Міністерство освіти і науки України

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «БЕРДЯНСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Національного університету «Запорізька політехніка»

Циклова комісія професійних дисциплін

МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ОСНОВИ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ТА ІНСТРУМЕНТ

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
	131 Прикладна механіка
ОПП	Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях
	Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування
	Обслуговування верстатів з ПУ і робототехнічних комплексів.

2026р.

Тема. Оброблення матеріалів на токарних верстатах

Мета роботи: *набуття практичних навичок із оброблення матеріалів на токарних верстатах, ознайомлення з будовою та класифікацією токарних різців, їх призначенням, навчити правильно обирати різець та матеріал різальної частини інструменту, та вибирати режими різання.*

1. Теоретичні відомості

1.1 Відомості про оброблення на токарних верстатах

Точінням називається обробка різцями будь-якої форми зовнішніх або внутрішніх поверхонь обертання. Під час точіння оброблювана поверхня деталі обертається навколо своєї геометричної осі, а різець безперервно переміщується відносно цієї поверхні, знімаючи з неї шар металу потрібної товщини (рис. 1*)*.

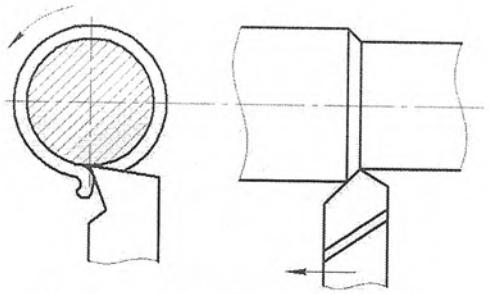


Рисунок 1 - Схема точіння

Головним рухом під час токарної обробки є обертальний рух деталі. Під час цього руху різець зрізує з оброблюваної поверхні стружку. Переміщення різця відносно оброблюваної поверхні, що забезпечує безперервність процесу різання є *рухом подачі*. Точіння здійснюється на токарно-гвинторізних, гідрокопіювальних, токарно-револьверних, багато різцевих, токарно-карусельних верстатах, одношпиндельних і багатошпиндельних токарних півавтоматах та автоматах. Деталі, що мають поверхні за формою тіл обертання, можна розділити на вали, втулки і диски. Точіння циліндричних та торцевих поверхонь кожної з цих деталей, для забезпечення необхідної точності, виконують чорнове, чистове і тонке. При чорновому точінні точність обробки досягається 14-го квалітету і шорсткість Rz = 40 мкм. Чистове точіння забезпечує точність обробки 7 - 8-го квалітету і шорсткість поверхні Ra = 1,25 мкм. Тонке точіння забезпечує точність обробки 6 - 7-го квалітету і шорсткість поверхні Ra = 0,25 мкм.

При обробці довгих, мало жорстких валів застосовують спеціальні пристрої - нерухомі і рухомі люнети. Люнети служать додатковою опорою, що сприймає навантаження. Рухомий люнет, переміщуючись за різцем, сприймає силу різання. Оброблювана поверхня спирається на кулачки люнета. У тих випадках, коли варто забезпечити співвісність поверхні, що обточується, з раніше обробленою поверхнею, кулачки люнета встановлюють перед різцем, тобто на раніше обточену поверхню.

Основним різальним інструментом для точіння є різець, будова якого показана на рис. 2.

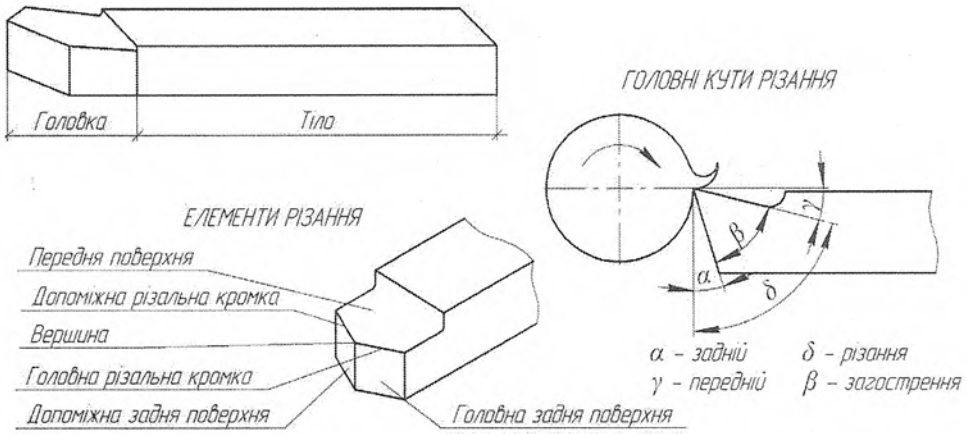


Рисунок 2 - Будова токарних різців

Класифікують різці за напрямком подачі, формою головки різця (рис.3), формою перерізу різця, способом кріплення ріжучої частини різця зі стрижнем, характером обробки і видом виконуваних робіт.

За формою головок різці бувають прямі, відігнуті, вигнуті і з відтягнутою головкою.

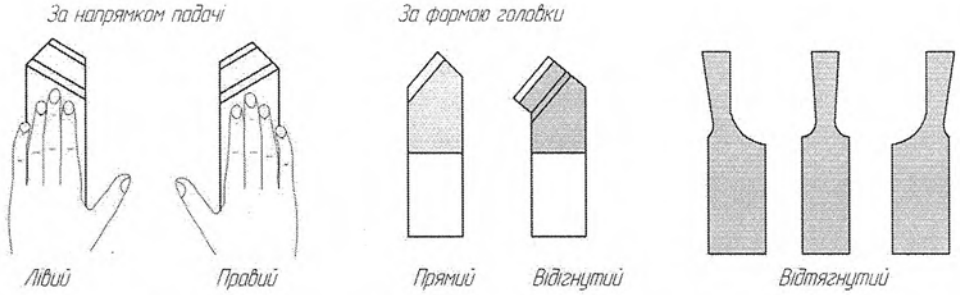


Рисунок 3 - Класифікація різців за напрямком подачі та формою головки різця

У прямих різців вісь різця пряма, а в відігнутих вона викривлена вправо або вліво. У вигнутих – вісь різця вигнута в боковій поверхні. У різців з відтягнутою головкою ширина головки менша ширини державки різця, і головка може бути розміщена симетрично відносно осі стрижня чи зміщена вправо або вліво від осі.

За характером обробки розрізняють чорнові (обдирочні) і чистові (для тонкого точіння).

За видом виконуваних робіт токарні різці поділяються (рис.1.4) на прохідні (1-4), розточні (5, 6), підрізні, прорізні, відрізні (7), різьбові (8), і галтельні (9).

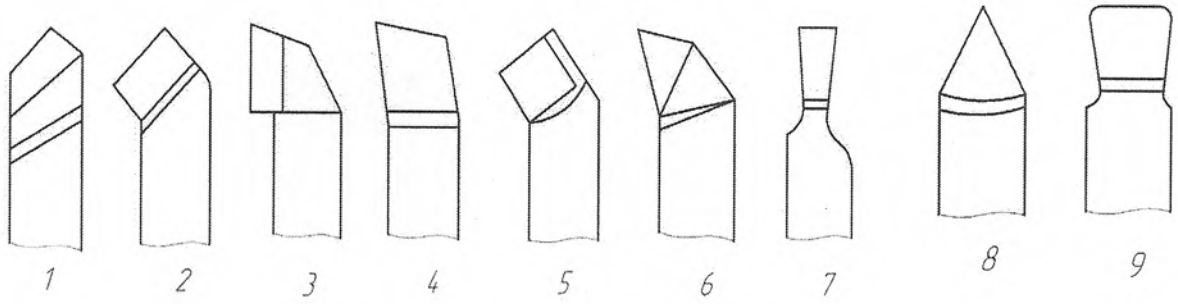
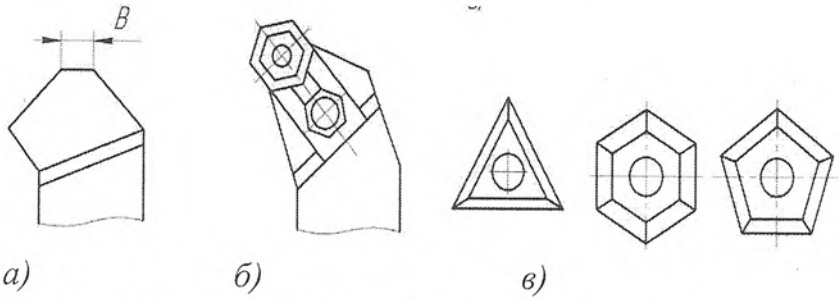


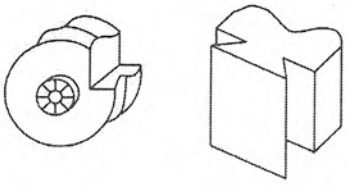
Рисунок 4 – Суцільні токарні різці

За способом кріплення ріжучої частини різця зі стрижнем розрізняють: суцільні різці (рис. 4, 1-9), складальні (рис. 5) нероз'ємні (*а*), роз'ємні (*б*) і пластини до них (*в*), фасонні різці (рис. 6) круглі (*а*), призматичні (*б*).



а) *б)* *в)*

Рисунок 5 – Токарні складальні різці



а) *б)*

Рисунок 6 – Фасонні токарні різці

В залежності від форми перерізу стрижня різці бувають прямокутні, квадратні і круглі.

Різці закріплюють у різцетримачі супорта. Вони можуть пересуватися вздовж, поперек та під кутом до осі обертання деталі. Поєднання таких рухів деталі та різального інструмента - різця дає змогу отримувати різноманітні поверхні: циліндричні, конічні, фасонні, гвинтові, торцеві площини (рис 7).

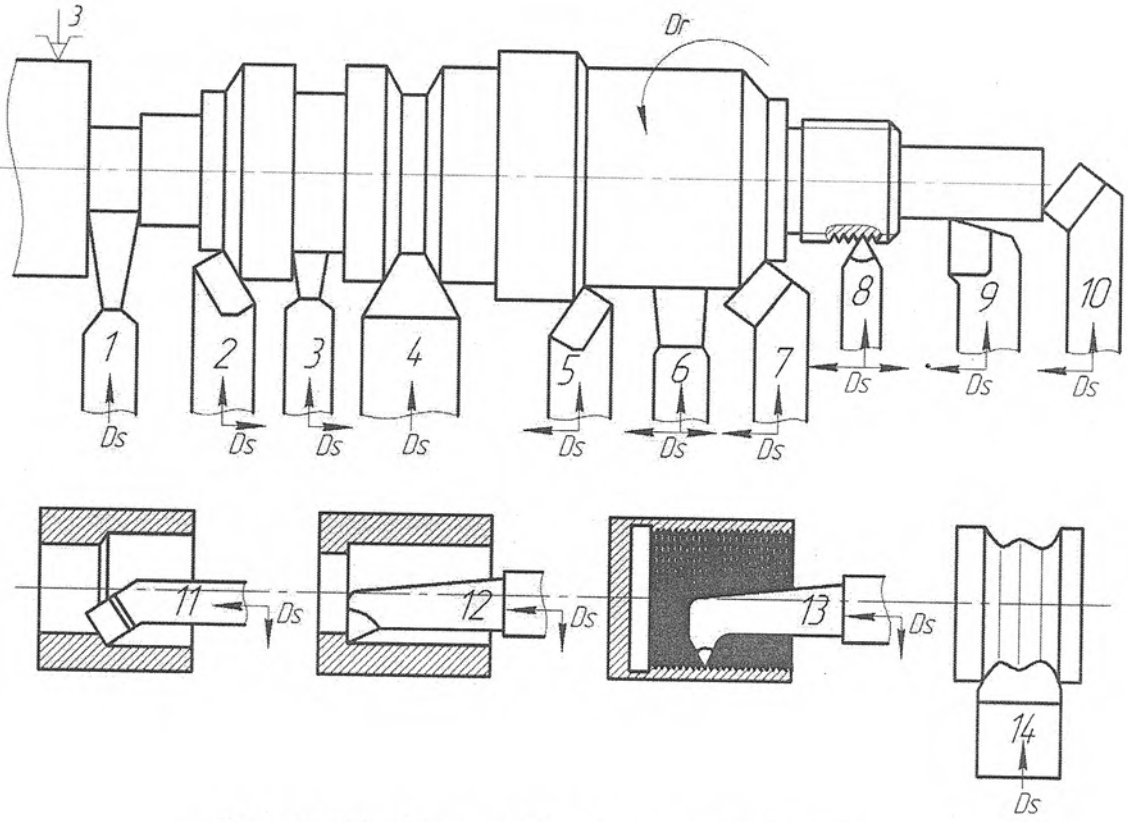


Рисунок 7 - Схема роботи токарних різців:
1 - відрізний; 2 - прохідний лівий; 3 - прорізний; 4 - канавочний; 5 - прохідний правий; 6 - прохідний, що вигладжує; 7 - прохідно-торцевий, в даному випадку прохідний; 8 - різенарізний для зовнішньої різі; 9 - прохідний з кутом ф=90° (підрізний упорний); 10 - прохідно-торцевий, в даному випадку торцевий; 11 - розточний прохідний; 12 - розточний підрізний; 13 - різенарізний для внутрішньої різі; 14 - фасонний стержневий.

1.2 Вибір різців

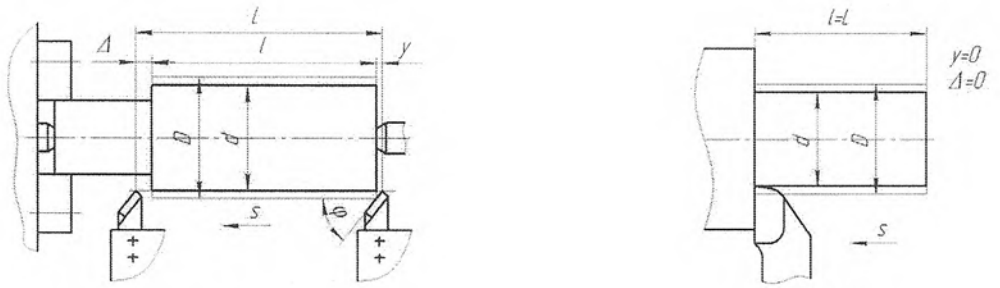
Вирішення задачі вибору різця рекомендується починати з викреслювання схеми різання. Схема різання показує взаємне розміщення заготовки і токарного різця в процесі оброблення.

Приклади схем різання приведені на рис. 8.

Після виконання схеми різання потрібно вибрати характеристики різального інструменту, тобто вибрати тип різця, матеріал різальної частини, геометрію та розміри перерізу державки різця.

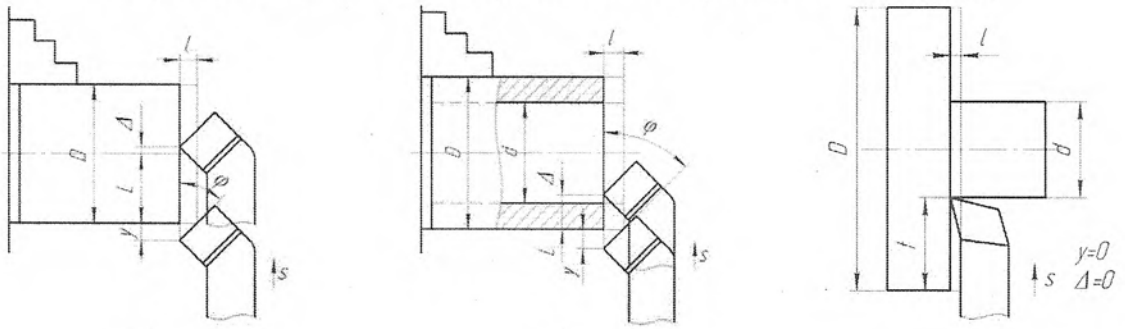
Для вибору типу різця та його кутів потрібно ознайомитися з геометрією різця, для цього розглянемо рис. 9.

Головні кути ріжучого клина, розглядають у перерізі, перпендикулярному до ріжучої кромки і площині різання, див. основну площину.



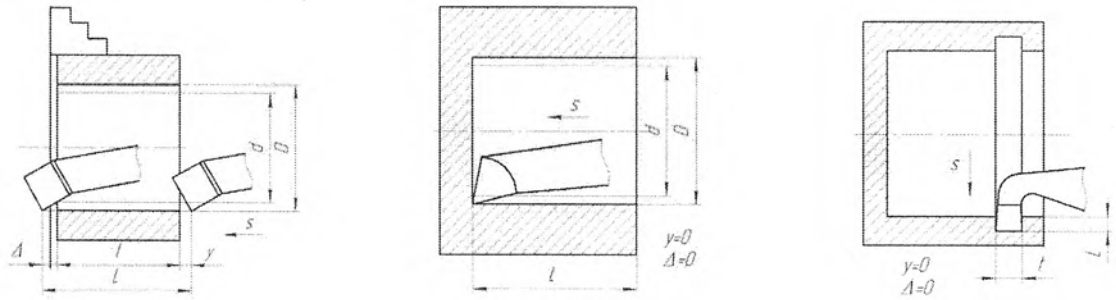
а) б)

Обробка зовнішньої поверхні: а) – на прохід; б) – до упору



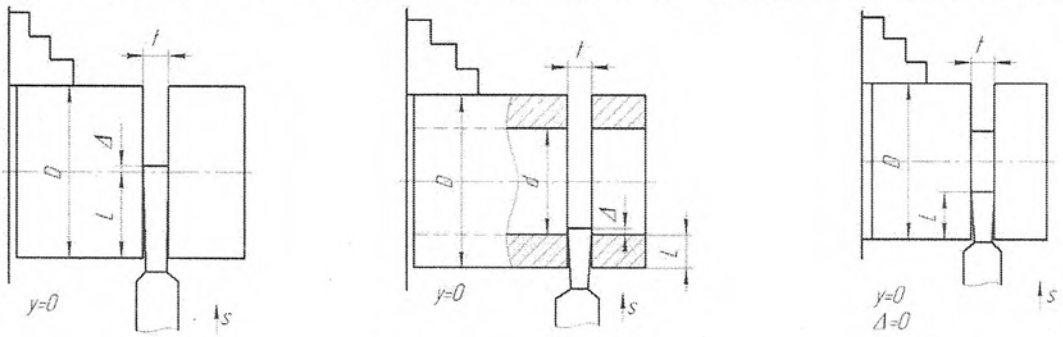
а) б) в)

Обробка торцевої поверхні: а) - вала; б) – втулки; в) - до упору



а) б) в)

Обробка отворів: а) - наскрізного; б) - глухого; в) обробка канавки в отворі



а) б) в)

а) - розрізування заготовки; б) - розрізування втулки в) - прорізування кільцевої канавки

Рисунок 8 - Схеми різання в процесі токарного оброблення

Передній кут γ — кут між передньою поверхнею ріжучого клина і площиною, перпендикулярною площині різання яка проходить через ріжучу крайку.

Задній кут α - кут між задньою поверхнею ріжучого клина і площиною різання.

Кут загострення β - кут між передньою і задньою поверхнями ріжучого клина.

Кут різання δ - кут між передньою поверхнею ріжучого клина і площиною різання.

З рис. 9 виходить: $\alpha + \beta + \gamma = 90°$; $\delta = \alpha + \beta = 90° - \gamma$.

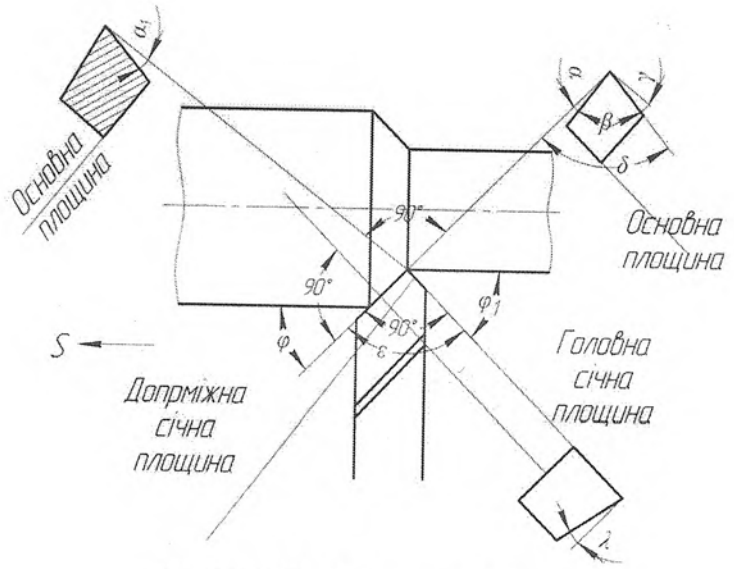


Рисунок 9 – Геометрія різця

Головним кутом у плані φ називається кут між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрямом поздовжньої подачі. Кут φ впливає на зміну форми шару, який знімають, а також на величину зусиль і вібрацій, що виникають у процесі різання. Допоміжним кутом у плані φ_1 називається кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямом, протилежним поздовжній подачі. Кут φ_1 зміцнює вершину різця і впливає на якість обробленої поверхні.

Кутом при вершині ε - кут між проекціями головної і допоміжної різальних кромок на основну площину. Кут ε впливає на міцність різальної частини різця. З рис. 9 видно, що $\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180°$.

Допоміжні кути різця вимірюються в допоміжній січній площині, яка перпендикулярна до проекції допоміжної різальної кромки на основну площину. З допоміжних кутів на процес різання впливає задній допоміжний кут.

Допоміжним заднім кутом різця φ_1 зменшує тертя допоміжної задньої грані до обробленої поверхні.

Допоміжний кут λ - кут нахилу головної ріжучої кромки. Якщо вершина різця - найнижча точка на головній різальній кромці, кут λ вважається додатним, якщо найвища - від'ємним. Якщо головна різальна кромка паралельна до основної площини, то кут λ дорівнює нулеві (рис. 10). У різця з додатним кутом (+ λ) різальна частина його біля вершини міцніша, ніж у різця з від'ємним кутом (-λ). Тому додатне значення цього кута надається різцям, призначеним для обробки твердих і крихких матеріалів, а також різцям, оснащеним твердими сплавами, через те що вони мають підвищену крихкість.

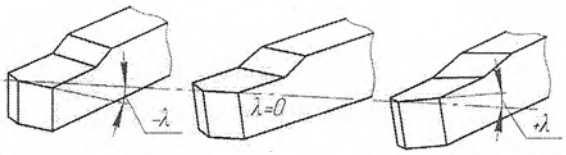


Рисунок 10 - Кути нахилу головної різальної кромки

Кут – λ відводить стружку у сторону оброблюваної поверхні, а кут + λ - у сторону обробленої поверхні. $\lambda = 0$ закручує стружку в архімедову спіраль.

Тип різця та кути різця в плані φ та φ_1 вибирають з довідника у відповідності до виду оброблення, або з часткових рекомендацій приведених нижче.

До основних типів різців відносяться прохідні, підрізувальні, відрізувальні, розточувальні та фасонні різці.

Прохідні різці використовуються для оброблення зовнішньої поверхні. До них відносяться:

1. Прохідні прямі різці з кутами $\varphi = 45°; 60°$; $\varphi_1 = 10°; 30°; 45°$, використовуються для оброблення циліндричної або конусної поверхні.

2. Прохідні упорні різці з кутами $\varphi = 90°$; $\varphi_1 = 10°$, призначаються для оброблення зовнішньої поверхні до упору.

3. Прохідні відігнуті різці з кутами $\varphi = \varphi_1 = 45°$ використовуються як для оброблення циліндричної чи конусної поверхні, так і для оброблення торцевої поверхні.

Підрізувальні різці з кутами $\varphi = 90°; 95°; 100°$ та $\varphi_1 = 10°; 30°; 15°$, використовуються для оброблення торцевої поверхні деталі.

Відрізувальні різці з кутами $\varphi = 90°$ та $\varphi_1 = 1°; 1°30'$ призначені для відрізування деталей та прорізування кільцевих канавок.

Для оброблення отворів використовуються розточувальні різці, які діляться на:

1. Розточувальні різці для глухих отворів, $\varphi = 95°$ та $\varphi_1, = 15°; 5°$.

2. Розточувальні різці для наскрізних отворів, $\varphi = 45°; 60°; \varphi_1 = 15°; 30°$.

Значення переднього кута γ та заднього кута α можна обрати з довідників або прийняти за рекомендаціями приведеними нижче.

Передній кут γ призначається в межах 0°-30° в залежності від матеріалу заготовки і різця. Більші значення рекомендуються для оброблення заготовок 5 пластичних матеріалів швидкорізальними різцями. Задній кут α призначається від 6° до 12° в залежності від матеріалу заготовки. Більші значення кут α має при обробці пластичних матеріалів. При чистовій обробці куту α дають більші значення ніж при чорновій обробці.

Призначаючи різець необхідно вказати його конструкцію, тобто різець суцільний, різець збірний з напаяною пластиною, різець з механічним кріпленням пластини.

Призначаючи розміри перерізу державки токарного різця, слід виходити з того, що масивніші різці можуть витримати більші навантаження. Допустимі розміри перерізу державки різця приведені в паспортах токарних верстатів (додаток Г).

Більш детальні рекомендації щодо вибору геометричних параметрів і матеріалу різальної частини різця викладені в довідниках [9, 10].

2. Практична частина

2.1 Призначення матеріалу різальної частини інструменту

Матеріал різальної частини інструменту призначається з врахуванням конкретних умов оброблення, а саме: матеріал заготовки, вид оброблення, наявність ударних навантажень, наявність ливарної кірки на поверхні заготовки та інше.

Для виконання лабораторної роботи умови оброблення задаються викладачем згідно додатку А.

Для вибору інструментальних матеріалів використовують рекомендації довідників [1, 9, 12, 13] та додатку Б.

Призначаючи різець, необхідно вказати матеріал різальної частини. Можна використати наступні рекомендації:

– для попереднього оброблення чавуну використовують різці з твердосплавними пластинами з сплавів: ВК6, ВК8, ВК8Ц ВК6М, ТТ8К6;

– для чистового оброблення чавуну використовують різці з твердосплавними пластинами з сплавів: ВК4, ВК6, ВК61Ч, ВК4М, ВК3, ВК3М, КНТ16, Силініт-Р;

– для попереднього оброблення конструкційних сталей використовуються різці з твердосплавними пластинами з сплавів: Т5К10, Т5К12, Т14К8, Т15К6,

$$t = h, \tag{2}$$

де h – припуск на обробку.

Для відрізування заготовок та прорізування канавок:

$$t = b, \tag{3}$$

де b – ширина різальної частини відрізувального, або канавочного різця.

Глибина різання визначається в залежності від припуску на обробку, якості оброблення, а також можливостей різця та верстату. Для попереднього оброблення (Rz= 320 - 80 мкм або Ra = 100-20 мкм, 15-17 квалітет точності) бажано весь припуск знімати за один прохід, враховуючи потужність верстата та міцність різця. Для напівчистового оброблення (Ra = 50-20 мкм або Ra = 16-5 мкм, 12-14 квалітет точності) глибина різання призначається від 0,5 мм до 2 мм. Для чистової оброблення (Ra = 3,2-1,25 мкм, 6-9 квалітет точності) t = 0,1-0,4 мм. Значні припуски знімаються за декілька проходів різця.

2. Призначення подачі

Подача вибирається з таблиць в залежності від умов оброблення: матеріалу заготовки, якості обробленої поверхні, глибини різання, інших факторів. Рекомендації щодо вибору подачі приведені нижче.

При виборі подачі необхідно вказувати номер таблиці і сторінку довідника, де вибране це значення.

З метою підвищення продуктивності праці потрібно призначати максимально можливу подачу. Для чорнового оброблення необхідно враховувати міцність різця та міцність механізму подачі верстата. Величину подачі можна вибрати з додатку В даних вказівок, або таблиць 11, 12, 15 (стор. 266 -268) [9]. з карти Т2 (стор. 22 - 25) [8] або з карт 1,2 (стор.36-38) [5], карти 18 (стор.63) [5], карт 2.3, 2.4, 2.5, 2.9, 2.10, 2.11 (стор. 175 - 182, 187 - 192) [3].

Для чистового оброблення подача призначається в залежності від якості поверхні деталі (додаток В), або таблиці 14 (стор. 268) [7], карти Т2 (стор.24) [6], карти 3 (стор.39) [5], карт 2.6, 2.7, 2.8, 2.12, 2.13, 2.14 (стор. 183 - 186, 194 - 196) [3].

Швидкість різання v вибирають після того, як установлені глибина різання і подача. При точінні швидкість різання - це шлях, який проходить точка, що лежить на оброблюваній поверхні, відносно різальної кромки інструмента за хвилину:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \tag{4}$$

ТТ7К12, а також сталі Р6М5, Р9 та інші;

– для чистового оброблення сталі використовують різці з твердосплавними пластинами з сплавів: Т15К6, Т14К8, Т30К4, ТН20, КТШ6, ВОК60, Силініт-Р, а також сталі Р9К10, Р9К5, Р10К5Ф та інші;

– для оброблення важкооброблюваних матеріалів використовують різці з твердосплавними пластинами з сплавів: ТТ7К12, ВК8В, ВК6М, Т5К10, ТТ10К8Б, ВК10-ОМ, ВОК60, ТН20;

для оброблення кольорових сплавів рекомендуються різці з твердосплавними пластинами з сплавів: ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, ВОК60, КНТ16, Силініт-Р або Р6М3, Р9К5, Р9К10;

– для оброблення алюмінієвих сплавів рекомендується використовувати швидкорізальні сталі.

Призначаючи розміри перерізу державки токарного різця, слід виходити з того, що масивніші різці можуть витримати більші навантаження. Допустимі розміри перерізу державки різця приведені в паспортах токарних верстатів (додаток Г). Більш детально рекомендації щодо вибору геометричних параметрів і матеріалу різальної частини різця викладені в довідниках.

Приклад: Призначити матеріал різальної пластини токарного різця для чорнового оброблення чавунної заготовки з ливарною кіркою та нерівномірним припуском, твердістю НВ 250.

Розв'язок: Для оброблення чавуну рекомендується матеріал різальної пластини вольфрамо-кобальтовий твердий сплав (ВК). Враховуючи, що обробка чорнова з великим нерівномірним навантаженням, за рекомендаціями довідника [9, табл. 3, с. 116] приймаємо сплав ВК8. Сплав містить 8% кобальту і 92% карбіду вольфраму.

2.2. Призначення режимів різання

Основними елементами режимів різання є глибина різання t, подача S і швидкість різання V.

1. Визначення глибини різання

Для оброблення зовнішньої поверхні та для розточування отворів:

$$t = \frac{D - d}{2}, \qquad (1)$$

де D – діаметр зовнішньої поверхні до оброблення, або внутрішньої поверхні після оброблення.

d – діаметр зовнішньої поверхні після оброблення, або внутрішньої до оброблення.

Для оброблення торця деталі:

де v - швидкість різання, в *м/хв;*

D - діаметр оброблюваної поверхні, в *мм;*

n - число обертів деталі за хвилину.

Швидкість вибирають з літератури [5 - 9].

Якщо відома швидкість різання і діаметр деталі, з формули (1.4) легко визначити число обертів деталі за хвилину:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \quad . \qquad (5)$$

Вибираємо верстат, який повинен задовольняти розрахунковим даним режимів різання.

3. Структура звіту

1 Мета роботи
2 Короткі теоретичні відомості
3 Креслення схеми різання
4 Призначення параметрів різця
5 Визначення глибини різання і подачі
6 Висновок
7 Використана література

4. Контрольні запитання

1. Що таке точіння?
3. З яких основних частин складається різець?
4. Якими різцями обробляють циліндричні поверхні?
6. Що знімають з заготовки в процесі перетворення її в готову деталь?
8. Які рухи повинні відтворювати заготовка і різальний інструмент для того, щоб відбувався процес різання.
10. Що таке глибина різання?
14. Які операції з обробки поверхонь виконують на верстатах токарної групи.
15. Які інструменти використовують для верстатів токарної групи?
18. З чого рекомендується починати вибір різця?
24. Як визначити число обертів деталі за хвилину?
25. Що таке швидкість різання при точінні?
26. Як визначають глибину різання при точінні?
27. Як призначається матеріал різальної частини інструменту?

Додаток А

Завдання 1

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу і основний технологічний час для оброблення зовнішньої циліндричної поверхні з діаметра *D* до діаметра *d*, довжиною *l*. Матеріал та вид заготовки, якість обробленої поверхні вибрати з таблиці А1.

Таблиця А1 – Дані до виконання лабораторної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки	Вид заготовки	Якість поверхні	*D*, мм	*d*, мм	*l*, мм	*n*, об./хв
Обробка на прохід							
1.	Сталь Ст. 5	Прокат	Rz 160	92	86	30	350
2.	Сталь Ст. 3	Поковка	Rz80	120	115	100	250
3.	Сталь Ст. 6	Без кірки	Rz40	20	18	60	800
4.	Сталь А 12	Без кірки	Ra 1,25	50,4	50	80	900
5.	Сталь 40	Прокат	Rz80	63	60	200	730
6.	Сталь 45ХН	Без кірки	Ra2,5	80,2	80	120	800
7.	СЧ15	Литво	Rzl60	38	30	40	400
8.	СЧ40	Без кірки	Rz20	60,5	60	150	630
9.	СЧ 18	Литво загрязнене	Rzl60	310	300	400	200
10.	Сілумін	Литво	Rzl60	262	250	120	500
11.	КЧ 60-3	Без кірки	Rz20	28	27,4	50	630
12	КЧ50-4	Литво	Rz80	92	86	120	400
13.	КЧ 33-8	Без кірки	Rz40	152	150	200	250
14.	Сталь 20	Прокат	Rz80	44	40	250	630
Обробка до упору							
15.	Сталь 12ХН3А	Без кірки	Ra 1,25	100,2	100	120	630
16.	Сталь 18ХГТ	Поковка	Rz40	81,8	80	100	500
17.	Сталь 45Х	Прокат	Rzl60	16	12	80	800
18.	СЧ20	Литво	Rz 160	63	58	20	500
19.	Бр. А10Мц2	Без кірки	Rz80	90	82	60	500
20.	Бр.А7	Без кірки	Rz20	51	50	80	630
21.	СЧ35	Без кірки	Rz80	220	212	500	125
22.	Сталь 40ХГ	Прокат	Rz320	360	348	132	63
23.	Сталь У9А	Без кірки	Ra0,63	25,1	25	100	900

Продовження таблиці А1

24.	Сілумін	Литво	Rz80	420	406	210	80
25.	Дюралюміній	Без кірки	Ra2,5	60,6	60	340	800
26.	Сталь Ст. 3	Без кірки	Rz40	20	18	60	800
27.	Сталь А 20	Без кірки	Ra 1,25	50,4	50	80	900
28.	Сталь 40Х	Прокат	Rz80	63	60	200	730
29.	Сталь 45ХН	Без кірки	Ra2,5	80,2	80	120	800
30.	СЧЗО	Литво загрязнене	Rzl60	38	30	40	400

Завдання 2

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу для оброблення торця деталі діаметром D, якщо припуск на обробку h. Матеріал і вид заготовки, якість оброблення вибрати з таблиці А2.

Таблиця А2 – Дані до виконання лабораторної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки	Вид заготовки	Якість оброблення	d, *мм* до	D, *мм*	h, *мм*	n, *об./хв.*
1.	Сталь 80	Поковка	Rzl60	10	45	2,0	630
2.	Сталь 18ХГТ	Без кірки	Rz40	96	230	1,5	250
3.	Сталь Ст.2	Штампова	Rz80	220	360	4,0	100
4.	Сталь 30	Без кірки	Rz20	16	60	0.4	630
5.	Сталь 40Х	Без кірки	Rz80	20	80	1,8	500
6.	Сілумін	Литво	Rz80	12	50	2,5	630
7.	Дюралюміній	Без кірки	Ra2,5	35	105	0,2	800
8.	СЧ18	Литво	Rzl60	24	90	3,6	400
9.	СЧЗО	Литво загрязнене	Rz80	50	120	4,2	315
10.	Бронза	Без кірки	Rz40	12	36	1,2	800
11.	Сілумін	Без кірки	Rzl60	42	200	2,8	80
12.	Сталь 20Л	Литво	Rz320	82	152	5,2	125
13.	Сталь Ст.2	Штампова	Rz80	120	260	4,0	200
14.	Сталь 30	Без кірки	Rz20	26	70	0,4	630
15.	СЧ18	Литво	Rzl60	44	90	3,6	400

Продовження таблиці А2

16.	СЧ15	Без кірки	Rz40	60	92	1,8	500
17.	СЧЗО	Без кірки	Rz20	24	160	0,8	630
18.	КЧ 60-3	Литво	Rz80	92	210	3,2	315
19.	Дюралюміній	Без кірки	Rz20	98	380	0,15	400
20.	Бронза	Литво	Rzl60	79	180	5,0	315

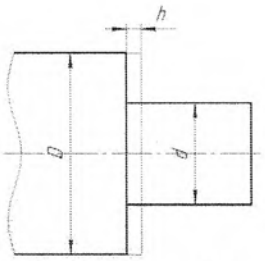


Рисунок – А1

Завдання 3

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, для оброблення торця деталі з обмеженим ходом різця (рис. А1). Матеріал і вид заготовки, якість оброблення, діаметри заготовки *D* і *d*, припуск на обробку *h* вибрати з таблиці А3

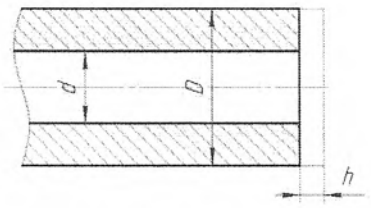


Рисунок – А2

Завдання 4

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу для оброблення торця втулки (рис. А2). Матеріал і вид заготовки, якість оброблення, діаметри заготовки *D* і *d*, припуск на обробку *h* вибрати з таблиці А3.

Таблиця А3 – Дані до виконання лабораторної роботи

п/п	Матеріалл заготовки	Вид заготовки	Якість оброблення	*D* *мм*	*d,* *мм*	*h,* *мм*	*n,* *об./хв.*
1.	Сталь 45	Без кірки	Ra2,5	60	15	0,4	800
2.	Сталь 60Г	Поковка	Rz160	120	60	3,0	400
3.	СЧ20	Литво	Rz80	280	200	5,0	250
4.	СЧ60	Без кірки	Rz20	90	30	0,5	630
5.	Силумін	Литво	Rz160	180	100	4,5	400
6.	Дюралюміній	Без кірки	Ra 1,25	40	15	0,1	1000
7.	Бронза	Без кірки	Rz80	100	20	2,5	500
8.	Латунь	Без кірки	Rz40	60	40	1,2	630
9.	Сталь Ст.3	Прокат	Rz80	36	20	4,0	630
10.	Сталь 38ХС	Без кірки	Ra2,5	82	60	0,3	800
11.	Сталь У9А	Без кірки	Ra 0,63	180	40	0,05	800

Продовження таблиці А3

12.	КЧ 32-12	Литво	Rz320	360	70	5,2	63
13.	Сталь Ст.2	Штампова	Rz80	260	120	*4,0*	200
14.	Сталь 30	Без кірки	Rz20	70	26	0,4	630

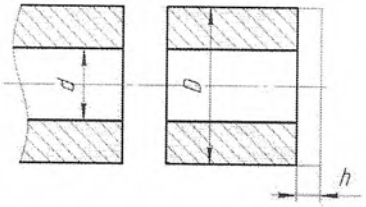


Рисунок – А3

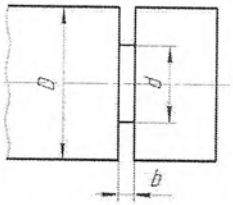


Рисунок – А4

15.	СЧ18	Литво	Rz160	90	44	3,6	400

Завдання 5

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу для розрізування втулки (рис. А3). Матеріал і вид заготовки, діаметри втулки *D* і *d*, ширина різця *b* вибрати з таблиці А4. Обробка чорнова.

Завдання 6

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, для проточування канавки (рис. А4). Матеріал і вид заготовки, діаметри *D* і *d*, ширину різця *b* вибрати з таблиці А1.4. Обробка чорнова.

Таблиця А4 – Дані до виконання лабораторної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки	Вид заготовки	D, *мм*	d, *мм*	b, *мм*		n, *об./хв.*
					8	9	
I.	СЧ30	Литво	300	240	7	10	80
2.	СЧ18	Без кірки	120	60	5,5	12	100
3.	КЧ 33-8	Без кірки	60	42	4,5	8	315

4.	КЧ 50-4	Литво	80	40	3	6,5	250
5.	Сталь Ст.3	Прокат	20	8	2	4,2	400
6.	Сталь 45	Без кірки	36	16	4	3,5	400
7.	Сталь 13ХН3А	Без кірки	50	44	2,5	11	315
8.	Сталь 40ХН	Без кірки	100	70	6	12,5	250
9.	Сталь 60	Поковка	42	38	4	9	315
10.	Сталь 20	Без кірки	68	54	3,5	8,5	400
11.	Дюралюміній	Прокат	110	95	4,5	12	100
12.	Бронза	Без кірки	96	80	4	9,6	315
13.	КЧ36-4	Литво	80	44	3	6,3	250
14.	Сталь Ст.2	Прокат	20	8	2	4,0	400
15	Сталь 18ХГТ	Без кірки	36	14	4	3,6	400

Додаток Б

Рекомендації щодо вибору інструментів

Таблиця Б1 – Рекомендації з вибору марок твердого сплаву для оснащення токарних різців

Вид обробки	Марки твердих сплавів для обробки		
	сталей	чавунів	кольорових сплавів
Чорнове точіння	Т15К6, Т14К8, Т5К10	ВК4, ВК6, ВК10-ОМ	ВК6, ВК8
Напівчисте точіння	Т15К6, Т14К8	ВК3, ВК6М, ВК6, ТТ8К6	ВК6М, ВК8
Чистове точіння	ВК6, ВК8, Т15К6, Т14К8, Т30К4	ВК4, ВК6, ВК8, ВК3М, ВК6-ОМ	ВК3, ВК3М, ВК6М, ВК8, ТТ8К6

Додаток В

Рекомендації щодо вибору подач для точіння

Таблиця В1 – Подачі, мм/об для чорнового точіння різцями з пластинами із твердого сплаву та швидкорізальної сталі

Діаметр деталі, мм	*Сталь конструкційна*				
	Подача S_0, мм/об, при глибині різання t, мм				
	до 3	понад 3 до 5	від 5 до 8	від 8 до 12	понад 12
до 20	0,3…0,4	-	-	-	-
від 20 до 40	0,4…0,5	0,3…0,4	-	-	-
від 40 до 60	0,5…0,9	0,4…0,8	0,3…0,7	-	-
від 60 до 100	0,6…1,2	0,5…1,1	0,5…0,9	0,4…0,8	-
від 100 до 400	0,8…1,3	0,7…1,2	0,6…1,0	0,5…0,9	-
від 400 до 500	1,1…1,4	1,0…1,3	0,7…1,2	0,6…1,2	0,4…1,1
Чавун та кольорові сплави					
до 20	-	-	-	-	
від 20 до 40	0,4…0,5	-	-	-	
від 40 до 60	0,6…0,9	0,5…0,8	0,4…0,7	-	
від 60 до 100	0,8…1,4	0,7…1,2	0,6…1,0	0,5…0,9	
від 100 до 400	1,0…1,5	0,8…1,9	0,8…1,1	0,6…0,9	
від 400 до 500	1,3…1,6	1,2…1,5	1,0…1,2	0,7…0,9	

Таблиця В2 – Подачі, мм/об для чорнового розточування різцями з пластинами із твердого сплаву та швидкорізальної сталі

Різець або оправка		Подача S_0, мм/об, при глибині різання t, мм			
Діаметр круглого перерізу різця або розміри прямокутного перерізу оправки, мм	Виліт різця або оправки, мм	2	3	5	8
Сталь конструкційна					
10	50	0,08	-	-	
12	60	0,10	0,08	-	
16	80	0,1...0,2	0,15	0,1	
20	100	0,5...0,3	0,15...0,25	0,12	
25	125	0,25...0,5	0,15...0,4	0,12...0,2	
30	150	0,4...0,7	0,2...0,5	0,12...0,3	
40	200	-	0,25...0,6	0,15...0,4	
40x40	150	-	0,6...1,0	0,5...0,7	
40x40	300	-	0,4...0,7	0,3...0,6	

Продовження таблиці В2

Чавун та кольорові сплави					
10	50	0,12...0,16	-	-	-
12	60	0,12...0,20	0,12...0,18	-	-
16	80	0,2...0,3	0,15...0,25	0,1..0,18	-
20	100	0,3...0,4	0,25...0,35	0,12...0,25	-
25	125	0,4...0,6	0,3...0,5	0,25...0,35	-
30	150	0,5...0,8	0,4...0,6	0,25...0,45	-
40	200	-	0,6...0,8	0,3...0,8	-
40x40	150	-	0,7...1,2	0,5...0,9	0,4...0,5
40x40	300	-	0,6...0,9	0,4...0,7	0,3...0,4

Примітки: 1. Подачі для зовнішньої оброблення приведені для різців з перерізом державки від 16 х 25 *мм* до 25 х 25 *мм.* Для інших різців подачу необхідно корегувати у відповідності до розмірів перерізу різця.

2. Для оброблення жаростійких сталей і сплавів подачі більше 1 *мм/об* не призначати.

3. Для випадків оброблення з ударами значення подачі необхідно зменшувати, помноживши табличне значення на коефіцієнт 0,75 - 0,85.

4. Для оброблення гартованих сталей вводити поправочні коефіцієнти: 0,8 - для сталі з HRC 44-56 і 0,5 - для сталі з HRC 57 - 62.

5. При чорновій обробці алюмінієвих сплавів приймати: для точіння зовнішньої поверхні s = 0,7 - 1,0 *мм/об,* для розточування отворів s = 0,6 -0,8 *мм/об.* При чистовій обробці алюмінієвих сплавів приймати: для точіння зовнішньої поверхні s = 0,15 - 0,25 *мм/об,* для розточування отворів s = 0,1- 0,15 *мм/об.*

Таблиця В3 – Подачі, мм/об, для відрізування і прорізування канавок

Діаметр оброблення	Ширина різця	Матеріал заготовки	
		Сталь	Чавун, мідні та алюмінієві сплави
До 20	3	0,06-0,08	0,11 -0,14
20-40	3-4	0.10-0.12	0.16-0.19
40-60	4-5	0.13-0.16	0.20 - 0.24
60-100	5-8	0.16-0.23	0.24 - 0.32
100-150	6-10	0.18-0.26	0.30 - 0.40
> 150	10-15	0.28-0.36	0.40 - 0.55

Примітка: 1. Для відрізування суцільного матеріалу діаметром більше 60 мм при наближенні різця до 0,5 радіуса подачу необхідно зменшувати на 40 - 50%.

2. Для гартованої конструкційної сталі подачу слід зменшувати на 30% при HRC < 50 і на 50% при HRC > 50.

3. При роботі різцями, встановленими в револьверній головці слід ввести коефіцієнт на подачу 0,8.

Таблиця В4 – Подачі, мм/об, при чистому точінні

Параметр шорсткості поверхні, мкм		Радіус при вершині 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
Примітки: Подачі дані для обробки сталей з $\sigma_в$ = 700...900 МПа і чавунів; для сталей з $\sigma_в$ = 500...700 МПа значення подач помножити на коефіцієнт K_S=0,45; для сталей з $\sigma_в$ = 900...1100 МПа значення подач помножити на коефіцієнт K_S=1,25.							

Таблиця В5 – Режими різання при тонкому точінні та розточуванні

Оброблювальний матеріал	Інструментальний матеріал	Параметр шор-сткості поверхні R_a, мкм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Сталь: $\sigma_в$ < 650 МПа	Т30К4	1,25...0,63	0,06...0,12	250...300
$\sigma_в$ = 650...800 МПа				150...200
$\sigma_в$ > 800 МПа				120...170
Чавун: НВ 149…163	ВК3	2,5...1,25		150...200
НВ 156...229				120...150
НВ 170...241				100...120
Алюмінієві сплави		1,25...0,32	0,04...0,1	300...600
Примітка. Глибина різання 0,1...0,15 мм.				

Додаток Г

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Таблиця Г1 – Токарні верстати (в мм)

Параметри	Моделі верстатів						
	16Т02А	16Б05П	16К20, (20П)	16К20Ф3	16К20Т1	1Н713	1719
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки:							
над станиною	125	250	400	400	500	400	500
над супортом	75	145	220	220	215	200	320
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір шпинделя.	8	16	53	53	53	-	-
Найбільша довжина оброблюваної заготовки.	250	500	710/1000 1400/2000	1000	900	500	1000
Крок метричної різьби, що нарізується.	-	0,2...28	0,5...112	до 20	0,01...40, 959	-	-
Частота обертання шпинделя, об/хв.	320...3200	30...3000	12,5...1600	12,5...2000	10...2000	63...1250	80...1600
Найбільше переміщення супорта:							
поздовжнє	65	540	645...1935	900	900	350	1250
поперечне	60	160	300	250	250	200	138
Подача супорта, мм/об (мм/хв)							
поздовжня	-	0,02...0,35	0,05...2,8	(3...1200)	0,01...2,8	(25...400)	0,109... 1,84
поперечна	-	0,01...0,175	0,025...1,4	(1,5...600)	0,005... 1,4	(25...400)	-
Швидкість прискорених переміщень супорта, мм/хв.:							
поздовжнього	-	-	3800	4800	6000	3500	-
поперечного	-	-	1900	2400	5000	3500	-
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	0,27	1,5	11	10	11	5	40

Примітки: 1. Верстати моделей 16Т02А, 16Б05П, 16К20 токарно-гвинторізні.

2. Верстати моделей 16К20Ф3, 16К20Т1 з ЧПУ.

3. Верстати моделей 1Н713, 1719 багаторізцеві копіювальні напівавтомати.

Таблиця Г2 – Токарно-револьверні верстати (в мм)

Параметри	Моделі верстатів		
	1Д316, 1Д316П	1Г340, 1Г340П	1Е365ПФ3
Найбільші розміри оброблюваного прутка:			
круглого (діаметр)	18	40	65
шестигранного (розмір під ключ)	15	32	56
квадратного (сторона квадрата)	12	27	45
Найбільші розміри:			
а) діаметр заготовки, що оброблюється в патроні:			
над станиною	250	400	500
над поперечним супортом	80	200	250
б) довжина прутка	3000	3000	3000
число позицій револьверної головки	12	16	8
діаметр отвору шпинделя	31	62	92
Частота обертання шпинделя, об/хв.,. при виконанні:			
а) прутковому			
пряме обертання	200...800	45...2000	31,5...2000
зворотне обертання	100...400	45...250	
б) патронному	500...2000	36...1600	
в) швидкісному	1000...4000	56...2500	
Подача, мм/об (мм/хв.)			
поздовжня	0,04...0,4	0,035...1,6	3...2500
поперечна	0,04...0,4	0,02...0,8	2...1200
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	1,7/2,2*	6,0/6,2	15,0

Примітки. *Двошвидкісний електродвигун.

Верстат моделі 1Е365ПФ3 з ЧПУ з вертикальною віссю револьверної головки

ОБРОБКА ЗАГОТОВОК НА СВЕРДЛИЛЬНИХ І РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИІ КОНСТРУКЦІЇ СВЕРДЕЛ

***Мета роботи*:** вивчити частини, елементи, координатні площини та кути спірального свердла; засвоїти будову універсального кутоміра, а також методику вимірювання кутів свердла; виміряти розміри й кути свердла та подати у звіті отримані результати.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Обробка отворів на свердлильних верстатах

Оброблення заготовок на свердлильних верстатах – поширений метод виготовлення отворів з різними точністю розмірів та шорсткістю поверхні. Процес зняття стружки з оброблюваної поверхні при цьому здійснюється за рахунок обертового руху інструмента (**головний рух**) та одночасного переміщення інструмента вздовж осі (**рух подачі**).

Як **різальні інструменти на свердлильних верстатах** використовують свердла, зенкери, розвертки, мітчики і комбіновані інструменти (додаток Б) та виконують такі види робіт (рис. 1):

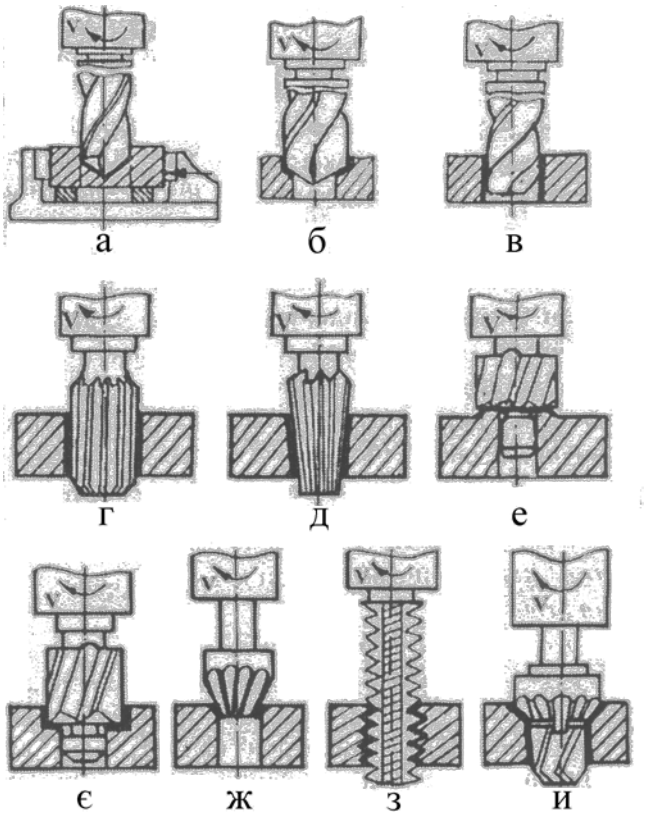


Рис. 1. Види робіт, які виконуються на свердлильних верстатах:
а - свердління; б, в - розсвердлювання; г, д - розвертання; е, є - цекування; ж - зенкування; з - нарізання різі; и - оброблення східчастих отворів

свердління (а) глухих і наскрізних отворів у суцільному матеріалі;

розсвердлювання (б) наскрізних отворів, раніше просвердлених або одержаних литтям, куванням, штампуванням і т.п.;

зенкерування (в) циліндричних отворів з метою надання їм більшої геометричної та розмірної точності;

розвертання циліндричних (г) і конічних (д) отворів з метою одержання найвищої точності їх;

цекування торцевої поверхні боби шок (е) і отворів (є) для досягнення перпендикулярності торцевої поверхні до осі отвору;

зенкування (ж) конічних або фасонних заглиблень;

нарізання різей (з);

оброблення **східчастих отворів** (и).

1. СПІРАЛЬНІ СВЕРДЛА

Спіральне свердло (рис. 2) складається з робочої частини l_1, шийки l_3 і хвостовика l_4. У свою чергу робоча частина має різальну частину l_2 і частину, що калібрує (напрямну) l_1-l_2.

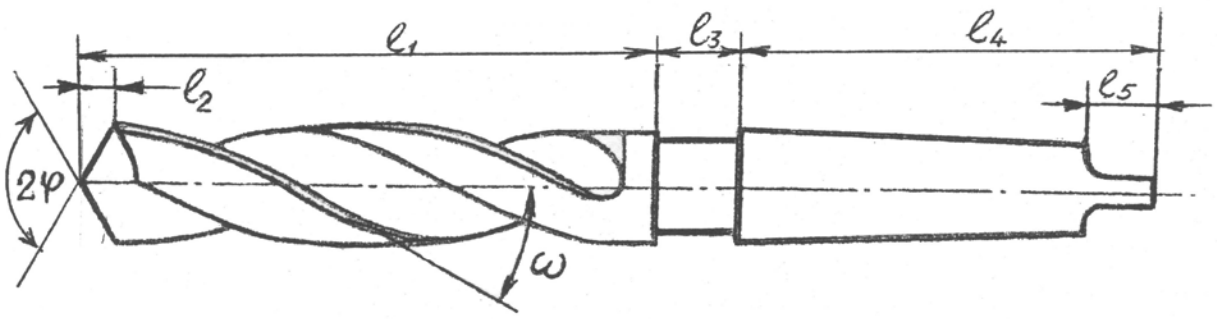


Рис. 2. Складові частини спірального свердла:
l_1 - робоча частина; l_2 - різальна частина; l_1-l_2 - частина, що калібрує;
l_3 - шийка; l_4 - хвостовик; l_5 - лапка;
ω - кут нахилу гвинтової канавки; 2φ - кут різальної частини

Різальна частина за допомогою двох різальних вістрів обробляє заготовку. Напрямна частина сприяє точному переміщенню свердла в оброблюваному отворі. Хвостовик конічної форми призначений для закріплювання свердла в отворі шпинделя; хвостовик циліндричної форми - для закріплювання свердла в спеціальному затискному пристрої - *патроні*. Лапка l_5 запобігає прокручуванню свердла в отворі шпинделя.

2. ЕЛЕМЕНТИ І ГЕОМЕТРІЯ СПІРАЛЬНОГО СВЕРДЛА

Робоча частина свердла складається із таких **елементів** (рис. 3): передня *3* і задня *1* поверхні, головне різальне ребро *4*, поперечне ребро *5* і стрічка *2*.

Передня поверхня Aγ - гвинтовий рівчак, по якому сходить стружка. *Задня поверхня Aα* - повернута до поверхні різання. Спіральне свердло має дві передні

й дві задні поверхні. *Головним різальним ребром К* називається лінія перетину передньої і задньої поверхонь, а лінія перетину задніх поверхонь є *поперечним ребром.* На напрямній частині свердла залишають дві вузькі стрічки, відстань між якими визначає діаметр свердла. Щоб знизити тертя між напрямною частиною свердла та стінкою отвору, величина діаметра свердла зменшується у напрямку від різальної частини до хвостовика

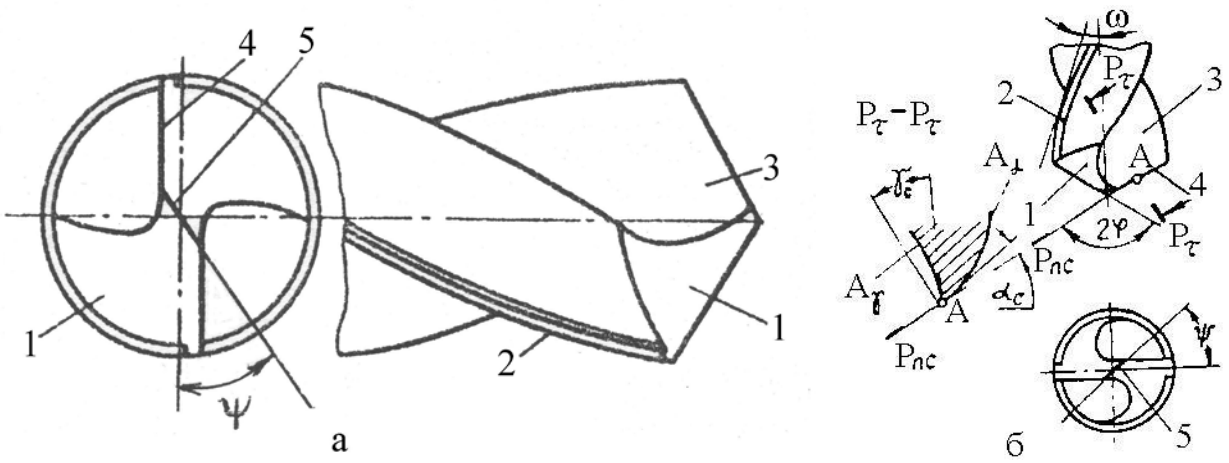


Рис. 3. Елементи (а), координатні площини та кути (б) спірального свердла
1 - задня поверхня Аα; 2 - стрічка; 3 - передня поверхня Аγ; 4 - головне різальне ребро К; 5 - поперечне ребро; Рτ - головна січна площина; $P_{пс}$ - статична площина різання; А - точка на головному різальному ребрі; 2φ - кут при вершині свердла; γ - передній і α - задній кути; ψ - кут нахилу поперечного ребра; ω - кут нахилу гвинтового рівчака

Взаємне розташування у просторі елементів свердла визначається його кутами. Під час вимірювання кутів свердла використовують *координатні площини* (статична площина різання, головна січна площина), а також площину, перпендикулярну до осі свердла. *Статична площина різання* $P_{пс}$ проходить через головне різальне ребро дотично до поверхні головного руху, тобто до поверхні, утвореної різальним ребром свердла, якому наданий тільки головний рух різання. *Головна січна площина Рτ* проведена перпендикулярно до головного різального ребра.

Геометрію спірального свердла в статиці визначають: кут при вершині свердла, передній і задній кути, кут нахилу поперечного ребра і кут нахилу гвинтового рівчака.

Кут при вершині свердла **2φ** вимірюють між головними різальними ребрами. Свердла, призначені для обробки сталі й чавуну середньої твердості, мають величину 2φ = 116...118°. Під час свердління м'яких металів цей кут зменшують до 80...90°, а під час свердління твердих металів його збільшують до 130...140°.

Передній кут **γ** в розглядуваній точці *А* вимірюють у головній січній площині. Він утворений дотичною, проведеною через точку *А* до передньої поверхні, і лінією, що проходить через цю точку перпендикулярно до статичної площини різання. Максимальна величина переднього кута на периферії свердла

дорівнює 25...30°, а з наближенням точки *A* до поперечного ребра значення **γ** поступово зменшується до нуля і далі набуває від'ємного значення.

Задній кут **α** також вимірюють у головній січній площині. Кут *α* утворюється дотичною до задньої поверхні, проведеною через точку *A,* і статичною площиною різання. Мінімальне значення заднього кута на периферії свердла становить 8...10°, а максимальне його значення близько осі свердла - 20...26°.

Кут нахилу поперечного ребра **ψ** лежить у площині, нормальній до осі свердла, і утворюється проекціями головного різального і поперечного ребер на цю площину. Величина кута **ψ** змінюється в межах 50...55°.

Кут нахилу гвинтового рівчака **ω** утворюється між віссю свердла і дотичною до гвинтової лінії по зовнішньому діаметру свердла. Зі збільшенням кута **ω** зростає передній кут, завдяки чому полегшується стружкоутворення, але водночас зменшується міцність свердла. Середнє значення кута *ω* становить 24...30°.

3. Обладнання, матеріали та інструменти

Набір спіральних свердел великих діаметрів, штангенциркуль, масштабна лінійка, прямокутник, транспортир, ділильна головка, мікрометр, універсальний кутомір конструкції Семенова, універсальний кутомір ЛМТ (додаток В).

4. Послідовність виконання роботи

1. Виміряйте мікрометром діаметр свердла *D* біля різальної частини та діаметр D_1 в тому місці, де закінчуються спіральні рівчаки.

2. Виміряйте метричною лінійкою довжину робочої частини свердла l_5 (рис. 2) і загальну довжину свердла *L*, а штангенциркулем - довжину головних різальних ребер *l* та довжину поперечного ребра l_n.

3. Відповідно з рис. 4 і рис. 5 виміряйте величини кутів *φ* і *ψ*.

Половину кута при вершині свердла **φ** можна виміряти універсальним кутоміром, приклавши лінійку *2* (рис. 4) до головного різального ребра, а лінійку *4* – до напрямної частини свердла *5*. Нульова позначка шкали ноніуса *3* зупиниться напроти числового значення кута ер на шкалі *1* кутоміра.

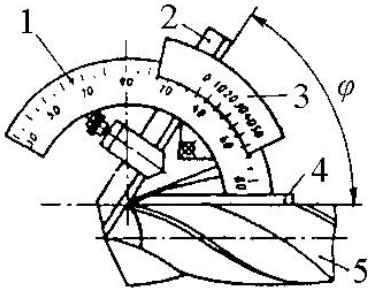


Рис. 4. Схема вимірювання половини кута при вершині свердла *φ*:
1 - шкала кутоміра; 2, 4- лінійка; 3 - шкапа ноніуса; 5 - спіральне свердло

Кут нахилу поперечного ребра **ψ** також вимірюють універсальним кутоміром. Під час вимірювання лінійку *2* (рис. 5) прикладають до поперечного ребра, а лінійку *4* скеровують у напрямку головного різального ребра свердла *5*. Нульова позначка шкали ноніуса *3* покаже числове значення кута **ψ**.

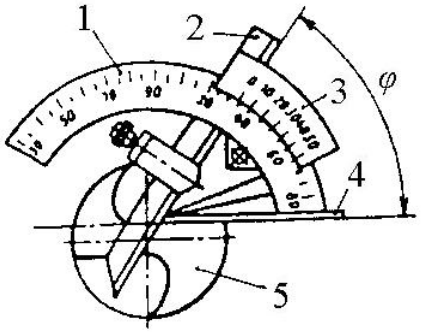


Рис. 5. Схема вимірювання кута нахилу поперечного ребра ψ:
1 - шкала кутоміра; 2, 4 - лінійка; 3 - шкала ноніуса; 5 - свердло

4. Користуючись схемою, поданою на рис. 6, а також формулою (3), визначте числове значення заднього кута **α** в трьох точках, розташованих на різних відстанях r_A від осі свердла. Побудуйте графічну залежність α - r_A.

Задній кут свердла **α** визначають *контактним методом.* З цією метою свердло закріплюють у шпинделі ділильної головки, а вимірювальний стрижень *1* індикатора встановлюють біля головного різального ребра в точці *A* (рис. 6) перпендикулярно до задньої поверхні на відстані r_A від осі свердла. Нуль шкали індикатора повертають до співпадання із його стрілкою. На шпинделі ділильної головки є лімб із поділками в градусах. Потім шпиндель із свердлом повертають на кут η = 8...10°, фіксують величину цього кута на лімбі ділильної головки та величину переміщення *a* вимірного стрижня на шкалі індикатора.

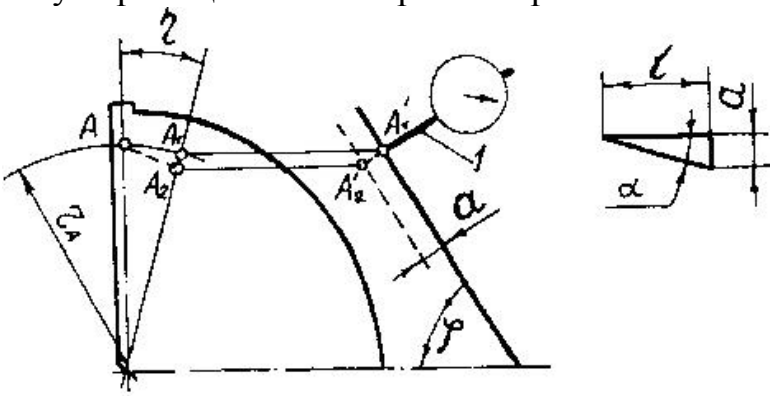


Рис. 6. Схема вимірювання заднього кута свердла α:
1 - вимірювальний стрижень індикатора;
A - розглядувана точка біля головного різального ребра, з якою контактує стрижень *1*; A_2 - точка на задній поверхні свердла, з якою контактує стрижень *1*;
η - кут повороту свердла; r_A - радіус; *a* - величина переміщення стрижня *1*;
l - довжина дуги, що відповідає кутові η; α - задній кут свердла;
φ - половина кута при вершині свердла

Величину заднього кута **α** у головній січній площині, що проходить через точку *A*, можна визначити із співвідношення (2):

$$tg\alpha = \frac{a}{l}, \qquad (2)$$

де *l* - довжина дуги (AA_1), що відповідає повороту свердла на кут *η*.

$$l = 2 \cdot \pi \cdot r_A \cdot \frac{\eta^\circ}{360^\circ} \qquad (3)$$

Підставивши вираз (3) у формулу (2), отримаємо (4):

$$tg\alpha = \frac{a}{\pi \cdot r_A} \cdot \frac{180^\circ}{\eta^\circ} \qquad (4)$$

5. Виміряйте величину кута нахилу **ω** гвинтового рівчака за схемою, поданою на рис. 7.

Кут нахилу **ω** гвинтового рівчака вимірюють за допомогою настільного кутоміра. З цією метою свердло *1* (рис. 7) встановлюють на призму *2* так, щоб головне різальне ребро зайняло горизонтальне положення, а лінійку сектора *3* прикладають до передньої поверхні на зовнішньому діаметрі свердла.

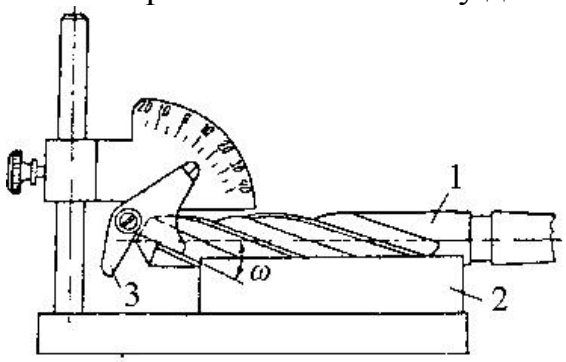


Рис.7. Схема вимірювання кута нахилу *ω* гвинтового рівчака:
1 - спіральне свердло; 2 - призма; 3 - сектор настільного кутоміра з лінійками

6. Результати вимірювань запишіть у табл. 1.

Таблиця 1

Розміри (мм) і кути (°) спірального свердла

Виміряні частини, елементи та кути свердла	Позначення	Величина
Діаметр свердла біля різальної частини	D	
Діаметр свердла біля шийки	D_1	
Довжина робочої частини свердла	l_5	
Загальна довжина свердла	L	
Довжина головного різального ребра	l	
Довжина поперечного ребра	l_n	
Кут при вершині свердла	2φ	
Кут нахилу поперечного ребра	ψ	
Кут нахилу гвинтового рівчака	ω	
Задній кут, якщо		
відстань точки *A* від осі свердла r_{A1}	α_1	
відстань точки *A* від осі свердла r_{A2}	α_2	
відстань точки *A* від осі свердла r_{A3}	α_3	

5. Зміст і вимоги до звіту

У звіті необхідно:

1. Вказати порядковий номер і назву лабораторної роботи.
2. Висвітлити мету роботи.
3. Надати ескіз спірального свердла із зазначенням складових частин і марки матеріалу різальної частини.
4. Рисунок елементів робочої частини спірального свердла із зазначенням координатних площин та кутів.
5. Результати вимірювань у вигляді таблиці 1.

6. Контрольні запитання

1. Як здійснюється оброблення конструкційних матеріалів на свердлильних верстатах?
2. Які інструменти застосовуються на свердлильних верстатах?
3. Які основні операції обробки отворів виконують на свердлильних верстатах?
4. Назвіть складові частини спірального свердла.
5. З яких елементів складається робоча частина спірального свердла?
6. Які кути визначають геометрію спірального свердла?
7. Який кут називається кутом при вершині свердла?
8. Яке значення **2φ** мають свердла, які призначені для обробки сталі та чавуну, для свердління м'яких металів, твердих металів?
9. Вкажіть на свердлі передню і задню поверхні, головне різальне ребро, поперечне ребро і стрічку.
10. Який кут називається переднім кутом **γ**, заднім кутом **α**, кутом нахилу поперечного ребра **ψ**, кутом нахилу гвинтового рівчака **ω**?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки з дисципліни " Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство" до виконання лабораторного практикуму з розділу "Обробка різанням, частина І (токарні різці)" для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: Трофименко В.В., Клименко О.П., Овчаренко В.І. - Дніпропетровськ: УДХТУ, 2013. - 16 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів. Практикум: Навч. посібник / В.М. Плескач, І.П. Волчок. - Запоріжжя: Дике Поле, 2007. - 168 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Практикум: Навч. посібник / Василь Попович та інш. - Львів: Видавництво "Папуга", 2004. - 422 с.
4. ГОСТ 885-77. Сверла спиральные. Диаметры. – М.: Изд-во стандартов, 1983. -3с.
5. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецкий, О.І. Некоз та ін.. 2-ге вид., перераб. і допов. – К.: Вища шк.., 2002. – 374 с.

ДОДАТОК А

Сучасні інструментальні матеріали

Від сучасних інструментальних матеріалів вимагається: висока твердість, міцність, температурна стійкість, теплопровідність та висока зносостійкість. Інструментальні матеріали, які найбільш широко застосовуються у виробництві, наведені у таблиці:

Вид матеріалу	Марка	Теплостійкість, °С	Галузь застосування
Вуглецеві інструментальні сталі	У10, У10А, У12, У13	200...250	ножівкове полотно, терпуги, метчики
Леговані інструментальні сталі	Х, ХГС, 9ХС, Х12М	до 300	свердла, зенкери, розвертки, метчики, протяжки
Швидкорізальні сталі	Р18, Р6М5, Р9М4	600...650	різці, зенкери фрези, свердла
Тверді сплави	ВК4, ВК6, ВК8, Т10К5, Т15К6, ТТ7К12, ТТ7К15	900...1000	свердла, різці, фрези зі вставними пластинами
Абразивні матеріали	електрокорунд 12А...37А, карбід кремнію 53С...64С	1000...1200	абразивні круги, бруски, сегменти
	карбід бору	до 1000	абразивні порошки для викінчувальних процесів
	синтетичні алмази АСО, АСР, АСВ, АСК	до 800	круги, бруски, надфілі, різці зі вставними зернами

Найчастіше використовуються швидкорізальні сталі та тверді сплави. Вони можуть працювати у широкому діапазоні швидкостей різання при обробленні найрізноманітніших матеріалів, крім загартованих сталей. Для оброблення загартованих сталей, інструментальних матеріалів, зокрема твердих сплавів, використовують абразивні матеріали. Всі абразивні матеріали мають дуже високу твердість (тобто здатність обробляти матеріал будь-якої твердості) та, крім алмазів, високу теплостійкість (тобто допускають високу швидкість різання; приблизно у 100 разів більше, ніж при обробленні лезовим інструментом). У зв’язку зі здатністю до самозагострювання недешевий абразивний інструмент в процесі оброблення порівняно швидко втрачає свої форму та розміри. Його працездатність треба періодично відновлювати (правити). На це втрачаються великі кошти.

Тому при розробці досконаліших інструментальних матеріалів пішли двома шляхами. Створення абразивного матеріалу високої твердості та теплостійкості: ельбор (кубічний нітрид бору) та гексаніт-Р (вюрцитоподібний нітрид бору). За механічними властивостями вони дуже близькі до алмазу, але перевищують його за теплостійкістю. Ці абразивні матеріали застосовуються для виготовлення абразивних інструментів, якими шліфують без охолодження тверді сплави, загартовану швидкорізальну сталь і т.п.

Виготовлення лезових інструментів з понадтвердих матеріалів на базі нітридів бору (ельбор-Р, белбор) та інструментальної кераміки (ЦМ 332, ВО 13, ВОК 60). Застосування інструментів зі змінними різальними пластинами з цих матеріалів дозволяє обробляти деталі із сталі та чавуну з більшими (у 1,5...5 разів) швидкостями різання у порівнянні з інструментами, оснащеними пластинами з твердих сплавів.

Алмази. Природні алмази - це одна із алотропних форм вуглецю - найтвердіший із природних матеріалів. Мікротвердість алмазів – 100 ГПа, у 7 разів вища від мікротвердості карбідів вольфраму та в 3,5 рази - карбідів титану. Окрім цього, алмази мають високу теплопровідність й не схильні до адгезії. Ці властивості забезпечують високу точність і малу шорсткість оброблених поверхонь.

Синтетичні алмази вперше були отримані в лабораторних умовах у 1958 р. Початково їх отримували з графіту при високих тисках (20 ГПа) та температурах (4000°С). За допомогою каталізаторів - рідких металів (Cr, Mo, Co, Ni) вдалось зменшити тиск до 5-12 ГПа і температуру до 1200-2000°С.

Промислове виробництво синтетичних алмазів вперше освоєно в Інституті надтвердих матеріалів АН України в 1961 р., спочатку у вигляді порошків для виготовлення шліфувальних кругів, а потім і в формі великих полікристалів розмірами 4-6 мм і масою до 0,4-0,7 карата.

За твердістю синтетичні полікристали лише незначно поступаються природним монокристалам алмазу. За температур різання, які перевищують 750-850°С, алмаз втрачає твердість, перетворюючись в графіт. Проте невисока температуростійкість алмазів (близько 650°С) компенсується їх високою теплопровідністю. Теплота, яка виділяється в процесі різання на поверхнях лез, добре відводиться в глибину алмазу, внаслідок чого температура на робочих поверхнях не перевищує його температуростійкості. Висока твердість і жорсткість, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя дозволяє інструментам, спорядженим синтетичними алмазами, обробляти різанням тверді, в’язкі і пластичні матеріали (деталі з кераміки, пластмас, кольорових сплавів, склопластиків) із швидкостями різання, які дорівнюють 1000-1200 м/хв. Завдяки здатності кристалів алмазу до великої анізотропії, за умови належної кристалографічної орієнтації зерен можна підвищити стійкість цих інструментів на 200-1000%.

Алмази використовують також для вигладжування загартованих сталевих поверхонь. Зерна синтетичних алмазів легше розщеплюються під навантаженням порівняно з природними, утворюючи гострі леза, що сприяє їх успішному застосуванню в абразивних інструментах.

ДОДАТОК Б

РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОТВОРІВ

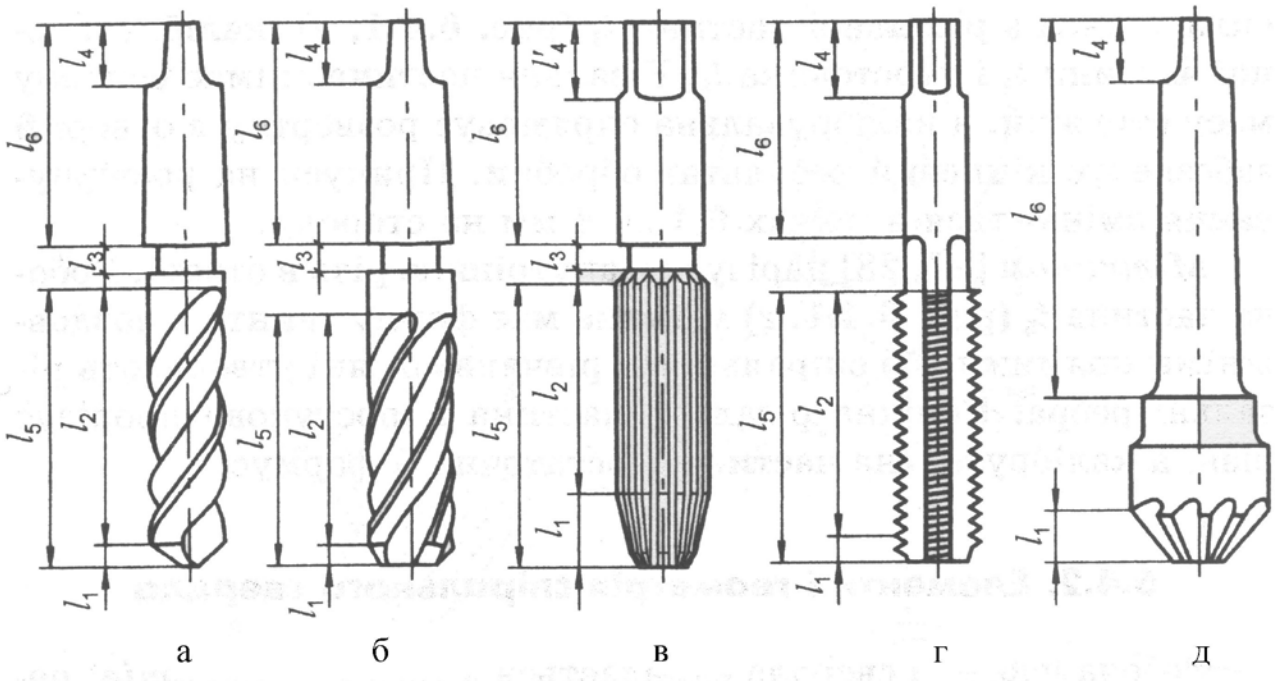


Рис. Б.1. Різальні інструменти для обробки отворів:
а - спіральне свердло; б - зенкер; в - розвертка; г - мітчик; д - зенківка;
l_1 - різальна частина; l_2, l'_2 - напрямна та калібрувальна частина;
l_3 - шийка; l_4 - лапка; l'_4 - квадрат; l_5 - робоча частина; l_6 - хвостовик

Свердло (рис. Б.1, а)застосовують для обробки отворів у суцільному матеріалі. За конструкцією свердла поділяють на: а) *перові* (рис. Б.2, а), що становлять стрижень або закріплювану в оправці пластинку з різальними кромками, заточеними під кутом **2φ** = 80...150°. Застосовують ці свердла в основному для свердління отворів у твердих поковках і виливках та для обробки ступінчастих отворів; б) *спіральні* (рис. Б.1, а та Б.2, б); в) свердла для *глибокого свердління* (рис. Б.2, в); г) *центрувальні* (рис. Б.2, г), призначені для утворення центрових отворів у заготовках, що обробляються в центрах; д) свердла для *кільцевого свердління* (рис. Б.2, д), які застосовують для глибоких отворів, діаметр яких перевищує 75 мм.

Зенкер призначений для обробки отворів, попередньо отриманих литтям, штампуванням чи свердлінням. Спіральний циліндричний зенкер (рис. Б.1, б) на перший погляд нагадує свердло, але від свердла він відрізняється більшою кількістю (від 3 до 6) різальних вістер. Ця особливість забезпечує зенкеру порівняно зі свердлом вищу продуктивність і краще спрямовування в отворі заготовки. Діаметр зенкерів змінюється в межах від 10 до 100 мм. З метою зменшення тертя напрямна частина l_2 зенкера має незначну зворотну конусність.

Розвертка є багатовістряним інструментом, який використовується для кінцевої обробки отвору після свердління, зенкування чи розточування і забезпечує високу точність розміру та якість поверхні. За конструкцією розвертки поділяють на циліндричні, конічні та ступеневі. Циліндрична розвертка складається з різальної частини l_1 (рис. Б.1, в), калібрувальної частини l_2 і хвостовика l_6. Різальна частина знімає основну масу стружки, а калібрувальна спрямовує розвертку в отворі й забезпечує кінцевий результат обробки.

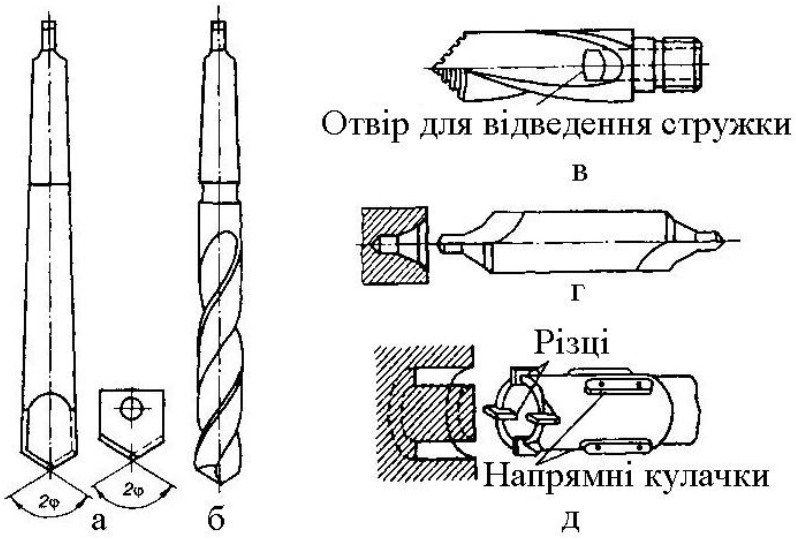


Рис. Б.2. типи свердел

Мітчиком (рис. Б.1, г)нарізують внутрішню різь в отворі. Робоча частина l_5 мітчик4а має форму гвинта з повздовжніми прямими або спіральними рівчаками, які утворюють різальні ребра. Конічна різальна частина l_1 поступово прорізує різь, а калібрувальна частина l_2 остаточно її формує.

Зенківка - багатовістряний інструмент, що служить для обробки в наявних отворах заглибин конічної (рис. Б.1, д) або циліндричної форми, а також фасок.

Тема. Оброблення матеріалів на фрезерних верстатах

Мета роботи:*Набуття практичних навичок із оброблення матеріалів на фрезерних верстатах, ознайомлення з будовою та класифікацією фрез та методикою призначення режимів різання.*

1. Теоретичні відомості

1.1 Характеристика процесу фрезерування

Оброблення площин, криволінійних і складних за формою поверхоньна верстатах фрезерної групи багатолезовим інструментом (фрезою)називається *фрезеруванням*.

Фрезеруванням можна із заданою точністю обробити майже всі види поверхонь. Для цього існують різні види фрезерних верстатів, їх поділяють на такі основні групи:

1) прості горизонтально-фрезерні верстати;
2) універсальні горизонтально-фрезерні верстати;
3) вертикально-фрезерні верстати;
4) поздовжньо-фрезерні верстати;
5) шпонково-фрезерні верстати;
6) барабанно-фрезерні верстати;
7) копіювально-фрезерні верстати;
8) різьбофрезерні верстати;
9) спеціалізовані фрезерні верстати.

Для прикладу розглянемо оброблення на універсальному горизонтально-фрезерному верстаті, у якого робочий стіл крім трьох рухів подачі, може ще повертатися в горизонтальній площині на кут 45 - 50°, що розширює коло робіт, які виконуються на горизонтально-фрезерних верстатах.

При фрезеруванні стружку знімає не один різець, а багатолезовий інструмент – фреза. Подача здійснюється переміщенням стола в поздовжньому і поперечному напрямках. Фреза обертається від шпинделя верстата. Обертальний рух фрези є головним, а переміщення стола верстата з закріпленою на ньому деталлю - рухом подачі (рис. 1).

Всі фрези являють собою різної форми тіла обертання, що мають на своїх поверхнях прямі або гвинтові канавки, які утворюють зубці з різальними лезами.

Фрези можуть бути суцільними, складеними і збірними. Їх виготовляють з швидкорізальних сталей марок Р18 та Р9 або оснащують пластинками металокерамічних і мінералокерамічних сплавів.

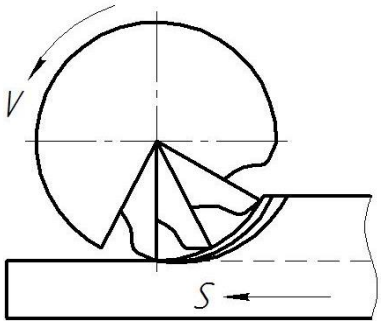


Рисунок 1 – Схема фрезерування

Класифікація фрез. За видом оброблюваних поверхонь фрези поділяються на: циліндричні і торцеві - для обробки площин; дискові і пальцеві - для обробки різних видів пазів; пилки - для розрізування металів; фасонні - для обробки фасонних поверхонь; зуборізні - для нарізування зубів зубчастих коліс; різьові - для нарізування різі та інші.

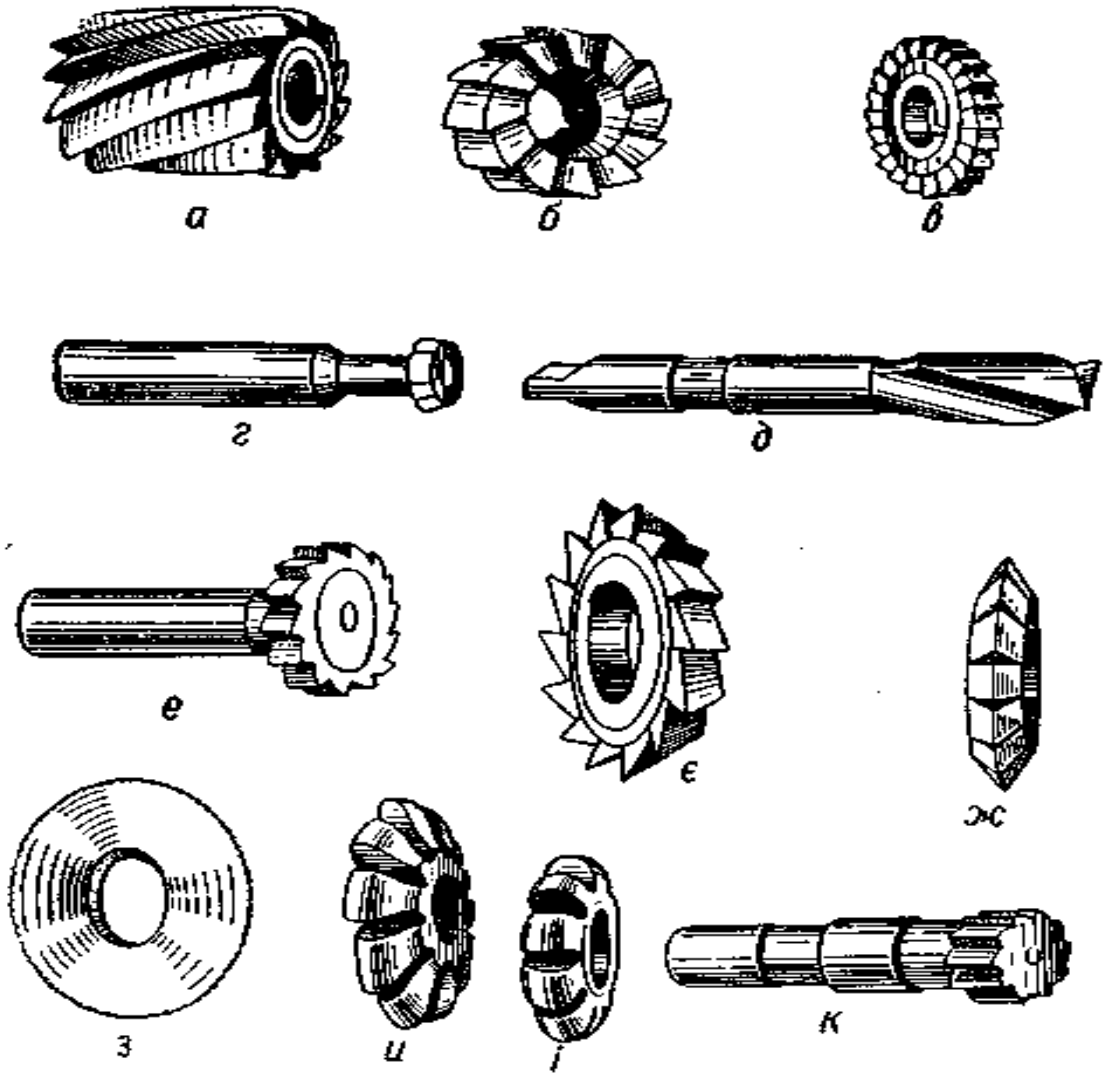


Рисунок 2 – Типи фрез

На рис. 2 показані основні типи фрез. Для обробки площин циліндрична фреза *(а)*; торцева фреза (*б*) для обробки пазів - дискова фреза *(в)*; для обробки Т-подібних пазів пальцева фреза *(г)*; для обробки звичайних шпонкових пазів

пальцева фреза *(д)*; для обробки пазів сегментних шпонокфреза *(є)*; одно кутова фреза для обробки канавок *(є)*; двокутова фреза *(ж)*; фреза - пилка для прорізування шліців (*з)*; модульна дискова фреза для обробки зубів зубчастих коліс *(и)*; фасонна фреза для обробки напівкруглих канавок *(і)*; гребінчаста фреза для нарізування різі *(к)*. Існує багато інших типів фрез для виконання спеціальних робіт.

Фрезерування торцевими фрезами поверхонь більш продуктивне ніж циліндричними.

Чорнове фрезерування забезпечує точність за 12÷14 квалітетом, з чистотою поверхні Ra 6,3÷12,5; чистове відповідно 11 квалітет точності, Ra 3,2÷6,3 а тонке 8,9 квалітет точності, з чистотою поверхні Ra 1,6.

2. Практична частина

2.1 Призначення різального інструменту

Для фрезерування поверхні заготовки важливе значення має правильний вибір фрези. Необхідно проаналізувати всі можливі варіанти обробки і вибрати найбільш оптимальний, при якому найбільш повно використовуються можливості верстата і фрези, забезпечується необхідна якість обробки та досягається найвища продуктивність праці.

Для виконання лабораторної роботи варіант завдання вибрати в додатках А за вказівкою викладача.

З метою спрощення роботи над вибором типу і розмірів фрези, а також ширини фрезерування та глибини різання, слід накреслити схему різання. Типовісхеми різання наведені на рис. 3.

В залежності від форми оброблюваної поверхні необхідно вказати тип фрези, її конструкційні особливості (суцільна, збірна, спосіб кріплення зубів), розміри фрези, число зубів і геометричні параметри. Розміри фрези вибираються виходячи з розмірів оброблюваної поверхні. Так при обробці площин та уступів діаметр торцевої або пальцевої фрези, ширина дискової або циліндричної фрези мають бути на 10 - 20% більшими за ширину оброблюваної поверхні.

Найбільшу продуктивність при обробці горизонтальної площини на вертикально-фрезерному верстаті або вертикальної площини на горизонтально-фрезерному верстаті можна досягти, використовуючи торцеві фрези (рис. 3 *а*). Якщо горизонтальна площина деталі оброблюється на горизонтально-фрезерному верстаті, то використовуються циліндричні фрези (рис. 3 *б*). Нешироκі площини та пази оброблюються торцевими фрезами малих розмірів, пальцевими або дисковими фрезами (рис. 3.3 *в, г, д, ж, з*). Складні фасонні

поверхні оброблюють дисковими фрезами відповідного профілю (рис. 3 *і*). Для обробки шпонкових канавок під призматичні шпонки призначаються пальцеві шпонкові фрези (рис.3 *и*).

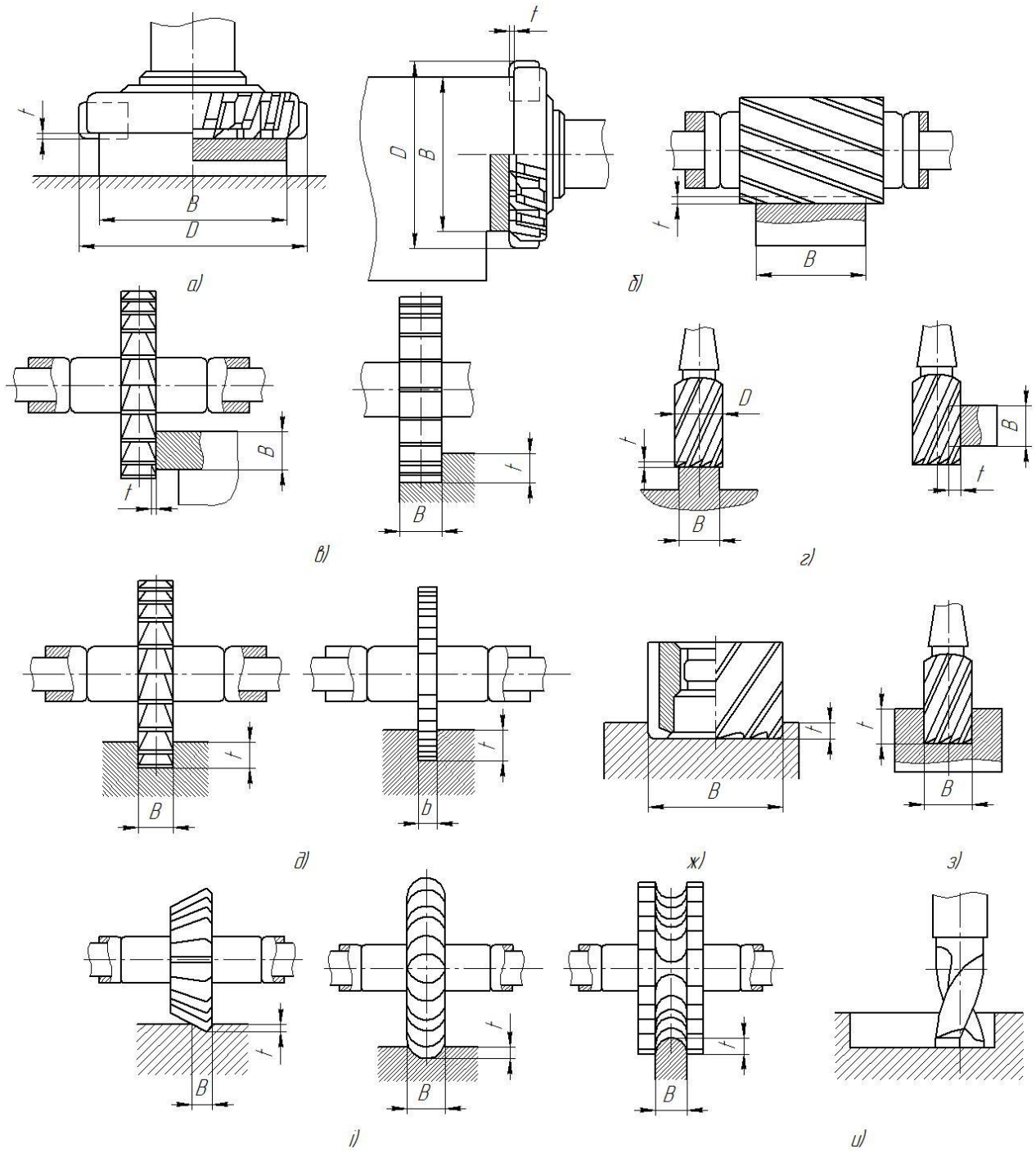


Рисунок 3 – Схеми різання при фрезеруванні

Визначаючи діаметр фрези, можна використати рекомендації приведені у додатку Б. Потрібно також вказати число зубів фрези. Для чистової обробки слід призначати фрези з більшою кількістю зубів, а для чорнової обробки з меншим числом зубців. Визначаючи параметри фрези, слід звернути увагу на

можливість кріплення фрези на верстаті. Особливо це стосується дискових і циліндричних фрез, які потрібно насаджувати на оправку. Параметри фрези можна вибрати з таблиць 65-100 (стор. 174-189) [9] або з додатку Б. Потрібно вказати також конструкційні особливості фрези і матеріал зубів фрези.

2.2 Призначення режимів фрезерування

Знаючи, що головний рух при фрезеруванні - обертання фрези, визначаємо швидкість різання за формулою

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \qquad (1)$$

де D - зовнішній діаметр фрези, в *мм;*

n - число обертів фрези (або шпинделя верстата) за хвилину.

2.3 Призначення глибини різання

Глибину різання при фрезеруванні призначають в залежностівідприпуску на обробку, якості обробленої поверхні, потужності верстата, конструкції інструменту та жорсткості системи ВПІД. При чорновій обробці для підвищення продуктивності бажано весь припуск зрізати за один прохід. Практично вбільшості випадків чорнове фрезерування з точністю за 12-14 квалітетами та якістю поверхні до Ra = 6,3÷12,5мкм, або до Rz = 25÷50 *мкм* проводиться зглибиноюрізання 3 – 5 *мм,* а для торцевих фрез глибина різання досягає 12 – 15 *мм*.

Для досягнення високої якості обробки після чорнової обробки проводиться чистова з точністю за 8-11квалітетом та якістю поверхні до Ra = 1,25÷ 3,2 *мкм,* або до Rz = 5÷12,5 *мкм* з глибиною різання 0,5 – 1,5 *мм*.

Для багатоінструментальної обробки глибина різання визначається для кожної фрези.

2.4 Призначення подач

Для чорнового фрезерування визначається подача на один зуб фрези,S_z, з додатку В (таблиць В2 –В6), з таблиць 33, 34, 35, 36, 38 (стор. 283 - 286) [10], з карт 108-199 (стор. 209 -343) [5] або з карт Ф-2 (стор. 83 - 84) [8].

Для чистового фрезерування визначається подача за один оберт фрези, S з додатку В (таблиць В7, В8), з таблиці 37 (стор. 285) [9], з карт 108-199 (стор. 209-343) [5].

Якщо на одній оправці закріплено кілька фрез, то спочатку подача S_zвизначається для кожної фрези. Потім для кожної фрези визначається подача на один оберт шпинделя.

$$S = S_z \cdot Z \text{ (мм/об)} \quad (2)$$

де z – число зубців фрези.

За розрахункову подачу на один оберт приймається менше із одержаних значень і визначається розрахункова подача на один зуб фрези для кожного інструменту.

$$S_z = \frac{S}{Z} \text{ (мм/зуб)} \quad (3)$$

3 Структура звіту

1 Мета роботи;
2 Короткі теоретичні відомості;
3 Креслення схеми різання;
4 Призначення різального інструменту;
5 Визначення глибини різання і подачі;
6 Висновок;
7 Список літератури.

4 Контрольні запитання

1. Що таке фрезерування?
2. Які поверхні можна обробляти фрезеруванням?
3. Який рух в процесі фрезерування є рухом подачі?
4. Як поділяються фрези за видом оброблюваних поверхонь?
5. Чи можна нарізати різь фрезою на фрезерному верстаті?
6. Які фрези використовують для обробки різних видів пазів?
7. Які фрези використовують для обробки площин?
8. Які фрези використовують для нарізування зубів зубчастих коліс?
9. Яку точність і чистоту поверхні забезпечує чистове фрезерування?
10. Яку точність і чистоту поверхні забезпечує тонке фрезерування?
11. За якою формулою визначають швидкість різання в процесі фрезерування?
12. В залежності від чого призначають глибину різання при фрезеруванні?
13. Як визначається подача для чорнового фрезерування?
14. Як визначається подача для чистового фрезерування?

Додаток А

Призначити фрезу (тип, розміри фрези, матеріал і число зубів, конструкційні особливості), визначити ширину і глибину фрезерування, вибрати подачу для обробки поверхні заготовки (рис. А1, таблиця А1), якщо припуск на обробку h.

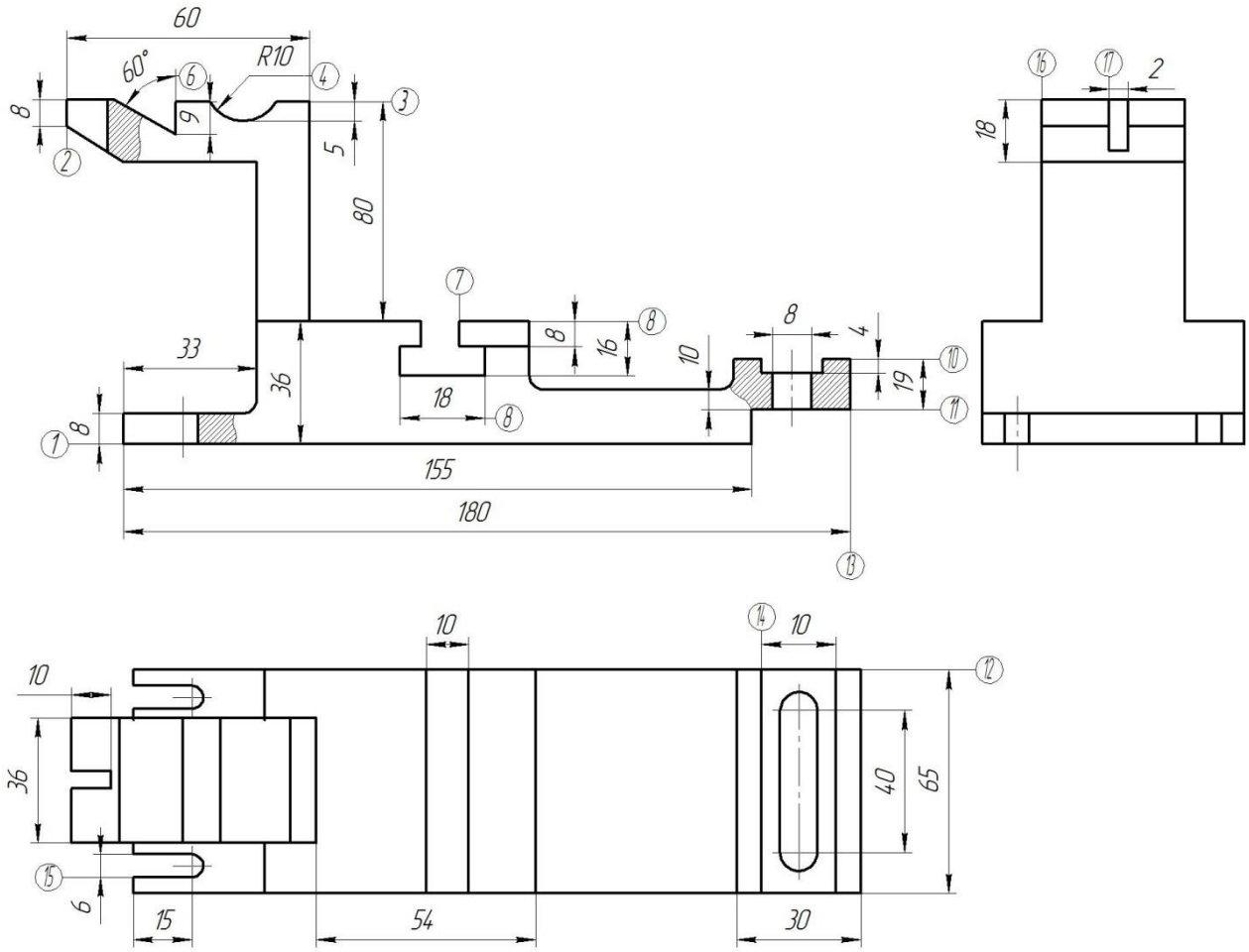


Рисунок А1 – Заготовка для фрезерування

Таблиця А1 – Дані до виконання лабораторної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки		Якістьобробки	Номериповерхні	Припуск h, *мм*
Обробка на вертикально-фрезерному верстаті					
1.	Сталь Ст.3	НВ 110	Rz 80	1	4,0
2.	Сталь Ст.3	НВ 118	Rz 40	2	2,5
3.	СЧ 18	НВ 210	Rz 40	3	3,0
4.	СЧ 18	НВ 210	Rz 40	8	-
5.	СЧ 18	НВ 210	Rz 40	7	_
6.	Сталь 45	НВ 229	Ra 2,5	6	1,5

Продовженнятаблиці А1

7.	Сталь 45	НВ 229	Rz 80	9	-
8.	Сталь 45	НВ 229	Ra 2,5	10	1,0
9.	СЧ30	НВ 255	Rz 80	11	4,0
10.	СЧ 30	НВ 255	Rz 40	12	3,5
11.	СЧ30	НВ 255	Rz 80	13	3,2
12.	Бронза	НВ 120	Rz 40	14	-
13.	Сталь 40	НВ 170	Rz 80	15	-
14.	Сталь 40	НВ 170	Ra 2,5	16	1,2
15.	Сілумін	НВ110	Rz 40	3	2,5
Обробка на горизонтально-фрезерному верстаті					
16.	СЧ 40	НВ 280	Rz 40	3	-
17.	Сталь Ст.3	НВ 118	Rz 80	4	R= 10 *мм*
18.	Сталь Ст.3	НВ 118	Ra 2,5	2	0,8
19.	СЧ 18	НВ 210	Ra 6,3	3	0,9
20.	СЧ 18	НВ210	Rz 80	7	-
21.	СЧ 18	НВ 210	Rz40	6	4,5
22.	Бронза	НВ 150	Ra 6,3	10	1,0
23.	Сталь 40	НВ 170	Rz 80	11	2,6
24.	Сталь 40	НВ 170	Ra 2,5	12	0,8
25.	СЧ 30	НВ 250	Rz 80	13	2.8
26.	СЧЗО	НВ 250	Rz 40	14	-
27.	Сталь Ст.З	НВ 123	Rz 40	16	3.4
28.	Сталь 15Х	НВ 179	Rz 80	17	-
29.	Дюралюміній		Ra 6,3	2	1,8
30.	Сілумін		Ra 6,3	3	0,9

Додаток Б

Рекомендаціїщодовиборуінструментів

Таблиця Б1 – Призначення марок твердого сплаву при фрезеруванні

Оброблюванийматеріал	Характер фрезерування		
	чорнове	напівчистове	чистове
Сталь вуглецева; легована; чавунковкий Чавунвідбілений, кольорові метали і сплави	ТТ7К12Б, Т5К12Б, ТТ10К8Б, ВК15, ВК10, ВК8	Т14К8, Т15К6 ВК8, ВК6, ВК6М	Т15К6, Т30К4 ВК4, ВК3, ВК3М, ВК2

Таблиця Б2 – Рекомендованідіаметри фрез

Фреза	Глибинарізання*t*,*мм*	Ширина фрезерування В, *мм*	Діаметрфрези D,*мм*
Торцева	4	40	50-63
	4	60	80-100
	5	90	125
	5	120	160
	6	180	200-250
	8	250	320
	10	350	400-630
Прорізна	5	4	40-63
	10	4	63-80
	12	5	80
	25	5	100

Додаток В

Рекомендаціїщодовибору подач для фрезерування

Таблиця В1 – Подачі на зуб фрезиS$_z$ длячорновоїобробкиплощин та уступів

Твердість заготовки НВ	Сталь			Чавун і мідносплави		Алюмін. сплави
	Глибинарізання t в *мм*					
	до 3	до 5	>5	до 3	>3	
Торцевіфрезиізшвидкорізальноїсталі						
<229	0,2-0,3	0,15-0,25	0,12-0,2	0,4-0,6	0,2-0,35	0,25-0,3
230-287	0,15-0,25	0,12-0,2	0,1-0,15	0,3-0,5	0,15-0,25	
>287	0,12-0,2	0,1-0,15	0,07-0,1	0,2-0,3	0,08-0,15	
Торцевіфрезиоснащені твердим сплавом						
<229	0,15-0,2	0,1-0,18	0,1-0,15	0,2-0,35	0,1-0,25	0,2-0,3
230-287	₀,1-₀,15	0,08-0,1	0,06-0,1	0,15-0,25	0,1-0,2	
>287	0,08-0,1	0,06-0,08	0,05-0,07	0,1-0,15	0,06-0,1	
Дисковіфрезиізшвидкоїрізальноїсталі						
<229	0,15-0,2	0,12-0,2	0,1-0,15	0,3-0,5	0,15-0,3	0,1-0,15
230-287	0,12-0,2	0,1-0,15	0,08-0,12	0,2-0,3	0,1-0,25	
>287	0,1-0,15	0,08 -0,1	0,06-0,1	0,15-0,25	0,08-0,15	
Дисковіфрезиоснащені твердим сплавом						
<229	0,1-0,12	0,08-0,1	0,07 - 0,1	0,15-0,25	0,1-0,2	0,15-0,2
230-287	0,08-0,1	0,06- 0,08	0,05-0,07	0,12-0,2	0,08-0,15	
>281	0,06-0,08	0,05-0,07	0,04-0,06	0,08-0,15	|0,05-0,1	

Більші значення приймати для жорстких систем ВПІД

Таблиця В2 – Подачі на зуб фрезиs_z для обробки канавок дисковими фрезами

Твердість заготовки НВ	Сталь			Чавун і мідносплави		Алюмін. сплави
	Глибинарізання t в *мм*					
	до3	до 5	>5	до 3	>3	
<229	0,06-0,12			0,07-0,12		0,1-0,18
230-287	0,05-0,1			0,06-0,1		
>287	0,03-0,06			0,04-0,08		
B, мм	Прорізні фрези із швидкорізальної сталі _					
2	0,03-0,05	0,02-0,04	0,01-0,02	0,04-0,06	0,02-0,04	0,04-0,06
3	0,02-0,04	0,01-0,02		0,03-0,05	0,01-0,03	
6	0,01-0,02	<0,01		0,02-0,04	<0.01	

Меншізначенняприймати для t > 2B. де B – ширина канавки

Таблиця В3 – Подачі на зуб фрезиs_zдля фасонних та кутових фрез

Сталь			Чавун,мідні та алюмінієві сплави		
	Подача S_z, при глибині різання t в *мм*				
до 3	до 5	>5	до 3	до 5	>5
0.04-0,06	0,03 - 0,05	0,02 - 0,04	0,06 - 0,08	0,04 - 0,06	0,03 - 0,05

Таблиця В3.4 – Подачі на зуб фрезиS_z длячорновоїобробкистальних заготовок кінцевими фрезами

Діаметр фрези до	Швидкорізальні фрези			Твердосплавні фрези		
	Глибина різання t в *мм* до					
	3	5	8	3	5	8
16	0,05-0,08	0,03-0,06		0,02-0,06	0,02-0,04	
20	0,06-0,10	0,04-0,07		0,06-0,10	0,05-0,08	0,03-0,05
25	0,07-0,12	0,05-0,09	0,03-0,06	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,10
30	0,10-0,16	0,07-0,12	0,04-0,07	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10
40	0,12-0,20	0,08-0,14	0,05-0,08	0,10-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11
50	0,15-0,25	0,10-0,15	0,07-0,10	0,10-0,20	0,10-0,15	0,08-0,12

Примітка: 1. Більшізначенняприймати для жорстких систем верстат - пристосування - інструмент - деталь.

2. Для обробкичавунівподачізбільшувати в 1,3 рази; для обробкимідних та алюмінієвихсплавівподачізбільшувати в 1,4 рази

Таблиця В5 – Подачі на зуб фрезиS_z для обробкишпонкових канавок

Напрям подачі	Діаметр фрези								
	6	8	10	12	16	20	24	32	40
Осьова	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	г0,011	0,012	0,015	0,016
Поздовжня	0,02	0,022	0,024	0,026	0,028	4032	0,036	0,037	0,038

Подачіприведені для конструкційних сталей з σ_B, < 750 *МПа;* при обробцісталібільшвисокоїміцностівводитидодатковийкоефіцієнт 0,6 – 0,8

Таблиця В6 – ПодачіS в *мм/об* для чистовоїобробкиплощин та уступівторцевими і дисковими фрезами

Матеріал інструменту	Подачі s в *мм/об* при шорсткості поверхні R_a, *мкм*				
	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4
Р6М5	1,2-2,7	0,5-1,2	0,23 - 0,5	-	-
Твердий сплав	-	0,5-1,0	0,4 -0,6	0,2-0,3	0,15

Таблиця В7 – ПодачіS в *мм/об* для чистовоїобробкикінцевими фрезами

Діаметр фрези D в *мм*	10-16	20-22	25-35	40-50
Подача s в *мм/об*	0,02 - 0,06	0,06-0,12	0,12-0,24	0,3 - 0,6

Таблиця В8 – Подачі при чорновомуфрезеруванніторцевими, циліндричними та дисковими фрезами ізшвидкорізальноїсталі

Потужністьверстата, кВт	Фрези			
	Торцеві та дискові		Циліндричні	
	Подача на один зуб S_z, мм, при обробці			
	Сталь конструкційна	Чавун та мідніспла ви	Сталь конструкційна	Чавун та мідніспла ви
Фрези з крупним зубом та фрезіізвставними ножами				
до 5	0,06...0,07	0,15...0,30	0,08...0,12	0,10...0,18
від 5 до 10	0,08...0,15	0,20...0,40	0,12...0,20	0,20...0,30
від 10	0,15...0,25	0,30...0,50	0,30...0,40	0,40...0,60
Фрези з дрібним зубом				
до 5	0,04...0,06	0,12...0,20	0,05...0,08	0,06...0,12
від 5 до 10	0,06...0,10	0,15...0,30	0,06...0,10	0,10...0,15

Таблиця В9 – Подачі при чорновомуфрезеруванніторцевими, циліндричними та дисковими фрезами з пластинами твердого сплаву

Потужністьверстата, кВт	Сталь конструкційна		Чавун та мідносплави	
	Подача на зуб фрезиS_z, мм, при твердому сплаву			
	Т15К6	Т5К10	ВК6	ВК8
Фрези з крупним зубом та фрези з вставними ножами				
від 5 до 10	0,09...0,18	0,12...0,18	0,14...0,24	0,20...0,29
від 10	0,12...0,18	0,16...0,24	0,18...0,28	0,25...0,38

*Примітки:*1. Наведенізначення подач для циліндричних фрез дійсні при ширініфрезеруванняB≤30мм; при B>30 табличнізначення подач слідзменшити на 30%.

2. Наведенізначення подач для дискових фрез дійсні при фрезеруванніплощин і уступів; при фрезеруванніпазівтабличнізначення подач слідзменшити в 2 рази.

3. При фрезеруванні з наведенимивтаблиці подачами досягається параметр шорсткостіповерхніR_a = 0,8 ... 1,6 мкм.

Таблиця В10 – Подачі при фрезеруванністалевих заготовок шпонковими фрезами ізшвидкорізальноїсталі

Діаметрфрези, мм	Фрезерування на шпонково-фрезернихверстатах з маятниковою подачею		Фрезерування на вертикально-фрезернихверстатах за один робочийхід	
			Осьоверізання на глибинушпонкового пазу	Поздовжнєпереміщення
	Глибинафрезерування, мм		Подача на один зуб, мм	
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030
20		0,31	0,011	0,032
24		0,38	0,012	0,036
28	0,5	0,45	0,014	0,037
32		0,50	0,015	0,037
36		0,55	0,016	0,038
40		0,65	0,016	0,039

*Примітка.*Подачідані для конструкційноїсталі з $\sigma_в$≤750 МПа; при обробці сталей більшвисокоїміцностіподачізменшуються для 20-40%.

Таблиця В11 – Подачі, мм/об, при чистовому фрезеруванніторцевими, дисковими і циліндричними фрезами

Параметр шорсткостіповерхніR_a, мкм	Торцеві та дисковіфрезиізставними ножамиізтвердосплавнихматеріалів		Циліндричніфрезиізсталі					
			Сталь конструкційна			Чавун, кольоровісплави		
			Діаметрфрези, мм					
	ШР сталі	ТС	40...75	90...130	150...200	40...75	90...130	150...200
6,3	-	1,2...2,7	-	-	-	-	-	-
3,2	0,5...1,5	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	-	-	-	-	-	-	-

Додаток Г

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Таблиця Г1 – Вертикально-фрезерніверстати (в мм)

Параметри	Моделіверстатів				
	6Р11	6Р11МФ3-1	6Р13РФ3-0	6550РФ3	6560МФ3
Розмірробочоїповерхні стола	250...1000	250х1000	400х1600	500х1000	630х1600
Найбільшепереміщення стола: поздовжнє поперечне вертикальне	 630 200 350	 630 300 350	 1000 400 380	 800 500 -	 1250 630 -
Найбільшепереміщенняшпиндельної бабки	-	-	-	530	775
Частота обертання шпинделя, об/хв	50...1600	63...2500*	40...2000	40...2000	5,6...2000
Подача стола, мм/хв.: поздовжня і поперечна вертикальна	 35...1020 14...390	 0,1...4800* 0,1…4800*	 10...1200* 10…4800*	 - -	 - -
Подача, мм/хв. : стола шпиндельної бабки	 - -	 - -	 - -	 5...1200* 5…1200*	 0,1...4800* 0,1…4800*
Швидкістьприскоренихпереміщень стола, мм/хв.: поздовжнього і поперечного вертикального	 2900 1150	 4800 4800	 2400 2400	 - -	 - -
Швидкістьприскоренихпереміщень, мм/хв.: стола шпиндельної бабки	- -	- -	- -	4800 4800	9600 9600
Потужністьелектродвигуна приводу руху, кВт	5,5	8	7,5	4,3	15

Примітки: *Безступінчастерегулювання

1. Верстатмоделі 6Р11Г з ручнимуправлінням, решта з ЧПУ.
2. Верстати моделей 6Р11, 6Р11МФ3, 6Р13РФ3 консольні, а решта – з хрестовим столом.
3. Міскістьінструментальнихмагазинів (револьверних головок) на верстатахмоделі 6Р11МФ3-1 – 8 інструментів; моделі 6Р13РФ3 – 6 інструментів; моделі 6550РФ3 – 6 інструментів; моделі 6560МФ3 – 24 інструмента.

Таблиця Г2 – Горизонтально-фрезерніконсольніверстати (в мм)

Параметри	Моделіверстатів				
	6Р80Ш	6Р81Ш	6Р80	6Т82Г	6Т83Г
Розмірироботочоїповерхні стола	200...8000	250х1000	200х800	320х1250	400х1600
Найбільшепереміщення стола:					
поздовжнє	500	630	500	800	1000
поперечне	1600	200	160	320	400
вертикальне	300	350	300	420	420
Відстані:					
відосі горизонтального шпинделя до поверхні стола	50...350	50...400	20...320	30...450	30...380
відторця вертикального шпинделя до поверхні стола	205 (найменше)	250...845	-	-	-
Найбільшепереміщеннягільзи вертикального шпинделя	60	80	-	-	-
Найбільший кут повороти, град	-	-	± 45	± 45	± 45
Частота обертання шпинделя, об/хв:					
горизонтального	50...2240	50…1600	50...2240	31,5...1600	31,5...1600
вертикального	56...2500	45…2000	-	-	-
Подача стола, мм/хв.:					
поздовжня	25...1120	35...1020	25...1120	12,5...1600	12,5...1600
поперечна	25...1120	28...790	25...1120	12,5...1600	12,5...1600
вертикальна	12,5...560	14...390	12,5...390	4,1...530	4,1...530
Швидкістьприскоренихпереміщень стола, мм/хв:					
поздовжнього	2300	2900	2300	4000	4000
поперечного	2300	2300	2300	4000	4000
вертикального	1120	1150	1120	1330	1330
Потужністьелектродвигуна приводу головного руху, кВт	3	5,5	3	7,5	10
Примітка. Верстати моделей 6Р80Ш і 6Р81Ш широкоуніверсальнікласуточності П.					