точністю не вище 12-го квалітету в умовах жорсткої технологічної системи. Інакше вводять поправочні коефіцієнти:

1) на глибину отвору - $K_{ls} = 0,9$ при $l \leq 5d$; $K_{ls} = 0,8$ при $l \leq 7d$; $K_{ls} = 0,75$ при $l \leq 10d$;

2) на досягнення вищої якості отвору в зв'язку з подальшою операцією розгортання або нарізування різьблення - $K_{os} = 0,5$;

3) на недостатню жорсткість системи ВПД: при середній жорсткості $K_{жс} = 0,75$; при малій жорсткості $K_{жс} = 0,5$;

4) на інструментальний матеріал - $K_{\dot{e}s} = 0,5$ для свердла з ріжучою частиною з твердого сплаву.

ДОДАТОК Д

1. Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах швидкості різання виконують в залежності від виду обробки поверхонь, матеріалу пластин з твердого сплаву ріжучого інструмента, значень подач (табличний метод).

Таблиця Д.1

Значення коефіцієнтів C_v та показників ступеню в формулах швидкості різання при точінні

Вид обробки	Матеріал ріжучої частини різця	Характеристика подачі	Коефіцієнт і показники ступеню			
			C_v	x	y	m
<i>Обробка сталі</i>						
Зовнішнє повздожнє точіння прохідними різцями	Т15К6	S до 0,3	420	0,15	0,20	0,20
		S понад 0,3 до 0,7	350		0,35	
		$S > 0,7$	340		0,45	
Зовнішнє повздожнє точіння прохідними різцями з допоміжним лезом	Т15К6	$S \leq t$ $S > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
<i>Обробка сірого чавуна, від HB 190</i>						
Зовнішнє повздожнє точіння прохідними різцями	BK6	$S \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	243		0,40	
Зовнішнє повздожнє точіння прохідними різцями з допоміжним лезом	BK6	$S \leq t$ $S > t$	324	0,40 0,20	0,20 0,40	0,28
<i>Обробка ковкого чавуна, від HB 150</i>						
Зовнішнє повздожнє точіння прохідними різцями	BK8	$S \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	215		0,45	
<i>Обробка мідних гетерогенних сплавів середньої міцності, HB 100-140</i>						
Зовнішнє повздожнє точіння прохідними різцями	P18	$S \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,20$	182		0,30	

Таблиця Д.2

Поправочні коефіцієнти, враховуючі вплив параметрів різця на швидкість різання

Головний кут в плані φ°	Коефіцієнт $K_{\varphi V}$	Допоміжний кут в плані φ_1°	Коефіцієнт $K_{\varphi 1 V}$	Радіус при вершині різця, r^* , мм	Коефіцієнт $K_{r V}$
20	1,4	10	1,0	1	0,94
30	1,2	15	0,97	2	1,0
45	1,0	20	0,94	3	1,03
60	0,9	30	0,91	—	—
75	0,8	45	0,87	5	1,13
90	0,7	—	—	—	—

* Враховується тільки для різців з швидкоріжучої сталі.

Таблиця Д.3

Поправочний коефіцієнт K_{MV}

Матеріал, що обробляється	Розрахункова формула
Сталь	$K_{MV} = (750/\sigma_B)^{n_V}$
Сірий чавун	$K_{MV} = (190/HB)^{n_V}$
Ковкий чавун	$K_{MV} = (150/HB)^{n_V}$
Мідні сплави	$K_{MV} = (100/HB)^{n_V}$

Таблиця Д.4

Значення коефіцієнта K_r та показників ступеню n_V , для розрахунку коефіцієнта обробляемості K_{MV} , що приведене в табл. Д.3

Матеріал, що обробляється	Коефіцієнт K_r для матеріалу інструмента		Показники ступеню n_V , при обробці:					
			різцями		свердлами		фрезами	
	З швидк оріжуч ої сталі	З твердого сплаву	З швидк оріжуч ої сталі	З твердого сплаву	З швидк оріжуч ої сталі	З твердого сплаву	З швидк оріжуч ої сталі	З твердого сплаву
Сталь вуглецева σ_B , МПа:								
< 450	1,0	1,0	-1,0		-0,9		-0,9	
450...550	1,0	1,0	1,75	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
> 550	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9	
Чавун:								
Сірий	–	–	1,7	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
ковкий	–	–	1,7	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25
Мідні сплави	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблиця Д.5

Значення коефіцієнта K_{nV}

Стан поверхні заготовки					
Без кірки	З кіркою				
	Прокат	Поковка	Стальні та чавунні відливки з кіркою		Мідні сплави
			нормальні	сильно забруднені	
1,0	0,9	0,8	0,8...0,85	0,5...0,6	0,9

Таблиця Д.6

Значення коефіцієнта K_{IV}

Матеріал, що обробляється	Коефіцієнт K_{IV}						
Сталь конструкційна	T5K12B 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,0	T15K8 1,15	T30K4 1,4	BK8 0,4
Сірий та ковкий чавун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	BK2 1,25	–	–
Сталь, чавун, мідні сплави	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	У12А 0,5	–

Таблиця Д.8

Поправочні коефіцієнти, враховуючі вплив геометричних параметрів ріжучій частини інструменту на складові сили різання

Параметри		Матеріал ріжучої частини інструменту	Позначення	Поправочні коефіцієнти		
Найменування	Величина			Величина коефіцієнтів для складових		
				Тангенційної P_z	Радіальної P_y	Осьової P_x
Головний кут в плані φ°	30	Твердий сплав	$K_{\varphi Pz}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	60			0,89	0,50	1,17
	30	Швидко-різальна сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,98	0,71	1,27
	60			1,08	0,44	1,82
Передній кут γ°	-15	Твердий сплав	$K_{\gamma Pz}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
	12...15	Швидко-різальна сталь		1,15	1,6	1,7
	20...25			1,0	1,0	1,0
Кут нахилу головного леза λ°	-5	Твердий сплав	$K_{\lambda Pz}$	1,0	0,75	1,07
	0				1,0	1,0
	5				1,25	0,85
	15				1,7	0,65
Радіус при вершині r , мм	0,5	Швидко-різальна сталь	$K_{r Pz}$	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,10	1,33	

Таблиця Д.9

Подачі, мм/об, що допускаються міцністю пластини з твердого сплаву, при точінні конструкційної сталі різцями з головним кутом в плані $\varphi = 45^\circ$

Товщина пластини, мм	Глибина різання, мм, до			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8
6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,6	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

Примітки: 1. Залежно від механічних властивостей сталі на табличні значення подачі вводити поправочний коефіцієнт 1,2 при $\sigma_B = 480...640$ МПа; 1,0 при $\sigma_B = 650...870$ МПа і 0,85 при $\sigma_B = 870...1170$ МПа.

2. При обробці чавуну табличне значення подачі множити на коефіцієнт 1,6.

3. Табличне значення подачі множити на поправочний коефіцієнт 1,4 при $\varphi = 30^\circ$; 1,0 при $\varphi = 45^\circ$; 0,6 при $\varphi = 60^\circ$ і 0,4 при $\varphi = 90^\circ$.

4. При обробці з ударами подачу зменшувати на 20%.

ДОДАТОК Е

1. Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах швидкості різання при торцевому та циліндричному фрезеруванні виконують в залежності від виду обробки поверхонь, матеріалу пластин з твердого сплаву ріжучого інструмента, значень подач (табличний метод).

Таблиця Е.1

Значення коефіцієнтів та показників ступеню в формулах швидкості різання при торцевому та циліндричному фрезеруванні

Фрези	Матеріал ріжучої частини фрези	Параметри шару, що зрізується			Коефіцієнти та показники ступеню в формулах швидкості різання							
		B	t	S_z	C_V	q	x	y	u	p	m	
<i>Обробка конструкційних сталей $\sigma_B = 500...750$ МПа</i>												
Торцеві	T15K6	–	–	–	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2	
	P6M5	–	–	$\leq 0,1$ $> 0,1$	64,7 41	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2	
Циліндрові	T15K6	≤ 35	≤ 2	–	390	0,17	0,19 0,38 0,19 0,38	0,28	-0,05 ...	0,1	0,33	
			> 2	–	443							
		≥ 35	≤ 2 > 2	–	616 700							
	P6M5	–	–	$\leq 0,1$ $> 0,1$	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33	
<i>Обробка сірого чавуна HB160...220</i>												
Торцеві	ВК6	–	–	–	445	0,2	0,15 0,1	0,35 0,4	0,2 0,1	0	0,32 0,15	
	P6M5	–	–	–	42							
Циліндрові	ВК6	–	$\leq 2,5$	$\leq 0,2$ $> 0,2$	923	0,37	0,13 0,40	0,19 0,47	0,23	0,14	0,42	
				$> 2,5$	$\leq 0,2$ $> 0,2$							588 1180
					$> 0,2$							750
	P6M5	–	–	$\leq 0,15$ $> 0,15$	57,6 27	0,7	0,5	0,2 0,6	0,3	0,3	0,25	
<i>Обробка ковкого чавуна HB150...170</i>												
Торцеві	ВК6	–	–	$\leq 0,18$ $> 0,18$	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33	
	P6M5	–	–	$\leq 0,1$ $> 0,1$	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2	
Циліндрові	P6M5	–	–	$\leq 0,1$ $> 0,1$	77 49,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33	
<i>Обробка мідних сплавів HB100...180</i>												
Торцеві	P6M5	–	–	0,1	136 86,2	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2	
Циліндрові	P6M5	–	–	0,1	115,5 74,3	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33	
<p>Примітка. Швидкість різання для торцевих фрез, розрахована за табличними даними, дійсна при головному вугіллі в плані $\varphi = 60^\circ$. При інших величинах цього кута значення швидкості слід умножати на коефіцієнти: при $\varphi = 15^\circ$ - на 1,6; при $\varphi = 30^\circ$ - на 1,25; при $\varphi = 45^\circ$ - на 1,1; при $\varphi = 75^\circ$ - на 0,93; при $\varphi = 90^\circ$ - на 0,87.</p>												

Таблиця Е.2

Значення коефіцієнтів та показників ступеню в формулах по визначенню сили різання при торцевому та циліндричному фрезеруванні

Фрези	Матеріал ріжучої частини фрези	Коефіцієнт та показники ступеню					
		C_p	x	y	u	q	i
<i>Обробка конструкційних сталей $\sigma_B = 500...750$ МПа</i>							
Торцеві	Твердий сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкоріжуча сталь	82,5	0,95	0,8		1,1	0
Циліндрові	Твердий сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Швидкоріжуча сталь	68,2	0,86	0,72		0,86	
<i>Обробка сірого чавуна НВ160...220</i>							
Торцеві	Твердий сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Швидкоріжуча сталь	50		0,72		1,14	
Циліндрові	Твердий сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Швидкоріжуча сталь	30	0,83	0,65		0,83	
<i>Обробка ковкого чавуна НВ150...170</i>							
Торцеві	Твердий сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкоріжуча сталь	50	0,95	0,8		1,1	0
Циліндрові	Швидкоріжуча сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
<i>Обробка мідних сплавів НВ100...180</i>							
Циліндрові	Швидкоріжуча сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0
<p>Примітки: Окружна сила P_Z, розрахована за табличними даними, відповідає роботі фрезою без затуплення. При затупленні фрези щодо величини зносу, що допускається, сила зростає: при обробці м'якої сталі ($\sigma_B \leq 600$ МПа) в 1,75...1,9 разу; у решті всіх випадків - в 1,2...1,4 разу.</p>							

ДОДАТОК Ж

1. Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах швидкості різання при шліфуванні виконують в залежності від виду обробки поверхонь, матеріалу, що обробляють, виду шліфування, характеристик процесу шліфування (табличний метод).

Таблиця Ж.1

Значення коефіцієнтів та показників ступеню в формулах швидкості різання при шліфуванні

Матеріал, що обробляють	Характеристики процесу шліфування	Швид. круга, V_K , м/с	Швид. заготовки, V_3 , м/с	Глибина шліфування, t , мм	Повздовжня подача, S , мм	Радиальна подача, S_P , мм
<i>Кругове зовнішнє шліфування</i>						
Конструктивні метали	З подовжньою подачею на кожен хід:	30...35	12...25	0,01...0,025	(0,3...0,7)В	
	Попереднє		15...55	0,005...0,015	(0,2...0,4)В	
	Остаточне					
	З подовжньою подачею на подвійний хід		20...30	0,015...0,05	(0,3...0,7)В	
Врізане:						
	Попереднє		30...50	—	—	0,0025...0,0175
	Остаточне		20...40	—	—	0,001...0,005

Таблиця Ж.2

Значення коефіцієнтів та показників ступеню в формулах потужності різання при шліфуванні

Шліфування	Матеріал, що обробляється	Шліфувальний круг		Коефіцієнт та показники ступеню					
		Зернистість	Міцність	C_N	r	x	y	q	z
Кругле зовнішнє: з поперечною подачею на подвійний хід з поперечною подачею на кожен хід врізне	Конструктивні матеріали	50...40	СМ1...СМ2	1,3	0,75	0,85	0,7	—	—
		50...40	СМ2	2,2	0,5	0,5	0,55	—	—
			СМ1...С1	2,65	0,5	0,5	0,55		
		50	С1	0,14	0,8	0,8	—	0,2	1,0

1. Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах швидкості різання при свердлінні виконують в залежності від матеріалу, що обробляють, від марки інструментального матеріалу, характеристик процесу шліфування (табличний метод).

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнтів та показників ступеню в формулах швидкості різання при свердлуванні

Матеріал, що обробляється	Матеріал ріжучої частини	Подача S , мм/об	Коефіцієнт та показники ступеню				Охолодження
			C_v	q	y	m	
Сталь конструкційна вуглецева	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,40	0,70	0,20	Існує
		$> 0,2$	9,8		0,50		
Чавун сірий	P6M5	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125	Немає
		$> 0,3$	17,1		0,40		
Чавун ковкий	VK8	–	34,2	0,45	0,30	0,20	Немає
		P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,125
$> 0,3$	25,3		0,40				
Мідні сплави	P6M5	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,125	Існує
		$> 0,3$	32,6		0,40		

Примітки: Для свердел з швидкоріжучої сталі розраховані по приведеним даним швидкість різання дійсна при двійні заточці та з підточеною перемичкою. При одинарній заточці свердел з швидкоріжучої сталі розраховану швидкість різання необхідно зменшувати, помножуючи її на коефіцієнт $K_{zv} = 0,75$.

Таблиця 3.2

Значення поправочного коефіцієнту K_{LV} в залежності від швидкості різання та глибини отвору

Глибина отвору, що обробляється	3D	4D	5D	6D	8D
Коефіцієнт K_{LV}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6

2. Вибір значень коефіцієнтів та показників ступеню в формулах по визначенню складової сили різання та моменту, що крутить при свердлуванні виконують в залежності від матеріалу, що обробляють, від марки інструментального матеріалу, характеристик процесу шліфування (табличний метод).

Таблиця 3.3

Значення коефіцієнтів та показників ступеню в формулах по визначенню складової сили різання та моменту, що крутить при свердлуванні

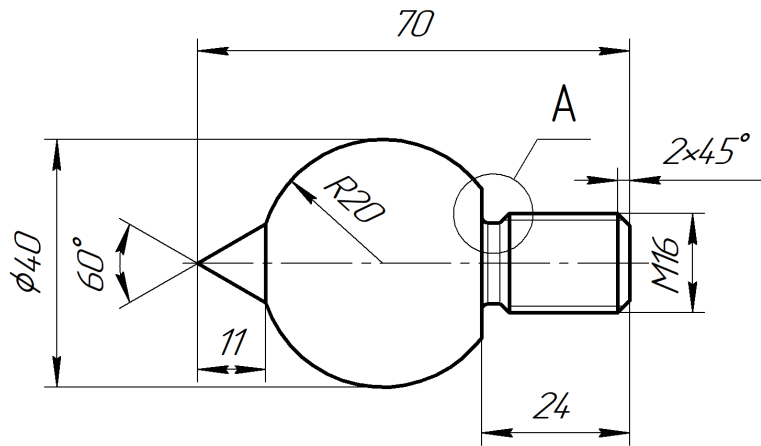
Матеріал, що обробляється	Матеріал ріжучої частини	Коефіцієнти та показники ступеню							
		Момент, що крутить				Складова сили різання			
		C_M	q	x	y	C_P	q	x	y
Конструкційні сталі	Швидкоріжуча сталь	0,0345	2,0	–	0,8	68	1,0	–	0,7
Сірий чавун	Швидкоріжуча сталь	0,021	2,0	–	0,8	42,7	1,0	–	0,8

Продовження табл. 3.3

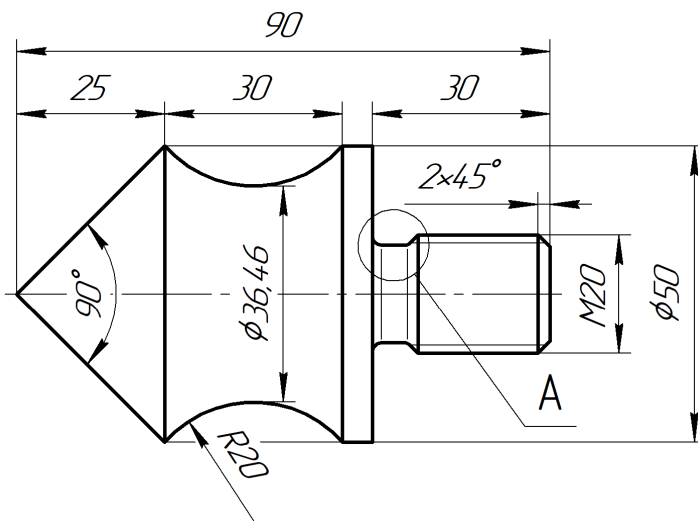
	Твердий сплав	0,012	2,2	–	0,8	42	1,2	–	0,75
Ковкий чавун	Швидкоріжуча сталь	0,021	2,0	–	0,8	43,3	1,0	–	0,8
	Твердий сплав	0,01	2,2	–	0,8	32,8	1,2	–	0,75
Мідні сплави	Швидкоріжуча сталь	0,012	2,0	–	0,8	31,5	1,0	–	0,8
<p>Примітки: Розраховані по формулі значення складової сили різання при свердлуванні дійсні для свердел з підточеною серцевиною; з не підточеною серцевиною значення складової сили різання при свердлінні зростає в 1,33 разу.</p>									

ДОДАТОК К

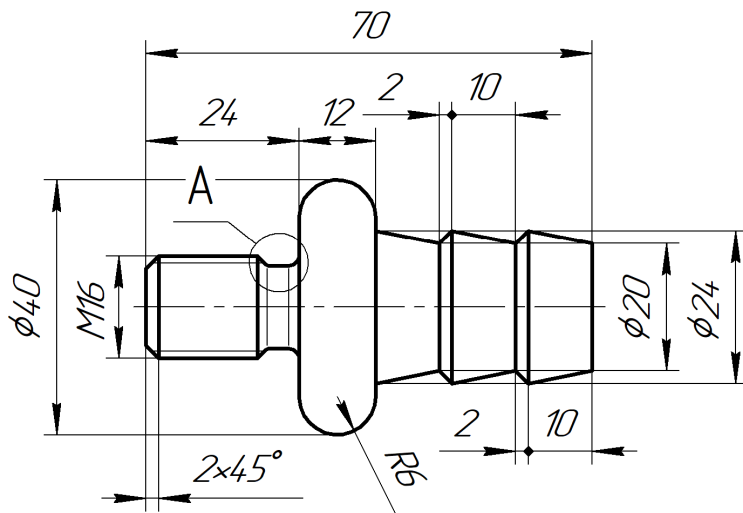
Завдання для розробки КП на токарні операції



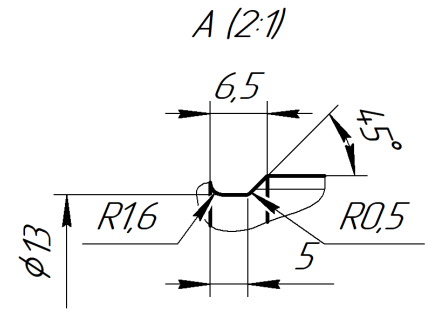
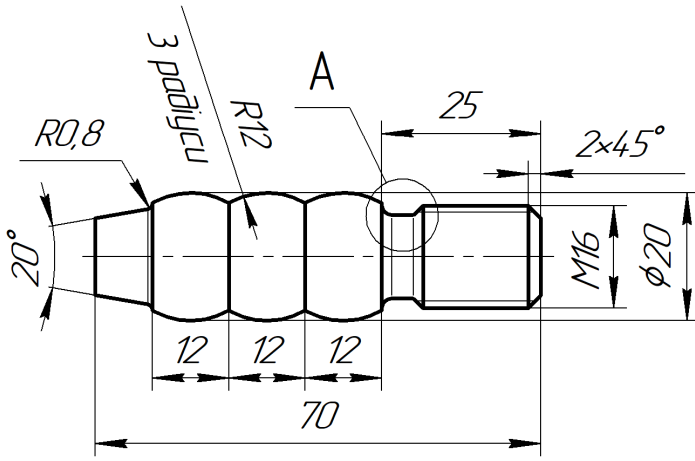
Варіант №1



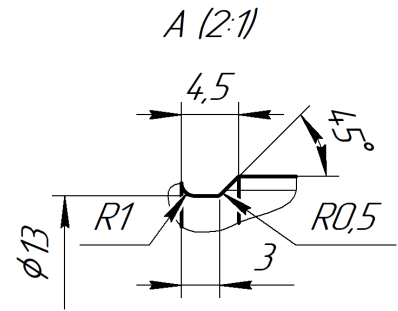
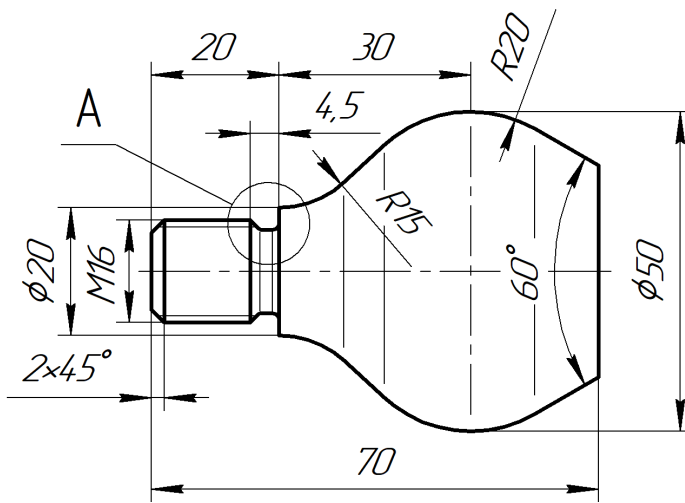
Варіант №2



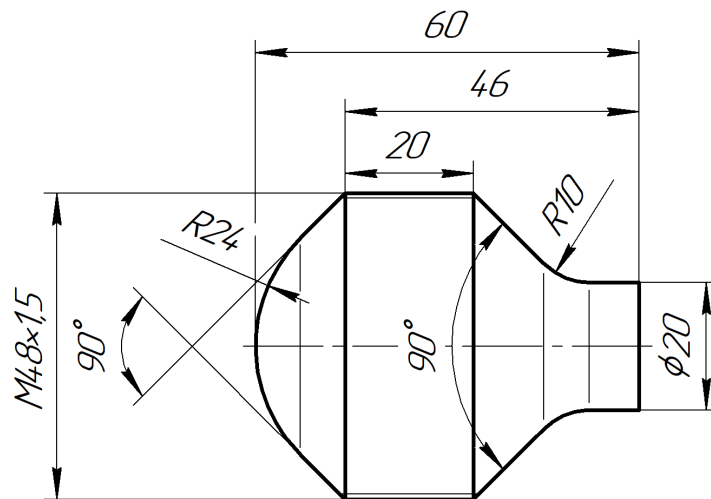
Варіант №3



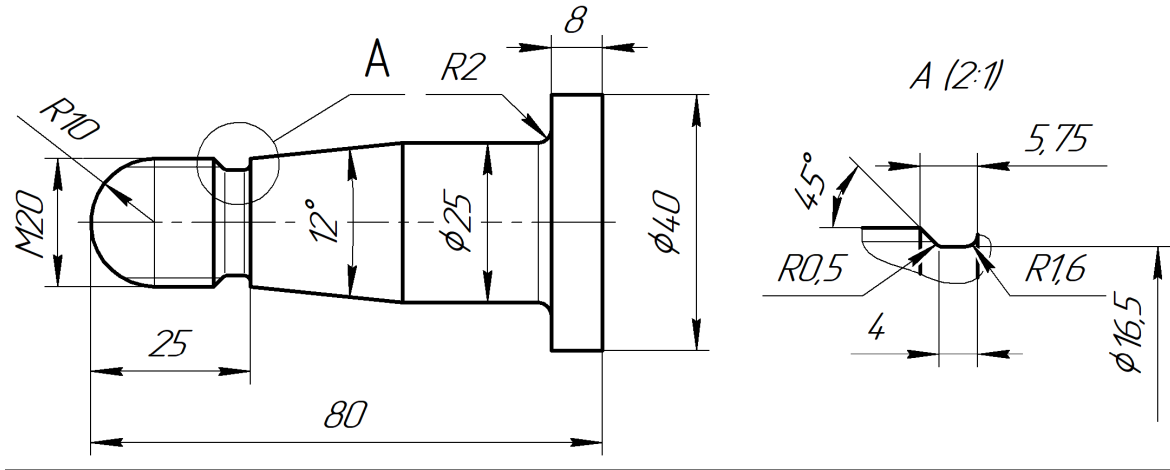
Вариант №4



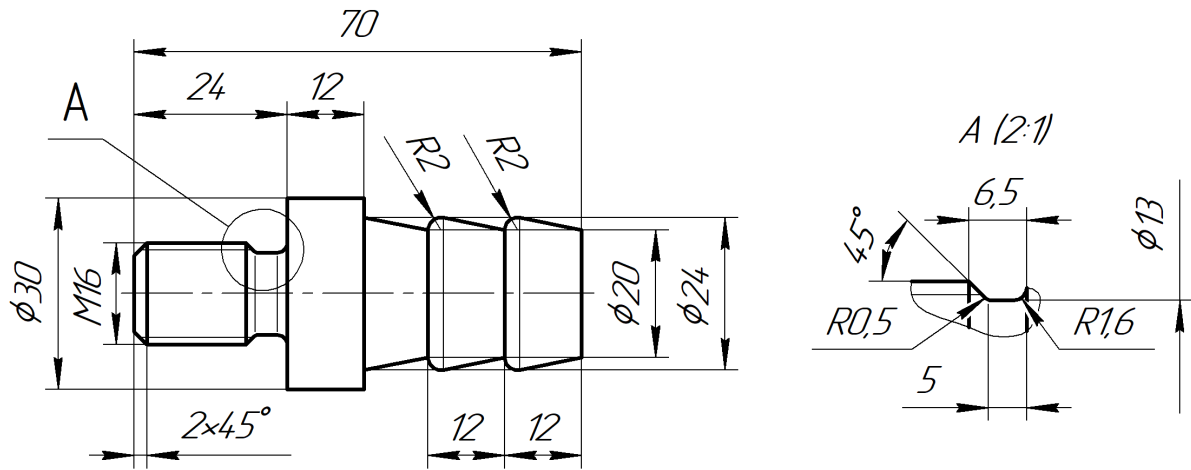
Вариант №5



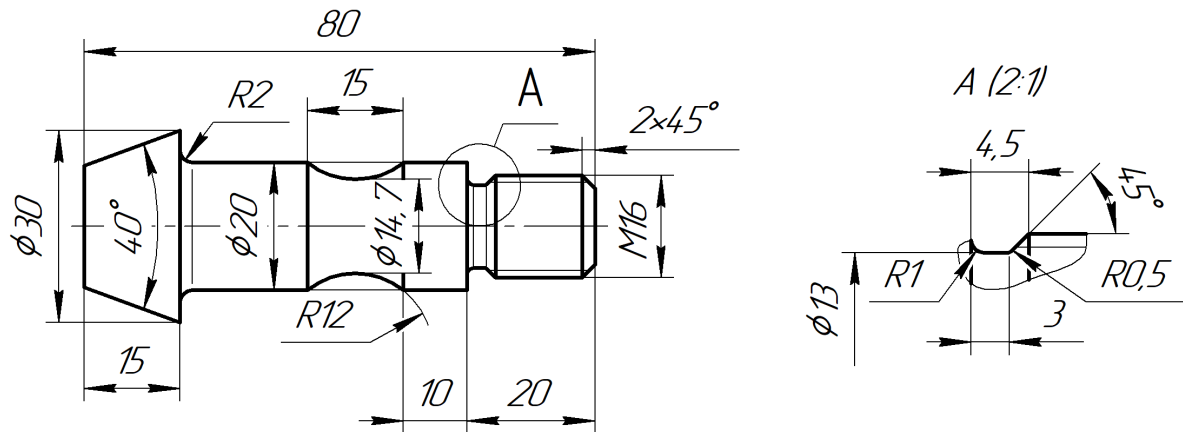
Вариант №6



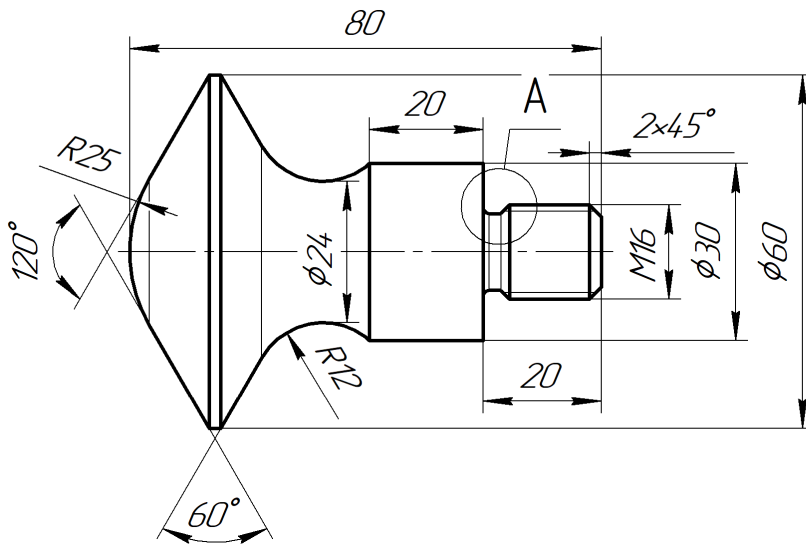
Вариант №7



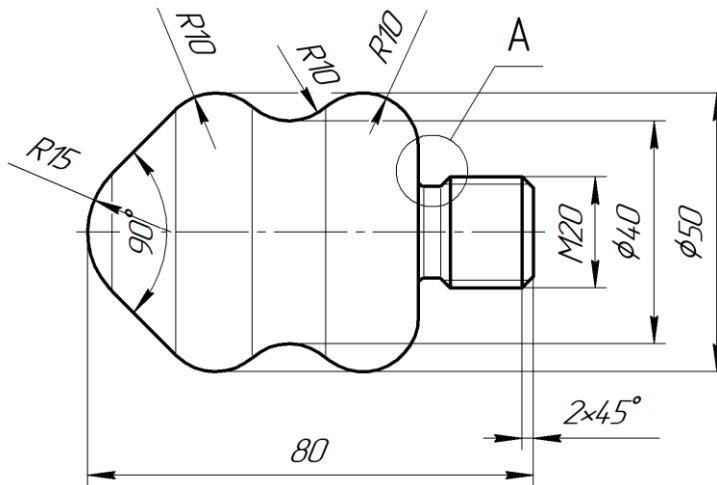
Вариант №8



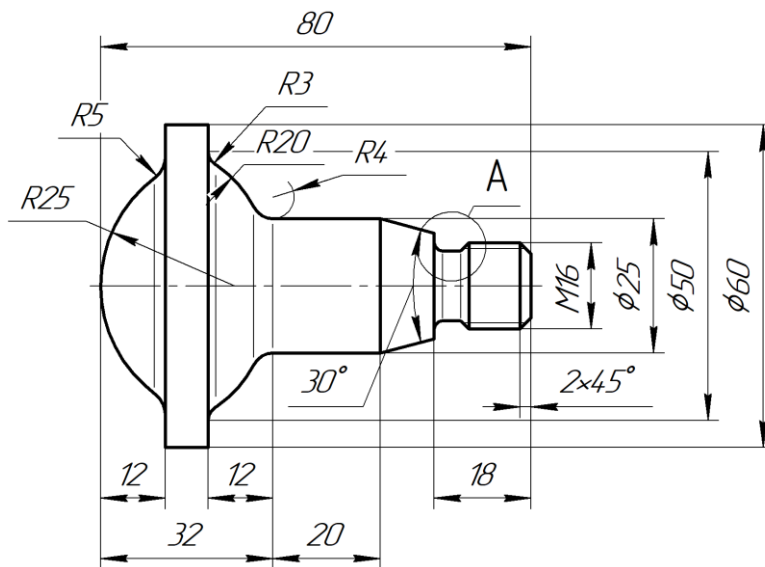
Вариант №9



Вариант №10



Вариант №11

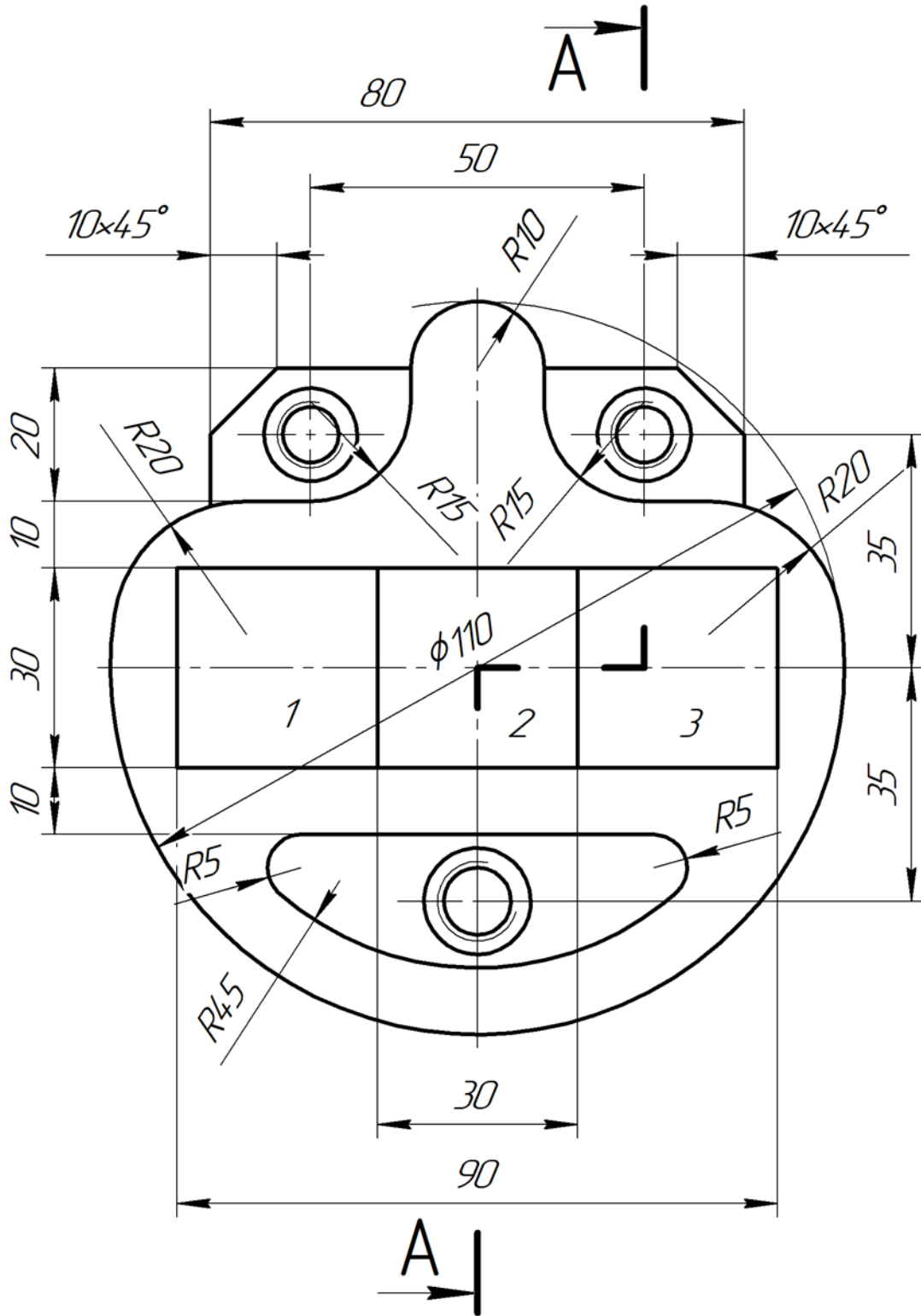


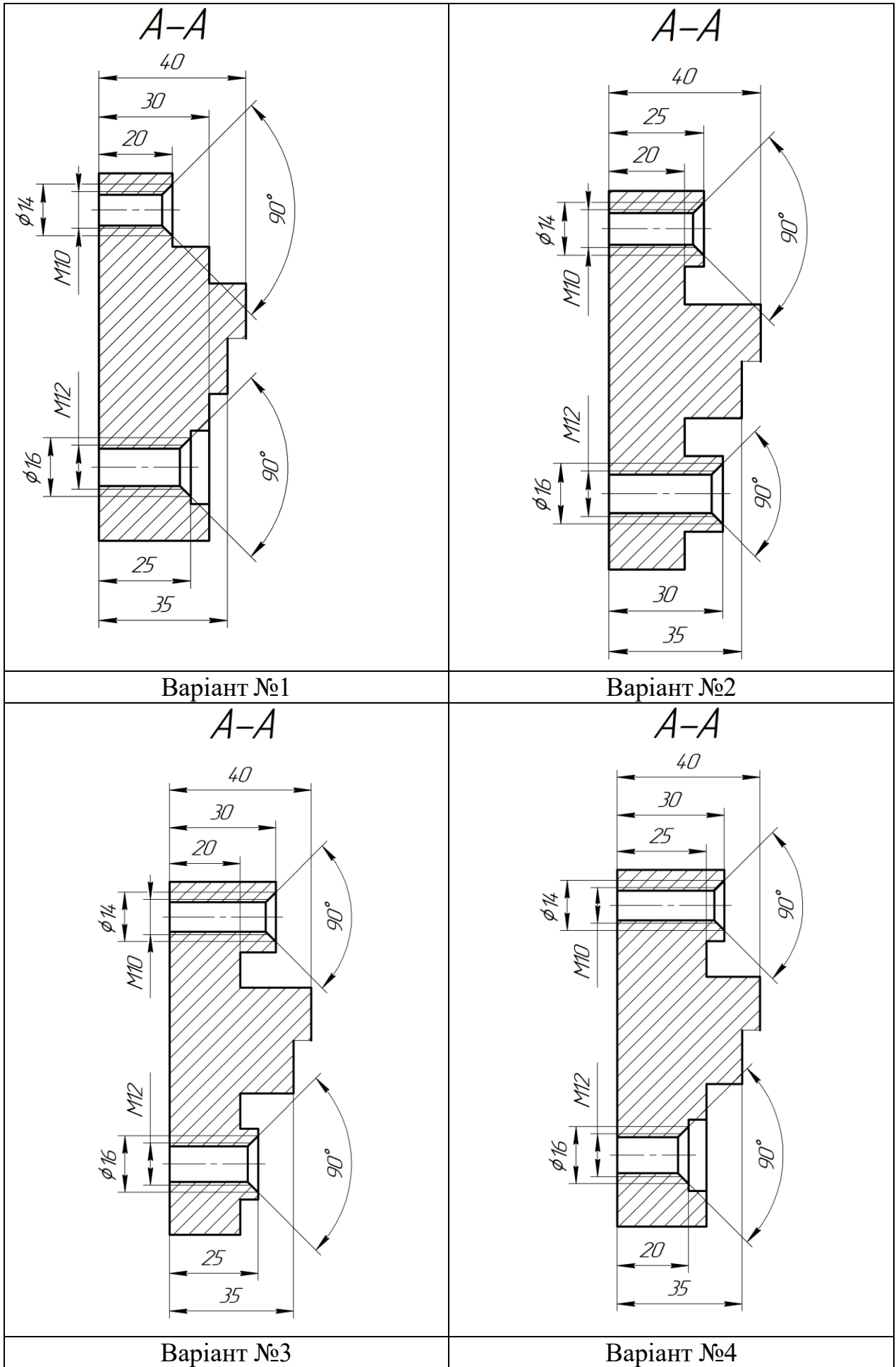
Вариант №12

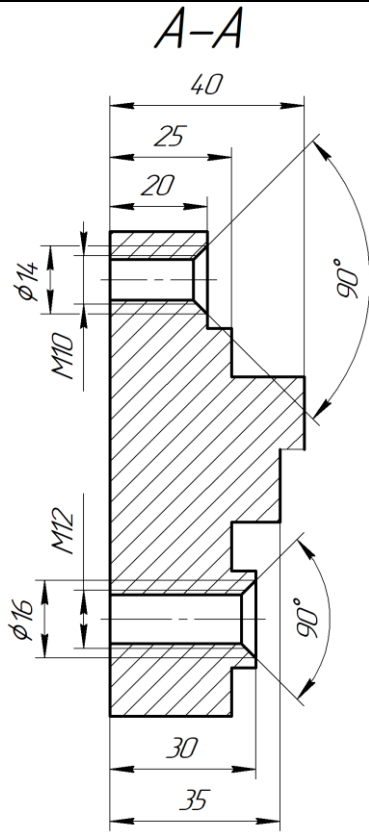
ДОДАТОК Л

Завдання для розробки КП на фрезерні, багатоінструментальні операції

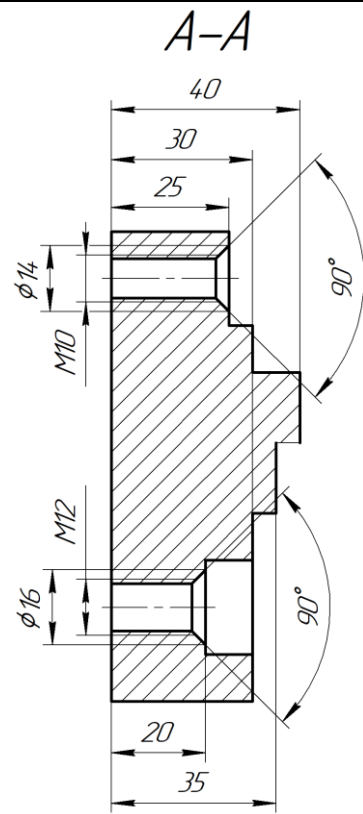
Головний вид для всіх варіантів спільний. Різниця висот визначається по перерізу, представлено у різних варіантах.



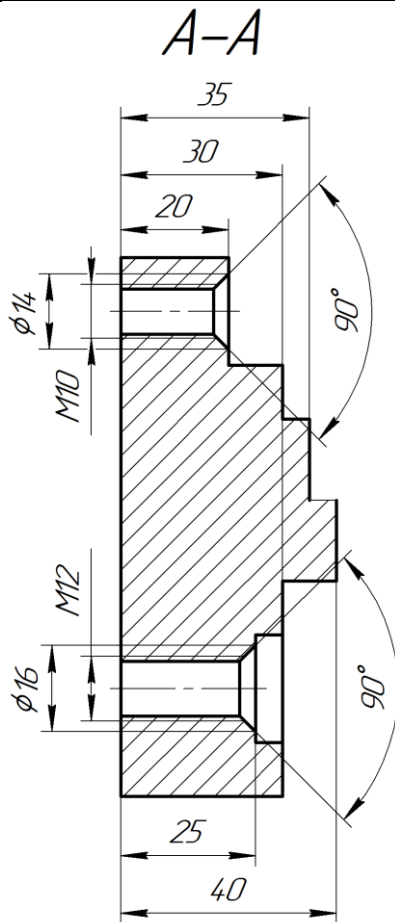




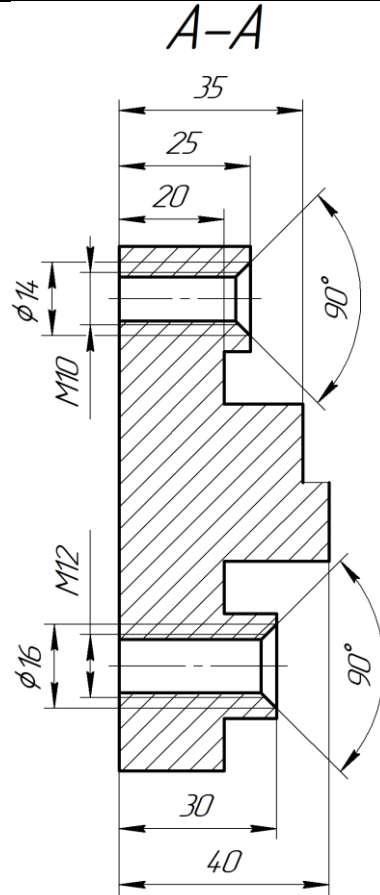
Вариант №5



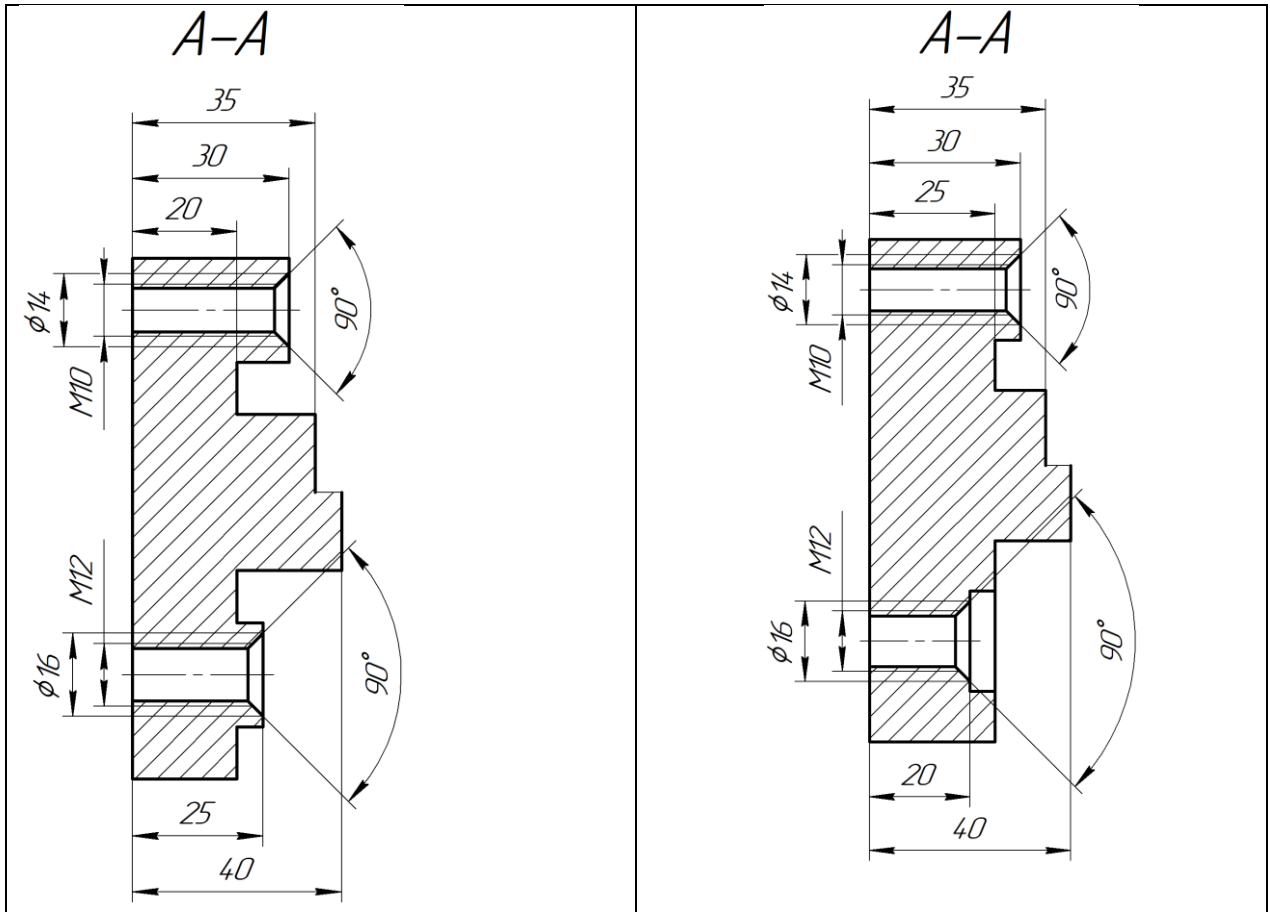
Вариант №6



Вариант №7

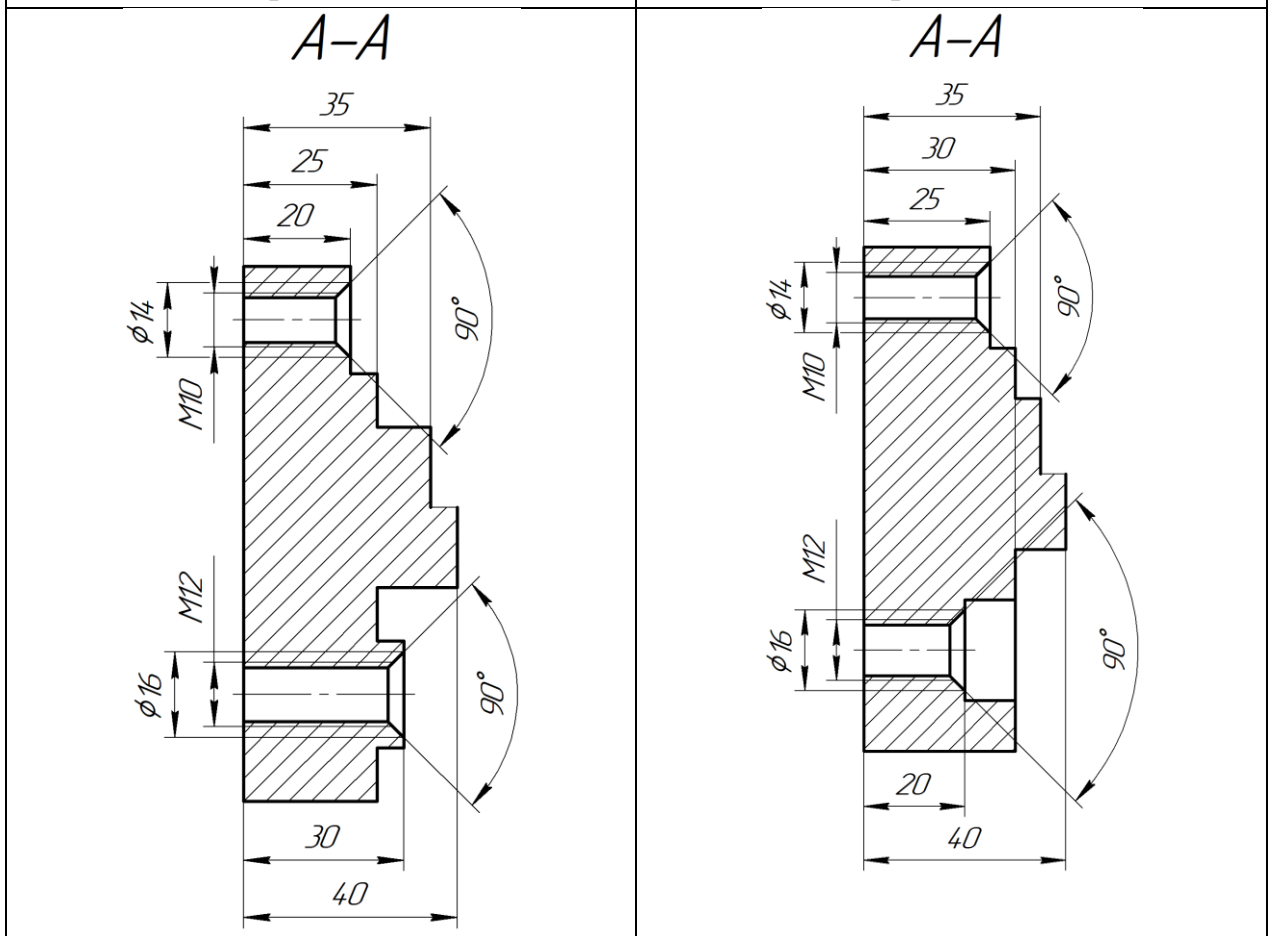


Вариант №8



Вариант №9

Вариант №10



Вариант №11

Вариант №12

ДОДАТОК М

Вибір характеристики шліфувального круга

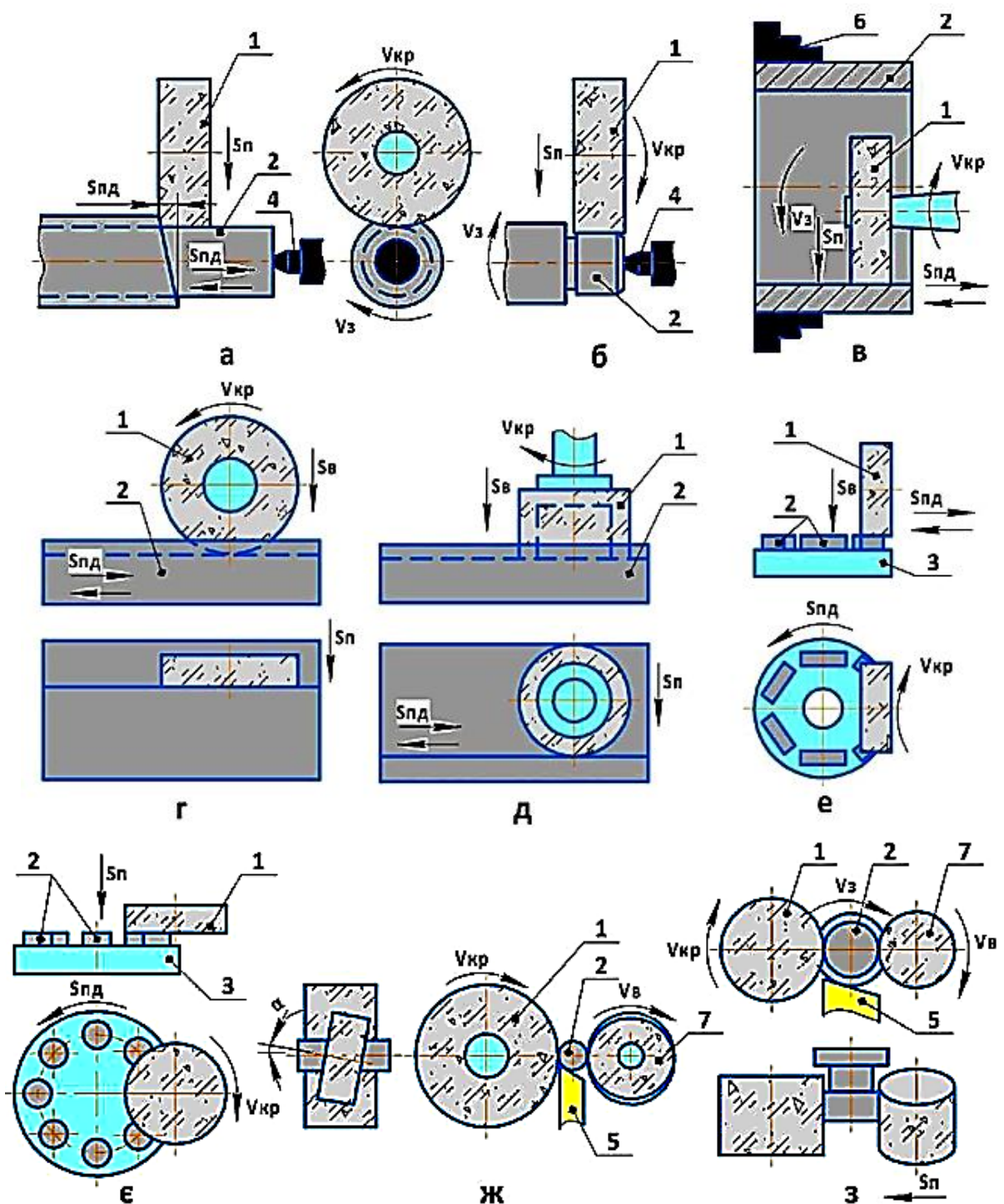


Рисунок М.1 – Кругле зовнішнє шліфування з повздожньою подачею (а) та радіальною подачею (б), внутрішнє шліфування (в), плоске шліфування периферією (г) та торцем (д) круга на верстатах з прямокутним столом, плоске шліфування периферією (е) та торцем (е) круга на верстатах з круглим столом, безцентрове шліфування з повздожньою (ж) та радіальною (з) подачею: 1 – шліфувальний круг, 2 – оброблювана заготовка, 3 – стіл верстата, 4 – центр задньої бабки, 5 – підтримуюча пластина, 6 – самоцентрувальний патрон, 7 – ведучий круг.

Таблиця МЗ

Вибір характеристики шліфувального круга (робоча швидкість шліфування до 35 м/с)

Вид шліфування	Клас шорсткості / параметр шорсткості Ra , мкм	Конструкційна сталь (вуглецева і легована)		
		HRC \leq 30	HRC=30...50	HRC \geq 50
Кругле зовнішнє з поздовжньою подачею	5 / 5...2,5	15A50HC16K1	15A50HCM26K1	15A50HCM15K1
	6 / 2,5...1,25	15A40HC26K1	15A40HC16K1	15A40HCM25K1
	7 / 1,26...0,63	22A25ПСТ16K1	22A25ПC16K1	22A25ПCМ25K1
	8 / 0,63...0,32	24A16ПСТ16K1	24A16ПC26K1	24A16ПC15K1
Теж саме з радіальною подачею	5 / 5...2,5	15A50HC26K1	15A50HC16K1	15A50HCM25K1
	6 / 2,5...1,25	15A40HCM16K1	15A40HCM26K1	15A40HCM25K1
	7 / 1,26...0,63	22A25HCT16K1	22A25ПC16K1	22A25ПC15K1
	8 / 0,63...0,32	24A16HCT26K1	24A16ПC26K1	24A16ПC25K1
Безцентрове з поздовжньою подачею	5 / 5...2,5	15A50HC26K1	15A50HC16K1	15A50HCM25K1
	6 / 2,5...1,25	15A40HCT16K1	15A40HC26K1	15A40HCM25K1
	7 / 1,26...0,63	22A25HCT16K1	22A25HCT16K1	22A25ПC15K1
	8 / 0,63...0,32	24A16HCT26K1	24A16HCT16K1	24A16ПC25K1
Теж саме з радіальною подачею	5 / 5...2,5	15A50HCT16K1	15A50HC25K1	15A50HC15K1
	6 / 2,5...1,25	15A40HCT16K1	15A40HC26K1	15A40HC15K1
	7 / 1,26...0,63	22A25HCT26K1	22A25ПСТ16K1	22A25ПC25K1
	8 / 0,63...0,32	24A16HCT26K1	24A16ПСТ16K1	24A16ПC25K1
Внутрішнє	5 / 5...2,5	15A50HC14K0	15A50HCM24K0	15A50HCM23K0
	6 / 2,5...1,25	15A40HC24K0	15A40HC14K0	15A40HCM23K0
	7 / 1,26...0,63	22A25ПC24K0	22A25ПC24K0	22A25ПC13K0
	8 / 0,63...0,32	24A16ПСТ14K0	24A16ПC24K0	24A16ПC23K0
Плоске периферією кругу з прямокутним столом	5 / 5...2,5	15A50HCM26K1	15A50HCM16K1	15A50HM35K1
	6 / 2,5...1,25	15A40HCM26K1	15A40HCM16K1	15A40HM35K1
	7 / 1,26...0,63	22A25ПC16K1	22A25ПCМ26K1	22A25ПCМ15K1
	8 / 0,63...0,32	24A16ПC16K1	24A16ПCМ26K1	24A16ПCМ15K1
Теж саме з торцем кругу	5 / 5...2,5	15A50HCM18K1	15A50HCM18K1	15A50HCM28K1
	6 / 2,5...1,25	15A40HCM18K1	15A40HCM18K1	15A40HM28K1
	7 / 1,26...0,63	15A25ПCМ28K1	15A25ПCМ18K1	15A25ПМ38K1
	8 / 0,63...0,32	15A25ПCМ28K1	15A25ПCМ18K1	15A25ПМ38K1
Плоске периферією кругу з круглим ст..	5 / 5...2,5	15A50HCM26K1	15A50HCM16K1	15A50HM36K1
	6 / 2,5...1,25	15A40HCM26K1	15A40HCM16K1	15A40HM36K1
	7 / 1,26...0,63	15A25ПC16K1	15A25ПCМ26K1	15A25HCM16K1
	8 / 0,63...0,32	15A16ПC16K1	15A16ПCМ26K1	15A16HCM16K1
Теж саме з торцем кругу	5 / 5...2,5	15A50HCM18B1	15A50HCM18B1	15A50HM28B1
	6 / 2,5...1,25	15A40HCM18B1	15A40HCM18B1	15A40HM28B1
	7 / 1,26...0,63	15A25ПCМ28B1	15A25ПCМ18B1	15A25HM38B1
	8 / 0,63...0,32	15A25ПCМ28B1	15A25ПCМ18B1	15A25HM38B1

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Кондратюк Олег Леонідович
Скоркіна Валентина Олександрівна
Іщенко Михайло Григорович

ОСНОВИ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки

з виконання практичних занять з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальностями А5.34 «Професійна освіта (Машинобудування)», А5.38 «Професійна освіта (Транспорт)»

В авторській редакції

Підписано до розміщення .10.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 6,95. Обсяг 9,256 Мб. Зам. № 363/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна