

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

С. В. Худяков, В. В. Третьак, М. Ю. Калініченко

**ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБЛЕННЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2022

УДК 621.91.002 (076.5)
Х98

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. А. О. Костіков,
канд. техн. наук С. А. Пальков

Худяков, С. В.

Х98 Технології оброблення конструкційних матеріалів різанням [Текст] : навч. посіб. / С. В. Худяков, В. В. Третяк, М. Ю. Калініченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 40 с.

ISBN 978-966-662-887-2

Розглянуто методологію організації та проведення лабораторних робіт, що стосуються питань формоутворення поверхонь деталей механічним обробленням різанням, розроблення технологічних операцій оброблення заготовок методами точіння, свердління, фрезерування та шліфування, визначення різальних інструментів, технологічного обладнання та оснащення. Подано технологічні рекомендації щодо розроблення операцій та розрахунку режимів різання. У кожній лабораторній роботі наведено варіанти завдань для проєктування технологічних операцій.

Для студентів усіх спеціальностей, які вивчають курс «Технологія конструкційних матеріалів».

Іл. 42. Табл. 19. Бібліогр.: 6 назв

УДК 621.91.002 (076.5)

© Худяков С. В., Третяк В. В.,
Калініченко М. Ю., 2022
© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2022

ISBN 978-966-662-887-2

Лабораторна робота № 1

ТОКАРНЕ ОБРОБЛЕННЯ

Мета роботи

1. Вивчити процес токарного оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь (отворів) деталей.
2. Ознайомитися з інструментом, кінематичною схемою методу оброблення й органами керування токарно-гвинторізного верстата.
3. Отримати навички розрахунків режимів різання при точінні.

Теоретичні відомості

Точіння є найбільш поширеним методом оброблення тіл обертання, що здійснюється різцями на верстатах токарної групи.

Методом точіння проводиться оброблення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь тіл обертання циліндричної, конічної, сферичної і фасонної форм.

Розрізняють такі види точіння:

- 1) чорнове – обдирання, відрізання і підрізання торців заготовок;
- 2) напівчистове (дає точність 9-...11-го квалітетів і шорсткість Rz 20...40 мкм);
- 3) чистове (точність 7-, 8-го квалітетів, шорсткість Ra 0,63...2,5 мкм);
- 4) тонке точіння та розточування (шорсткість Ra 0,16...0,63 мкм);
- 5) точіння підвищеної продуктивності: а) швидкісне – різання з великими швидкостями (наприклад, точіння сталей з $V = 150...200$ м/хв) і б) силове – зняття великих об'ємів металу в одиницю часу, що супроводжується значним зростанням навантажень на різець;

Для здійснення процесу оброблення матеріалів різанням необхідно, щоб заготовка і різальний інструмент переміщалися один відносно одного. Один з цих рухів, що визначає швидкість відділення стружки, називається **головним рухом**.

Другий, що забезпечує безперервність врізання різальної кромки інструменту в нові шари металу, називається **рухом подачі**.

При обробленні на токарних верстатах головним рухом є обертання заготовки, а рухом подачі – поступальне переміщення різця.

Різальними інструментами методу точіння є різці, свердла, зенкери розгортки.

Різці за типами поділяються на прохідні, підрізні, розточувальні, відрізні, прорізні, фасонні, які можуть бути стрижневими, круглими та

призматичними; за напрямком головної різальної крайки – праві й ліві; за формою – прямі, відігнуті, відтягнуті.

Матеріалами для різальної частини різця є тверді сплави, швидкорізальні сталі.

Державка різця виготовляється з конструкційної сталі.

Для розроблення токарної операції необхідно визначити деякі геометричні параметри різця.

Головні кути вимірюють у головній січній площині $N - N$ (рис. 1.1), до них належать: головний задній кут α – кут між головною задньою поверхнею і площиною різання, кут загострення β – кут між передньою і головною задньою поверхнями різця; передній кут γ – кут між передньою поверхнею різця і площиною, перпендикулярною до площини різання, кут різання δ – кут між передньою поверхнею і площиною різання.

Кути в плані вимірюються в основній площині. Головний кут в плані φ – кут між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрямком подачі.

Допоміжний кут у плані φ_1 – кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямком подачі.

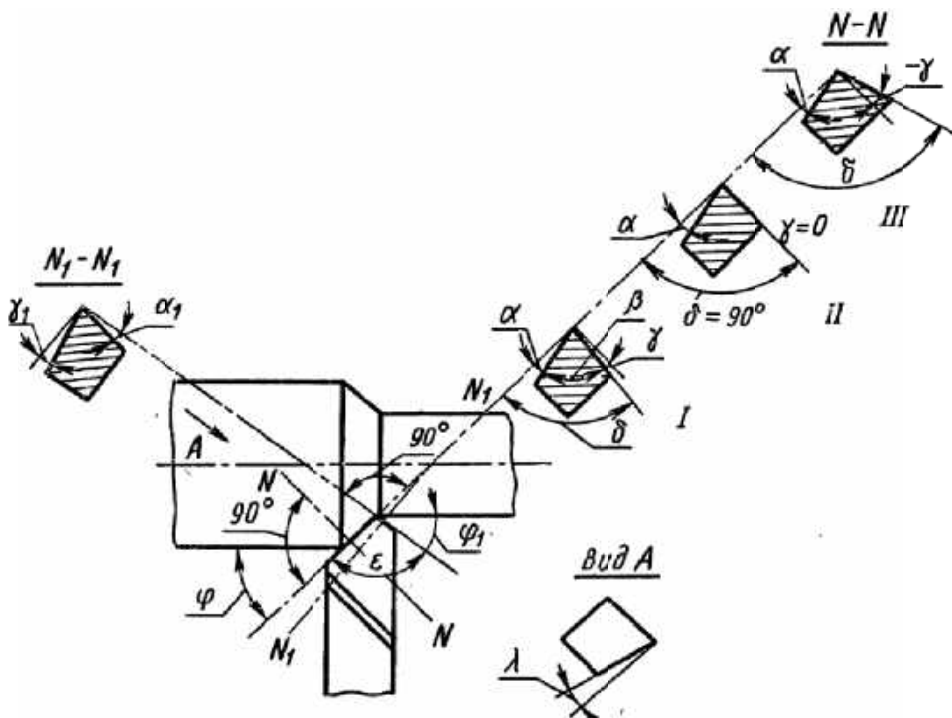


Рис. 1.1. Геометрія різця

Елементи режимів різання при точінні

Головними елементами режимів різання при точінні є швидкість різання, глибина різання і подача (рис. 1.2).

Швидкість різання при токарному обробленні – це шлях переміщення в одиницю часу оброблюваної поверхні заготовки відносно різальної кромки інструменту.

Зазвичай при розрахунку швидкості різання враховується лише швидкість у головному русі.

Швидкість різання позначається буквою V і вимірюється в метрах за хвилину.

У разі точіння швидкість різання визначають за формулою

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \text{ м/хв,}$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні мм; n – частота обертання заготовки, об/хв.

Подача – це величина переміщення різальної кромки різця за один оберт оброблюваної заготовки.

Подача позначається буквою S і вимірюється в міліметрах за один оберт.

Залежно від напрямку, по якому переміщується різець, у токарного верстата розрізняють **поздовжню подачу** – уздовж осі центрів верстата; **поперечну** – перпендикулярно до осі центрів верстата і **похилу** – під кутом до осі центрів верстата (у результаті оброблення виходить конічна поверхня).

Глибина різання – це величина шару металу, що знімається, який розглядається як відстань між оброблюваною і обробленою поверхнями, виміряна нормально до останньої.

Вимірюється глибина різання в міліметрах і позначається буквою t (див. рис. 1.1, а).

При точінні глибина різання визначається як половина різності діаметрів до і після оброблення:

$$t = \frac{D - D_0}{2},$$

де D і D_0 – діаметри відповідно заготовки і деталі, мм.

Штучний час (норма штучного часу) $T_{шт}$ – час, що витрачається на виконання певної операції над однією заготовкою.

Його можна розрахувати за формулою

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{обс} + T_{відп},$$

де T_0 – основний технологічний час; T_B – допоміжний час, необхідний для установлення і зняття оброблюваної деталі, заміну різального інструменту, вимірювання деталі, керування верстатом, хв; $T_{обс}$ – час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, хв; $T_{відп}$ – час перерви на відпочинок і природні потреби робітника, хв.

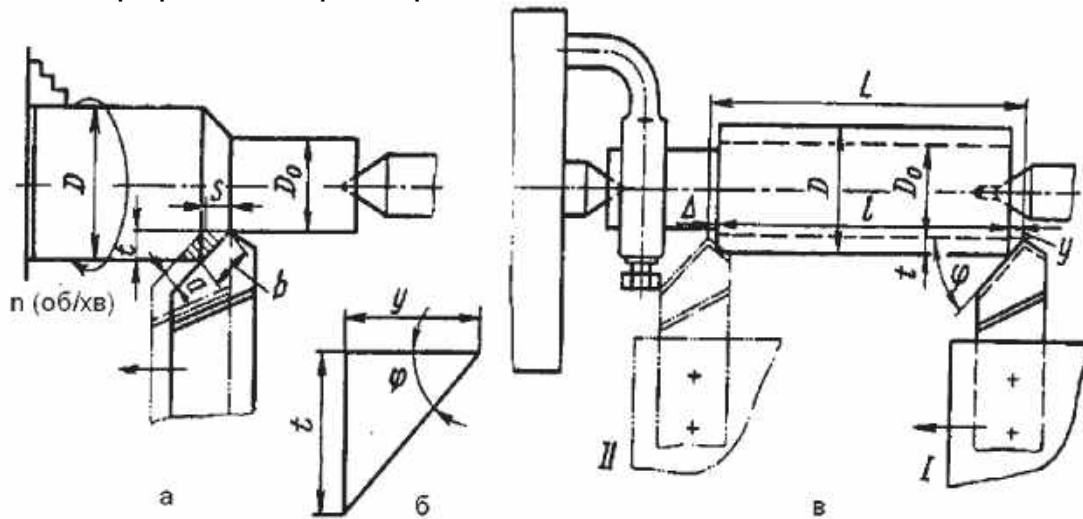


Рис. 1.2. Елементи режимів різання при токарному обробленні:
I, II – положення різця

Основний час (технологічний) при всіх видах оброблення на металорізальних верстатах (він же машинний час) являє собою час, який витрачається безпосередньо на здійснення технологічного процесу, тобто на змінення форми і розмірів заготовки і отримання поверхонь деталі відповідно до заданих параметрів чистоти і точності. Основний час за один прохід можна розрахувати за формулою

$$T_0 = \frac{L}{S n},$$

де $L = l + y + \Delta$ – загальна довжина проходу різального інструменту в напрямку подачі, мм (рис. 1.1, в); l – довжина обробленої поверхні, мм; $y = t \operatorname{ctg} \varphi$ – величина врізання в мм (рис. 1.1, в); $\Delta = 1 \dots 2$ мм – вихід різця (перебіг); S – подача інструменту (заготовки), мм за один оберт; n – частота обертання заготовки (інструменту), об/хв; t – глибина різання мм; φ – головний кут у плані.

Змінити машинний час можна шляхом вибору найвигіднішого поєднання елементів режиму різання – глибини різання, подачі та швидкості різання.

Сили різання при точінні

Система сил, що діють при обробленні, може бути зведена до однієї рівнодіючої сили (рис. 1.3), яка називається силою різання.

Точка прикладання цієї сили знаходиться на робочій (активній) частини головної різальної крайки різця. Для практичних цілей зазвичай потрібна не сама рівнодіюча сила P , а її складові, що діють у заданих напрямках, які становлять інтерес для практики.

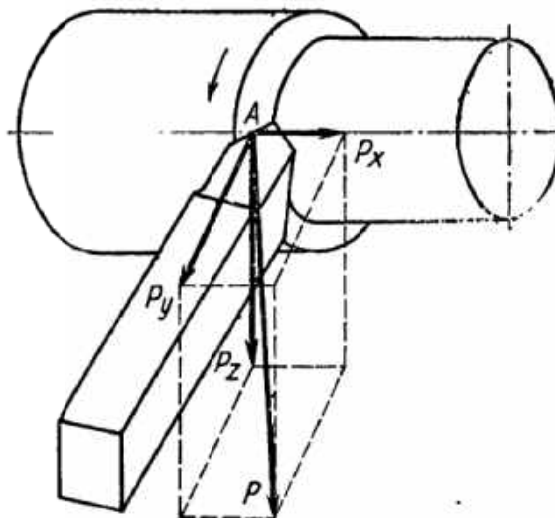


Рис. 1.3. Схема сил різання при точінні

Такими складовими є:

1) сила P_z , яка діє у площині різання в напрямку головного руху і визначає навантаження на верстат і різець; величина P_z визначає крутний момент $M_{кр}$, за яким ведеться розрахунок зубчастих коліс і валів коробки швидкостей верстата;

2) сила P_y – радіальна складова, прикладена перпендикулярно до осі заготовки; ця складова визначає силу віджимання різця від заготовки і прогин заготовки, що обумовлює точність виготовлення деталі, сила P_y необхідна для розрахунку станини і супорта верстата;

3) сила P_x – осьова складова, яка діє уздовж осі заготовки паралельно напрямку подачі; ця сила P_x визначає навантаження механізму подачі верстата, її значення є вихідним для розрахунку ланок механізму подачі верстата.

Три зазначені складові сили взаємно перпендикулярні, тому величина і напрямок рівнодіючої сили визначаються як діагональ паралелепіпеда.

Потужність, що витрачається на процес різання, практично визначають як створювану лише однією силою P_z , тобто

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020},$$

де V – швидкість різання, м/хв; n – частота обертання заготовки, об/хв; S – подача, мм/об.

Корисна потужність верстата, кВт, $N_{верст} = N_e \cdot \eta$, де η – ККД верстата.

Розроблення токарної операції

З круглого прокату (прутка), закріпленого в трикулачковому патроні токарного верстата потрібно виготовити деталь (рис. 1.4, табл. 1.1).

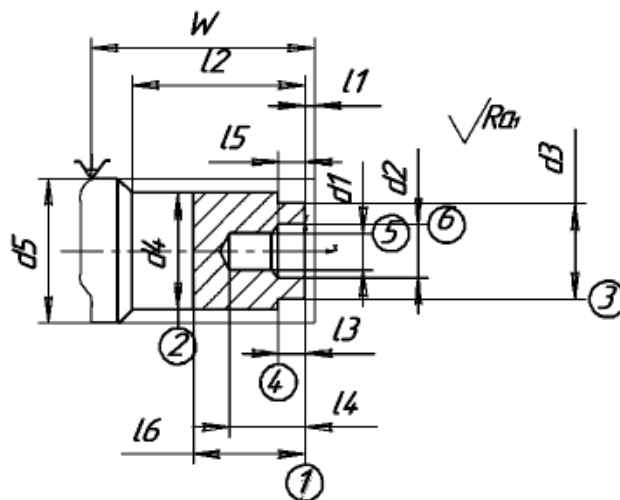


Рис. 1.4. Ескіз токарної операції

Пруток діаметром $d5$ виставляється з вильотом W , достатнім щоб забезпечити зону безпеки від торця патрона до кінцевого положення різальної крайки, і затискається в патроні.

Це допоміжний перехід – базування та закріплення заготовки. $W = l2 + l1 + l_{безп}$, де $l_{безп}$ – довжина зони безпеки (від 7 до 10 мм).

Оброблення деталі типу ступінчастий валик починається з підрізання торця 1. Підрізання торця виконують підрізним різцем з поперечною подачею. Різець зрізає шар довжиною $l1$. Це й буде перший основний перехід.

Другий перехід – проточити поверхню 2 прохідним різцем: прямим або вигнутим. Різець пройде шлях $l2$. Глибина різання становитиме

$$t = \frac{d5 - d4}{2}.$$

Третій перехід – проточити поверхню 3 прохідним упорним різцем з підрізанням торця 4. Різець сформує циліндр діаметром $d3$ і довжиною $l3$.

Четвертий перехід – зацентрувати торець 1 центрувальним свердлом.

П'ятий перехід – просвердлити отвір 5 свердлом діаметром $d1$ на глибину $l4$. Глибина різання в суцільному матеріалі становитиме половину діаметра $d1$.

Шостий перехід – розсвердлити отвір 6 на глибину $l5$ мм.

Сьомий перехід – відрізати деталь відрізним різцем у розмір $l6$.

Порядок виконання роботи

Розрахунок режимів різання

Таблиця 1.1

Варіанти завдання на розрахунок режимів різання

Номер варіанта	Ra	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	$l4$	$l5$	$l6$
1	10	7	10	18	22	25	1,5	55	10	30	8	50
2	12,5	8	12	20	24	26	1,5	60	12	32	10	52
3	8	8	14	22	26	28	2	60	9	31	10	54
4	12,5	9	14	23	26	30	2	62	10	32	11	57
5	6,3	9	15	24	27	31	2	60	12	33	11	55
6	8	10	16	25	28	32	2	64	13	34	12	60
7	10	10	17	26	31	34	2	65	14	35	12	60
8	12,5	12	18	27	30	33	2	67	15	33	13	63
9	8	12	19	27	31	33	2	68	15	32	15	64
10	10	12	20	28	32	36	2	69	14	35	12	65

1. Матеріал деталі – сталь 45.

2. Оброблення – чорнове. Виберіть тип різального інструменту для точіння: прохідний вигнутий або прохідний упорний.

Матеріал різальної частини –Т15К6, стійкість різця T – від 30 до 90 хвилин.

3. Розрахунок подачі для чорнового оброблення необхідно виконати за формулою

$$S_{p1} = \sqrt{8 r R_z},$$

де r – радіус при вершині різця; R_z – шорсткість обробленої поверхні;

$$S_{p2} = kt^{xs} D_{\text{найб}}^{ys} D_{\text{д}}^{zx}$$

Значення коефіцієнтів і показників степенів визначити за табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Значення коефіцієнтів і показників степенів

Оброблюваний матеріал	k	xs	ys	zs
Вуглецеві та леговані сталі	0,15	-0,33	0,19	0,20
Корозійностійкі, жароміцні сталі	0,07	-0,35	0,22	0,20

Найменше з двох даних порівняти з паспортними даними верстата і взяти найближче менше значення (або більше в межах 10 відсотків).

Це значення позначити $S_{\text{прийн}}$.

4. Визначення коефіцієнтів впливу різних факторів:

а) міцності матеріалу K_{mv}

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n,$$

де K_{Γ} – коефіцієнт групи сталей для сталі 45, який дорівнює 1, σ_B – границя міцності, МПа; n для інструменту з твердого сплаву, що дорівнює 1;

б) стану поверхні: для роботи по кірці K_n за табл. 1.3;

Таблиця 1.3

Поправковий коефіцієнт K_n , що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання

Стан поверхні заготовки					
Без кірки	З кіркою				
	Прокат	Поковка	Сталеві та чавунні виливки з кіркою		Мідні та алюмінієві сплави
			Нормальною	Сильно забрудненою	
1,0	0,9	0,8	0,8 – 0,85	0,5 – 0,6	0,9

в) матеріалу різального інструменту K_{iv} : для Т15К6 – 1,;

г) головного кута в плані K_{φ} та допоміжного кута в плані $K_{\varphi 1}$:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} K_{\varphi} K_{\varphi 1}.$$

5. За табличними даними значення коефіцієнта C_v і показників степеня в формулах швидкості різання для зовнішнього поздовжнього точіння наведено в табл.1.5.

Таблиця 1.4

Поправкові коефіцієнти, що враховують вплив кутів
в плані на швидкість різання

Головний кут в плані φ	Коефіцієнт K_{φ}	Допоміжний кут в плані φ_1	Коефіцієнт $K_{\varphi 1}$
20	1,4	10	1,0
30	1,2	15	0,97
45	1,0	20	0,94
60	0,9	30	0,91
75	0,8	45	0,87
90	0,7		

Таблиця 1.5

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня в формулах
швидкості різання для зовнішнього поздовжнього точіння

Матеріал	S, мм/об	C_v	x	y	m
Т15К6	до 0,3	420	0,15	0,2	0,2
	від 0,3 до 0,7	350		0,35	
	більше 0,7	340		0,45	

6. Розрахункову швидкість різання для поздовжнього і поперечного точіння визначають за формулою

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

а для відрізання і прорізання канавок – за формулою

$$V_p = \frac{C_v}{TmSy} K_v.$$

7. Визначити розрахункову частоту обертання шпинделя верстата, об/хв, за формулою

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_{нб}}.$$

8. Підібрати за паспортними даними значення частоти обертання шпинделя $n_{\text{прийн}}$.

Фактичне значення швидкості різання визначають за формулою

$$V_\phi = \frac{\pi D_{нб} n_{\text{прийн}}}{1000}.$$

9. Основний час розраховують за формулою

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{n_{\text{прийн}} S_{\text{прийн}}}.$$

Порядок виконання роботи

1. Отримати від викладача варіант завдання.
2. Подати у звіті по роботі схеми оброблення по усіх переходах токарної операції, вказавши оброблювальні поверхні, елементи базування та закріплення, розміри, шорсткість, рухи.
3. Провести розрахунок режимів різання для переходу поздовжнього точіння за вказівкою викладача.

Технічні дані верстата ТС 75

Ряд частот обертання шпинделя, об/хв.

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			

Ряд поздовжніх подач супорта, мм/об

0,070	0,074	0,084	0,097	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,195	0,21	0,23
0,26	0,28	0,30	0,34	0,39	0,43	0,47	0,52	0,57	0,61	0,70	0,78	0,87
0,95	1,04	1,14	1,21	1,4	1,56	1,74	1,9	2,08	2,28	2,42	2,8	3,12
3,48	3,8	4,16										

Ряд поперечних подач супорта, мм/об

0,035	0,037	0,042	0,048	0,055	0,06	0,065	0,070	0,074	0,084	0,097	0,11	0,12
0,13	0,14	0,15	0,17	0,195	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,34	0,39	0,43
0,47	0,52	0,57	0,60	0,70	0,78	0,87	0,96	1,04	1,14	1,21	1,40	1,56
1,74	1,90	2,08										

Контрольні запитання

1. Наведіть кінематичну схему оброблення (визначення).
2. Наведіть кінематичну схему токарного оброблення.
3. Назвіть силу різання та її складові.
4. Наведіть технологічне устаткування й оснащення.
5. Наведіть геометричні параметри різця.
6. Яке призначення нижнього (поздовжнього) і верхнього (поперечного) супортів токарного верстата?
7. Яке призначення задньої бабки токарного верстата?
8. Опишіть режими оброблення різанням.
9. Опишіть технологічну операцію, перехід, робочий хід.
10. Як розрахувати основний час оброблення?
11. Назвіть складові шляху, що проходить інструмент.

Лабораторна робота № 2

ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ

Мета роботи

1. Вивчити процес оброблення отворів деталей на вертикально-свердлувальному й токарному верстатах.
2. Ознайомитися з інструментом, кінематичною схемою методу оброблення й органами керування вертикально-свердлувального верстата.
3. Отримати навички розрахунків режимів різання.

Теоретичні відомості

Циліндричні отвори – досить поширений вид поверхонь у деталях.

Вони використовуються як кріпильні, центрувальні, для сполучення порожнин, для дренажу тощо.

Отвори можуть бути невисокої точності, але можуть мати високу точність і малу шорсткість.

Відповідно існують і різні методи оброблення отворів.

Свердління – це один з найбільш поширених способів отримання глухих і наскрізних циліндричних отворів у суцільному матеріалі, коли вимоги до точності не виходять за межі 11-, 12-го квалітетів.

Якщо необхідно отримати отвір більш високої точності, то після свердління застосовують зенкерування (8- – 10-й квалітети) і розгортання (7-, 8-й квалітети і нижче).

Процес свердління відбувається при двох спільних рухах: обертання свердла або деталі навколо осі отвору (**головний рух**) і поступальний рух свердла уздовж осі (**рух подачі**).

При роботі на свердлильному верстаті свердло робить обидва рухи – обертальний навколо своєї осі і поступальний уздовж осі; заготовка закріплюється нерухомо на столі верстата.

Елементи режиму різання при свердлінні

Швидкість різання V – колова швидкість найбільш віддаленої від осі свердла точки різальної кромки:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \text{ м/хв,}$$

де D – діаметр свердла, мм; n – частота обертання свердла, об/хв (рис. 2.1).

Подача S_0 – величина переміщення свердла вздовж осі за один його оберт, мм/об.

Хвилинна подача: $S_M = S_0 \cdot n$, мм/хв.

Глибина різання t – величина, яка дорівнює половині діаметра свердла при свердлінні в суцільному матеріалі, мм.

Зенкерування – процес збільшення зенкером попередньо підготовленого отвору (литого, штампованого, просвердленого) для додання його стінкам більш правильної геометричної форми і чистоти.

Ця операція може бути остаточною (при отриманні отвору до 10-го квалітету і шорсткістю до Ra 2,5 мкм) або попередньою (напівчистовою) – перед розгортанням.

Середні значення припусків під зенкерування (після свердління) – 0,5...3 мм на сторону.

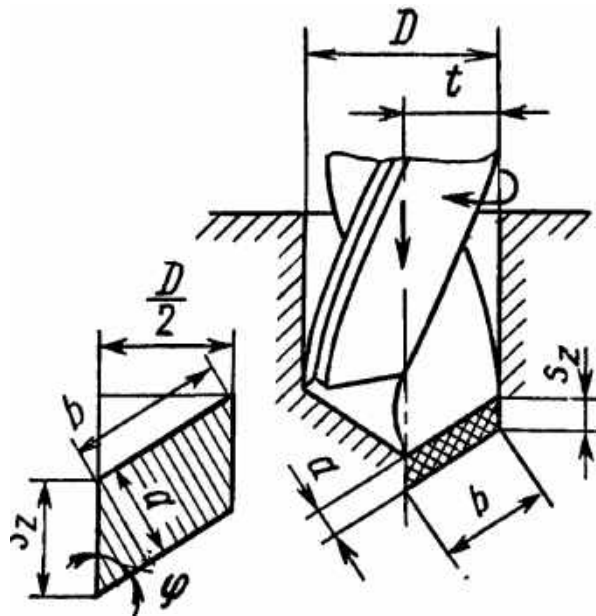


Рис. 2.1. Елементи режимів різання при свердлінні

Розгортання – процес остаточного оброблення отвору розгорткою для отримання більш точних розмірів (до 6-...8-го квалітетів) і меншою шорсткістю обробленої поверхні (в межах Ra 0,32...1,25 мкм).

Припуск під розгортання береться невеликий – у середньому 0,15...0,5 мм на сторону для чорнових розгортки і 0,05 ... 0,25 мм – для чистових.

Елементи режимів різання при зенкеруванні та розгортанні

Глибина різання t дорівнює половині різності діаметрів отвору до і після оброблення: $t = (D - d) / 2$, мм.

Подача S при зенкеруванні або розгортанні виражається в міліметрах за один оберт інструменту (мм/об).

Якщо позначити подачу зенкера або розгортки через S , а кількість зубів через z , то подача в міліметрах на один зуб (різальну кромку) $S_z = S / z$, мм.

Розроблення свердлильної операції

У деталі – тілі обертання діаметром D і довжиною L – треба утворити два наскрізні отвори діаметрами d_1 та d_2 , осі яких схрещуються під кутом 90 градусів (рис. 2.2).

Матеріал деталі – сталь 45.

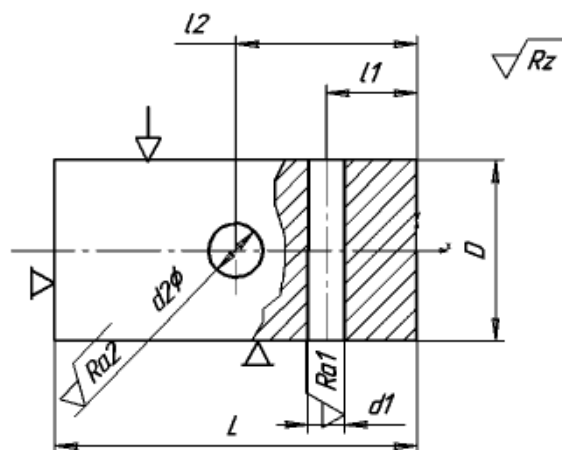


Рис. 2.2. Ескіз свердлильної операції

Оброблення потрібно виконувати на вертикально-свердлильному верстаті. Заготовку встановлюють у пристрій типу призми, який забезпечує горизонтальне положення осі і притискають притискачем. У шпиндель верстата встановлюють послідовно свердла і, якщо потрібно, зенкери і розгортки, щоб забезпечити задані параметри отворів за точністю та шорсткістю, і виконують оброблення двох наскрізних поверхонь.

Варіанти завдань з геометричними і технологічними параметрами наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Варіанти завдань для розрахунку свердлильної операції

Номер варіанта	Rz	D	d1	d2	Ra1	Ra2	L	l1	l2
1	40	50	8H7	10H12	1	10	60	20	40
2	32	60	10H10	8H12	8	10	90	20	40
3	25	40	7H12	9H8	10	5	70	20	40
4	40	46	9H8	10H12	4	8	68	20	40
5	32	56	10H12	8H8	10	2,5	88	20	40
6	25	38	6H8	10H12	5	8	78	20	40
7	40	60	8H12	7H8	10	2,5	100	20	40
8	32	58	7H9	12H12	5	10	66	20	40
9	25	36	8H9	11H12	5	10	120	20	40
10	40	43	10H12	9H7	10	0,8	96	20	40

Розрахунок режимів різання для свердління

1. Матеріал деталі – сталь 45.
2. Матеріал свердла – швидкорізальна сталь Р6М5.
3. Визначення подачі свердла за табл. 2.2 залежної від діаметра свердла і твердості матеріалу.

Таблиця 2.2

Подачі, мм/об, при свердлінні сталі
свердлами зі швидкорізальної сталі

Діаметр свердла	НВ 160 – 240	НВ 240-300	НВ більш за 300
2 – 4	0,08 – 0,10	0,06 – 0,07	0,04 – 0,06
4 – 6	0,10 – 0,15	0,07 – 0,11	0,06 – 0,09
6 – 8	0,15 – 0,20	0,11 – 0,14	0,09 – 0,12
8 – 10	0,20 – 0,25	0,14 – 0,17	0,12 – 0,15
10 – 12	0,25 – 0,28	0,17 – 0,20	0,15 – 0,17

4. Визначення коефіцієнтів впливу різних факторів:

а) міцності матеріалу K_{mv}

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n,$$

де K_r – коефіцієнт групи сталей для сталі 45, який дорівнює 1, σ_B – границя міцності, МПа; n для інструменту зі швидкорізальної сталі, що дорівнює 0,9;

б) матеріалу різального інструменту K_{iv} : для Р6М5 – 1;

в) глибини отвору K_{Iv} (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Поправковий коефіцієнт, що враховує глибину отвору при свердлінні

Глибина отвору, що оброблюється	3d	4d	5d	6d	8d
Коефіцієнт K_{Iv}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{Iv}$$

5. Визначення стійкості свердл T за табл. 2.4

Таблиця 2.4

Стійкість свердл

Оброблюваний матеріал	Матеріал свердла	Стійкість T , хв, при діаметрі свердла, мм		
		До 5	6 – 10	11 – 20
Сталь	Швидкорізальна сталь	15	25	45
Тверда сталь	Твердий сплав	8	15	20
Корозійно-стійкий матеріал	Швидкорізальна сталь	6	8	15

6. За табличними даними значення коефіцієнта C_v і показників степеня для визначення швидкості різання при свердлінні взяти з табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня у формулі швидкості різання при свердлінні сталі

Оброблюваний матеріал	Матеріал інструменту	Подача S , мм/об	Коефіцієнт та показники степеня			
			C_v	q	y	m
Сталь конструкційна вуглецева	P6M5	До 0,2	7,0	0,40	0,70	0,20
		Від 0,2	9,8		0,50	
Сталь жароміцна		–	3,5	0,50	0,45	0,12

7. Розрахунок швидкості різання при свердлінні визначають за формулою

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

для розсвердлювання, зенкерування і розвертання – за формулою

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v.$$

8. Визначення розрахункової частоти обертання шпинделя верстата, об/хв, за формулою

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D}.$$

9. Вибір за паспортними даними значення частоти обертання шпинделя $n_{\text{прийн}}$.

Фактичне значення швидкості різання визначають за формулою

$$V_\phi = \frac{\pi D n_{\text{прийн}}}{1000}.$$

9. Основний час розраховують за формулою

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{n_{\text{прийн}} S_{\text{прийн}}}.$$

Порядок виконання роботи

1. Отримати від викладача варіант завдання.
2. Подати в звіті по роботі схеми оброблення по усіх переходах свердлильної операції, указавши оброблювані поверхні, елементи базування та закріплення, розміри, шорсткість, рухи.

3. Провести розрахунок режимів різання для переходу свердління поверхні за вказівкою викладача.

Технічні дані верстата 2Н125

Ряд частот обертання шпинделя, об/хв:

45 63 90 125 180 250 355 500 710 1000 1400 2000

Ряд подач, мм/об:

0,1 0,16 0,2 0,25 0,4 0,56 0,8 1,12 1,6

Контрольні запитання

1. Опишіть кінематичну схему оброблення отворів на свердлувальному верстаті.
2. Опишіть кінематичну схему оброблення отворів на токарному верстаті.
3. Які є режими різання при свердленні (v , s , t)?
4. Назвіть послідовність оброблення отвору осьовим інструментом.
5. Як розрахувати навантаження, що діє на інструмент у процесі оброблення отвору?

Лабораторна робота № 3

ФРЕЗЕРНА ОБРОБКА

Мета роботи

1. Вивчити процес оброблення плоских поверхонь деталей на вертикально-фрезерному й горизонтально-фрезерному верстатах.
2. Ознайомитися з інструментом і кінематичною схемою процесу оброблення.
3. Отримати навички розрахунків режимів різання.

Теоретичні відомості

Фрезерування є широко поширеним процесом різання матеріалів, що застосовується для оброблення плоских і фасонних поверхонь. Застосовується фрезерування і для оброблення різі. При цьому способі оброблення може бути отримана точність 8- – 11-го квалітетів та шорсткість поверхні Rz 40... Ra 0,8 мкм. Процес різання здійснюється фрезою. Фреза – багатозубий різальний інструмент, виконаний у вигляді тіла обертання, на торці якого розташовані різальні кромки.

Головний рух при фрезеруванні – обертання інструменту, а рух подачі – зазвичай поступальне переміщення заготовки. Фрезерування циліндричними фрезами може здійснюватися двома способами: а) проти подачі (зустрічне фрезерування) (рис. 3.1 а), коли фреза обертається проти напрямку руху подачі, внаслідок чого товщина зрізу збільшується від нуля до a_{max} ; б) за подачею або методом попутного фрезерування (рис. 3.1, б), коли обертання фрези та напрямок подачі збігаються; товщина зрізу зменшується від a_{max} до нуля.

При фрезеруванні проти подачі навантаження на зуб фрези зростає від нуля до максимуму, при цьому сила, що діє на заготовку, прагне відірвати її від столу, що призводить до вібрації та збільшення шорсткості обробленої поверхні.

Перевагою цього способу є робота зубів фрези з-під кірки, фреза відриває стружку при підході до твердого поверхневого шару знизу. Недоліком є наявність початкового ковзання зуба наклепаної поверхні, утвореної попереднім зубом, що спричиняє підвищений знос фрези.

При фрезеруванні за подачею зуб фрези починає зрізати шар максимальної товщини і піддається максимальному навантаженню. Це виключає прослизання зуба, зменшує знос фрези та шорсткість обробленої поверхні. Сила, що діє на заготовку, притискає її до столу верстата, що зменшує вібрації.

Переваги способу: збільшення стійкості фрези, зниження шорсткості та підвищення точності, зниження потужності різання. Недоліки способу: має бути високою жорсткість верстата у напрямку подачі. Зустрічне фрезерування використовується для чорнової обробки, а попутне – для чистової.

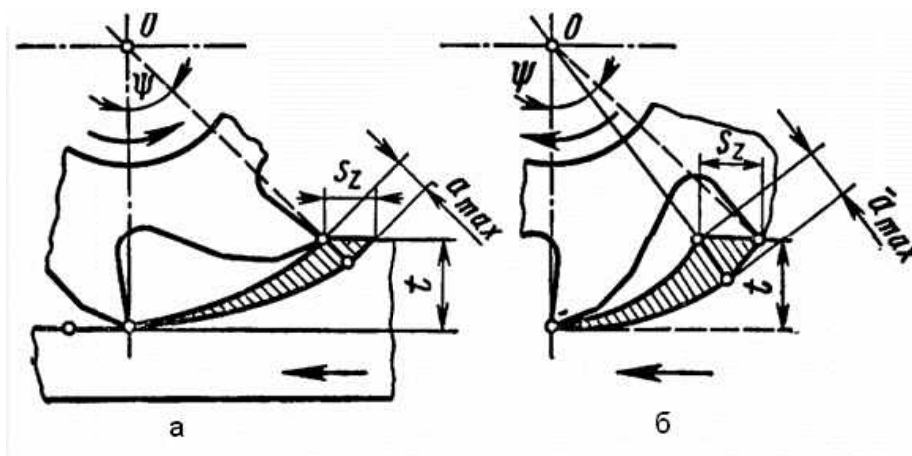


Рис. 3.1. Схеми фрезерування: а – зустрічне; б – попутне

Основні види фрезерування показано на рис. 3.2.

Елементи режиму різання при фрезеруванні

Швидкість різання при фрезеруванні визначають за формулою

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \text{ м/хв,}$$

де D – діаметр фрези, мм; n – частота обертання фрези, об/хв.

Подача на зуб S_z , мм/зуб, – шлях, який проходить заготовка відносно інструменту за поворот фрези на кутовий шаг; **подача на оберт $S_o = S_z z$** , мм/об, – шлях, який проходить заготовка за оберт фрези; **хвилинна подача $S_{хв} = S_o n$** , мм/хв.

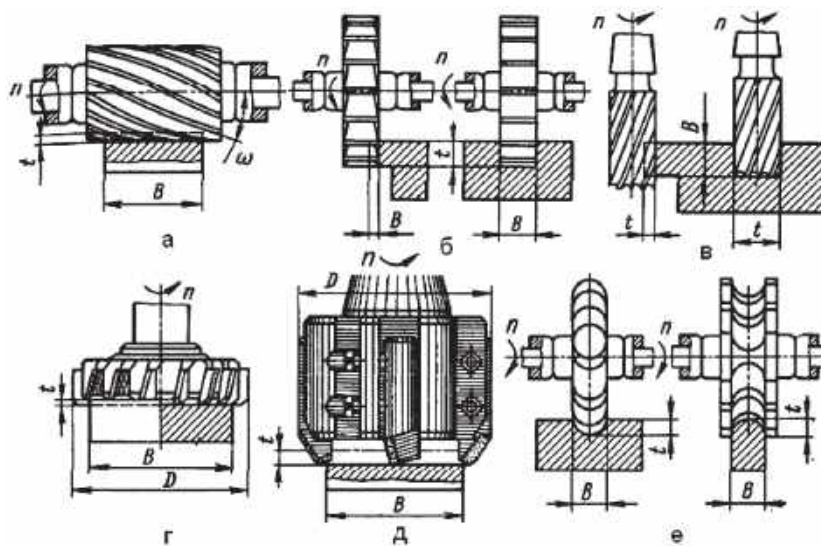


Рис. 3.2. Основні види фрезерування:

- а – фрезерування циліндричними фрезами; б – фрезерування дисковими фрезами; в – фрезерування кінцевими фрезами;
- г і д – торцеве фрезерування; е – фасонне фрезерування

Глибина різання t , мм, при фрезеруванні – величина зрізаного шару металу, виміряна перпендикулярно до обробленої поверхні.

Ширина фрезерування B , мм, – ширина активної ділянки заготовки, на якій проводиться обробка.

Розроблення фрезерної операції

В деталі – тілі обертання – виконати паз прямокутного профілю по торцю заготовки. Заготовка встановлюється на столі горизонтально-фрезерного верстата вертикально, наприклад в трикулачковий патрон і закріплюється в ньому.

Верстат налагоджують так, щоб дискова фреза шириною, що дорівнює ширині паза при поздовжній подачі стола за один прохід, виконала оброблення конструктивного елемента.

Величина робочого ходу має бути не менше суми величини врізання, діаметра деталі і величини перебігу.

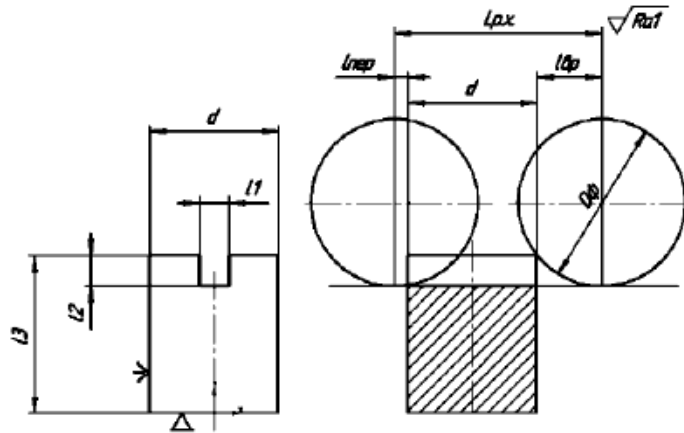


Рис. 3.3. Ескіз фрезерної операції

Геометричні й технологічні параметри оброблення подано в табл. 3.1. Матеріал деталі – сталь 45.

Таблиця 3.1

Варіанти завдань для розрахунку фрезерної операції

Номер варіанта	<i>Ra1</i>	<i>d</i>	<i>l1</i>	<i>l2</i>	<i>l3</i>
1	2,5	30	3	3	36
2	2,5	40	4	4	45
3	3,5	32	4	5	48
4	3,2	40	6	8	50
5	3,2	44	8	10	52
6	4	48	10	8	60
7	4	50	12	10	62
8	5	60	14	12	70
9	5	62	16	10	72
10	5	64	16	14	74

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні паза дисковою фрезою

1. Призначення різального інструменту.

Для формування паза потрібно застосувати дискову пазову фрезу зі швидкорізальної сталі (рис. 3.4) з параметрами згідно з табл. 3.2.

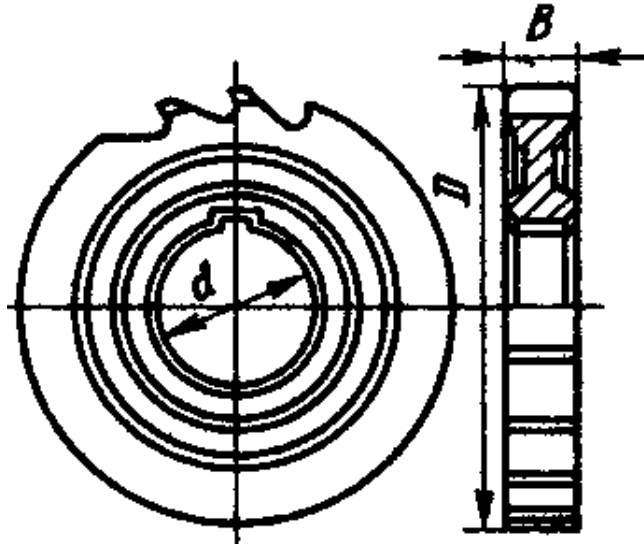


Рис. 3.4. Дискова пазова фреза

Таблиця 3.2
Технічні характеристики дискових пазових фрез

$D(j_s 16)$	B^*	$d(H7)$	Кількість зубів z
50	3 – 6	16	14
63	5 – 8	22	16
100	8 – 12	27	18
125	10 – 16	32	20
125	8; 12; 16; 20; 25	32	22

*У зазначених межах брати з ряду: 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16 мм.

2. Подачу на зуб розрахувати за формулою

$$S_z = 0,007 D^{1,27} z^{-0,64} t^{-0,44} k_s,$$

де D – діаметр фрези; z – кількість зубів фрези; t – глибина різання (див. рис. 3.2), а k_s – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив подачі на шорсткість обробленої поверхні (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Поправковий коефіцієнт

R_z	80	40	20	2,5
k_s	1,5	1,0	0,6	0,4

3. Визначити коефіцієнти впливу різних факторів на швидкість різання:

а) міцності матеріалу

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n,$$

де K_r – коефіцієнт групи сталей для сталі 45, який дорівнює 1; σ_B – границя міцності, МПа; n для інструменту зі швидкорізальної сталі, який дорівнює 0,9;

б) стану поверхні K_n : для роботи без кірки $K_n = 1$;

в) матеріалу різального інструменту K_{iv} : для Р6М5 $K_{iv} = 1$:

$$K_n = K_{mv} K_n K_{iv}.$$

4. Період стійкості дискової фрези T вважати таким, що дорівнює 120 хв.

5. Коефіцієнти і показники степенів для дискової фрези швидко-різальної сталі визначити за табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Коефіцієнти і показники степенів для дискової фрези

S_z	C_v	q	x	y	u	p	m
до 0,1	75,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
з 0,1	48,5			0,4			

6. Визначити розрахункову швидкість різання за формулою

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v.$$

7. Визначити розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

за формулою

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D}$$

8. Підібрати за паспортними даними значення частоти обертання шпинделя $n_{\text{прийн}}$.

Фактичне значення швидкості різання визначають за формулою

$$V_\phi = \frac{\pi D n_{\text{прийн}}}{1000}$$

9. Основний час розрахувати за формулою

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{n_{\text{прийн}} S_{\text{прийн}}}$$

Порядок виконання роботи

1. Отримати від викладача варіант завдання.
2. Подати у звіті по роботі схему оброблення фрезерної операції, вказавши оброблювані поверхні, елементи базування та закріплення, розміри, шорсткість, рухи.
3. Виконати розрахунок режимів різання для фрезерування пазу.

Технічні дані консольного горизонтально-фрезерного верстата 6П80:

Ряд частот обертання шпинделя, об/хв:

50 71 100 200 280 400 560 800 1120 1600 2240

Ряд поздовжніх подач столу, мм/хв:

22,4 31,5 45 63 90 125 180 250 355 500 700 1000

Контрольні запитання

1. Наведіть кінематичну схему методу оброблення фрезеруванням.
2. Як розрахувати сили різання при фрезеруванні?
3. Назвіть режими різання при фрезеруванні.
4. Назвіть складові основного технологічного часу.
5. Дайте визначення понять "попутне фрезерування" і "зустрічне фрезерування".

Лабораторна робота № 4

ШЛІФУВАЛЬНЕ ОБРОБЛЕННЯ

Мета роботи

1. Вивчити процес круглого, площинного, безцентрового шліфування.
2. Ознайомитися з інструментом і кінематичними схемами і матеріалами, які використовуються при шліфуванні.
3. Отримати навички розрахунків режимів різання.

Теоретичні відомості

Шліфування являє собою процес різання металів абразивними інструментами.

Шліфування зазвичай є чистовою операцією, що забезпечує 8- – 5-й квалітети точності і шорсткості оброблюваної поверхні з а параметром $Ra = 1,25...1$ мкм.

Існують такі види шліфування:

кругле шліфування – оброблення зовнішніх поверхонь тіл обертання на круглошліфувальних верстатах;

внутрішнє шліфування – оброблення внутрішніх поверхонь тіл обертання на внутрішньошліфувальних верстатах;

плоске шліфування – оброблення площин на плоскошліфувальних верстатах.

Розглянемо кругле шліфування деталей – тіл обертання великого подовження.

Шліфувальний круг

Різальними інструментами, що використовуються при шліфуванні, є шліфувальні круги.

Шліфувальні круги характеризуються формою і розміром, абразивним матеріалом, зернистістю, зв'язкою, твердістю, структурою і максимальною коловою швидкістю обертання.

Для круглого шліфування використовують плоский прямиий (ПП) круг. Розміри круга: D – зовнішній діаметр; d – внутрішній діаметр і H – ширина круга.

Скорочено зазначені розміри круга записуються так: $D \times H \times d$.

Як абразивний матеріал для шліфування конструкційних вуглецевих сталей найчастіше використовують електрокорунд, який позначається літерою **A**, наприклад A15, A24, A91.

Розмір абразивного зерна задається параметром зернистості.

Абразивний матеріал за крупністю зерна поділяють на шліфзерно (№ 200 – № 16), шліфпорошки (№ 12 – № 3) і мікропорошки (M40 – M5) (Додаток Г).

Сили опору різання прагнуть вирвати зерно з тіла шліфувального круга. Для того щоб зерна надійно утримувалися, їх закріплюють спеціальним матеріалом, який називається зв'язкою.

Отже, призначення зв'язки полягає в міцному закріпленні різальних зерен. Зв'язки бувають неорганічні й органічні.

До неорганічних належить керамічна зв'язка (**K**), що отримала найбільш широке застосування. З органічних зв'язок застосовують вулканітову (**B**) і бакелітову (**Б**).

Твердість абразивного інструменту – це ступінь опірності вириванню зерен під час шліфування. Отже, твердість круга визначається твердістю зв'язки.

Твердість круга позначається таким чином: м'який – **M**, середньом'який – **CM**, середній – **C**, середньотвердий – **CT**, твердий – **T**, значно твердий – **BT**, надзвичайно твердий – **CT**.

Структура круга характеризується об'ємним співвідношенням абразивних зерен, зв'язки і пор.

Розрізняють 13 номерів структур: від 0 до 12.

Чим менше номер структури, тим щільніше розташовані зерна.

Шліфувальні круги виготовляють трьох класів точності: АА, А, Б.

Залежно від допустимих незрівноважених мас для шліфувальних кругів встановлено чотири класи незрівноваженості – **1, 2, 3, 4**.

Приклад умовного позначення круга типу **ПП** з зовнішнім діаметром **D = 200** мм, висотою **H = 32** мм, діаметром посадкового отвору **d = 2** мм, з зеленого карбїду кремнію марки **64C**, зернистістю **25-П**, ступенем твердості **CM2**, номером структури **7**, на керамічній зв'язці **K3**, з робочою швидкістю **35** м/с, класу точності **A**, 2-го класу незрівноваженості: **ПП 200x32x32 64C 25-П CM2 7 K3 35м/с A 2кл.**

Обладнання і елементи режиму різання

Кругле шліфування з поздовжньою подачею здійснюється на круглошліфувальному верстаті. Заготовку встановлюють в центрах і надають їй обертання назустріч обертанню шліфувального круга.

Для передачі крутного моменту слугує поводок на планшайбі повідкового патрона і хомутик, закріплений на заготовці.

Схему круглого зовнішнього шліфування з поздовжньою подачею подано на рис. 4.1.

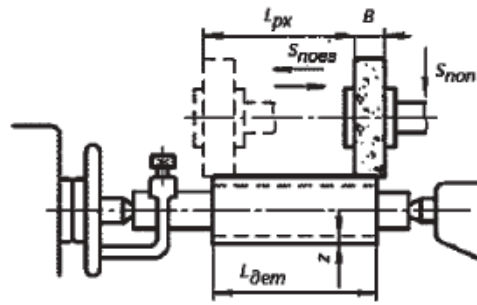


Рис. 4.1. Схема круглого зовнішнього шліфування з поздовжньою подачею

Головним рухом є обертання шліфувального круга, м/с:

$$\frac{\pi \cdot D_{\text{кр}} \cdot n_{\text{кр}}}{60 \cdot 1000}$$

Поздовжня подача. Стіл з заготовкою переміщується зворотно-поступально на величину робочого ходу $L_{\text{р.х.}}$

Чорнова подача $S_{\text{повз}} = (0,5 - 0,8)B$ мм/об.д.

Чистова подача $S_{\text{повз}} = (0,2 - 0,5)B$ мм/об.д.

Поперечна подача $S_{\text{поп}} = 0,01 - 0,02$, мм/подв.х;

Цикли шліфування

Цикл шліфування формується таким чином, щоб видалити припуск більш інтенсивно на початку оброблення, помірно – на кінцевій стадії і зменшити похибку попередніх етапів на завершальній фазі – вигладжування, яке полягає в зачищенні шліфованої поверхні без подачі круга на глибину шліфування. Для цього найбільше значення припуску на шліфування поділяють на дві нерівні частини, з яких найбільша – від $0,8 Z_{\text{найб}}$ до $0,9 Z_{\text{найб}}$ видалається з підвищеною подачею, а залишкова частина – зі зниженою.

Повний цикл складається з трьох етапів (рис. 4.2).

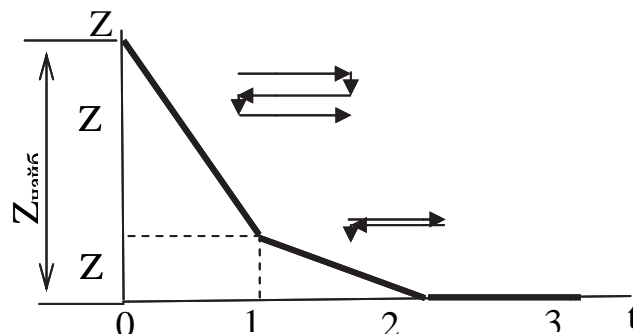


Рис. 4.2. Схема повного циклу

На першому етапі (0 – 1) проводять попереднє шліфування зі збільшеною подачею – поперечну подачу круга здійснюють на початку і в кінці кожного поздовжнього ходу столу. На другому етапі (1 – 2) здійснюється остаточне шліфування, поперечну подачу проводять тільки на початку кожного подвійного ходу. На третьому етапі (2 – 3) здійснюють довідне шліфування без подачі круга. Такий цикл використовують при кінцевому шліфуванні.

Цикл без остаточного шліфування (рис. 4.3) містить два етапи. Етап попереднього шліфування (0 – 1) проводять з середньою швидкістю подачі, етап довідного шліфування (1 – 2) – такий, як і в повному циклі.

Такий цикл використовують при попередньому (чорновому) шліфуванні.

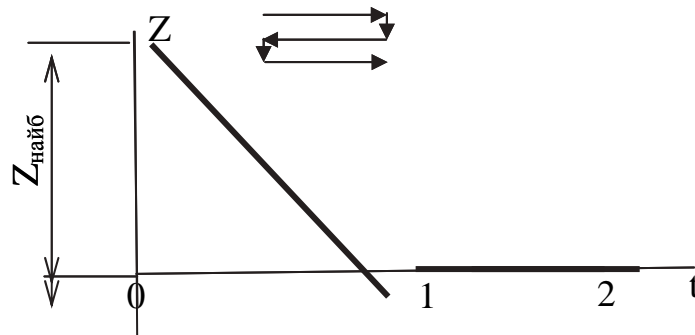


Рис. 4.3. Схема двохелементного циклу

Розроблення шліфувальної операції

Розробити операцію шліфування деталі типу вал великого подовження.

Матеріал деталі – конструкційна вуглецева сталь 45.

Операцію доцільно виконувати з поздовжньою подачею на круглошліфувальному верстаті, наприклад 3151 з центровим закріпленням заготовки.

Ескіз круглошліфувальної операції показано на рис. 4.4.

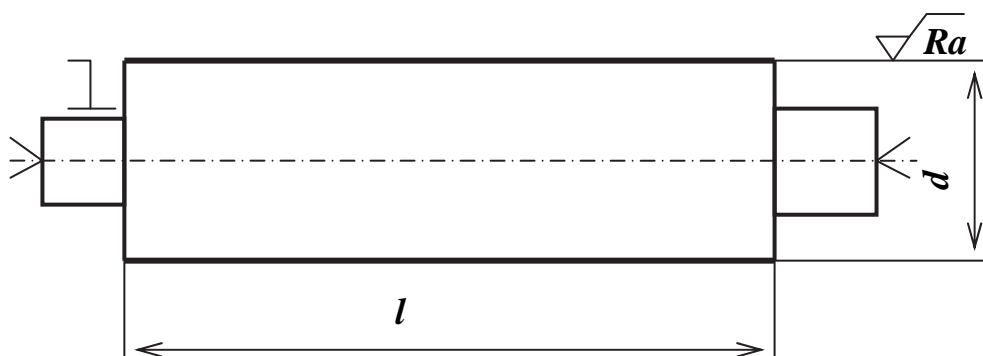


Рис. 4.4. Ескіз шліфувальної операції

Варіанти завдань подано в табл. 4.4.

Таблиця 4.1

Варіанти завдань розроблення шліфувальної операції

Номер варіанта	Етап оброблення	$2z$	HRC	IT	d	l	Ra
1	Поперечний	0,5	до 30	0,10	150	500	1,25
2	Кінцевий	0,4	42 - 46	0,06	100	350	0,32
3	Поперечний	0,6	до 30	0,12	80	400	1,25
4	Кінцевий	0,5	50 – 55	0,08	60	300	0,63
5	Поперечний	0,7	до 30	0,1	75	250	5
6	Кінцевий	0,4	50 – 55	0,05	85	320	0,63
7	Поперечний	0,6	до 30	0,08	90	460	2,5
8	Кінцевий	0,4	50 – 55	0,08	110	400	0,32
9	Поперечний	0,6	35 – 40	0,12	120	450	2
10	Кінцевий	0,4	42 – 46	0,06	130	480	0,32

Порядок розроблення операції

1. Призначити цикл оброблення.
2. Призначити параметри абразивного круга за допомогою рекомендацій в табл. 4.2. та паспортних даних верстата.

Таблиця 4.2

Рекомендовані параметри абразивних кругів для шліфування з поздовжньою подачею

Ra	HRC		
	менше 30	від 30 до 50	більше 50
від 5 до 2,5	15A 50 C1 K	15A 50 CM2 K	15A 50 CM1 K
від 2,5 до 1,25	15A 40 C2 K	15A 40 C1 K	15A 40 CM2 K
від 1,25 до 0,63	15A 40 CT1 K	24A 40 C1 K	24A CM2 K
Від 0,63 до 0,32	24A 16 CT1 K	24A 16 C1 K	24A 16 C1 K

3. Розрахувати режими різання для круглошліфувальної операції.

Розрахунок режимів різання для круглого зовнішнього шліфування з поздовжньою подачею

1. Попереднє (чорнове) шліфування

1.1. Колову швидкість заготовки визначають за формулою

$$V_{зр} = 4,5 \ln d_3.$$

1.2. Розрахункову частоту обертання заготовки визначають за формулою

$$n_{зр} = \frac{1000 V_{зр}}{\pi d_x}.$$

1.3. За паспортними даними верстата вибирають частоту обертання заготовки n_3 , найближчу до $n_{зр}$.

1.4. Колову швидкість круга V_K визначають за формулою

$$V_K = \frac{\pi D_K n_K}{60 \cdot 1000}.$$

1.5. Поздовжню подачу розраховують в долях ширини круга, мм/об.заг:

$$S_{позд} = K_B B,$$

де K_B знаходиться в межах від 0,4 до 0,7.

1.6. Хвилинну поздовжню подачу розраховують за формулою

$$S_{хв} = S_{позд} n_3.$$

1.7. Величину робочого ходу столу при шліфуванні, якщо круг виходить за межі заготовки на половину, вважати такою, що дорівнює довжині заготовки $L_{р.х.} = l$.

1.8. Кількість одинарних $n_{о.х.}$ і подвійних $n_{подв.х.}$ ходів столу на хвилину розраховують так:

$$n_{о.х.} = \frac{S_{хв}}{L_{р.х.}}, \quad n_{подв.х.} = \frac{S_{хв}}{2L_{р.х.}}.$$

1.9. Поперечну подачу, мм/хід (глибину шліфування), розраховують за формулою

$$t = S_{поп} = \frac{0,044 d_3^{0,33}}{V_3 K_B}.$$

1.10. Основний час розраховують за такими формулами:

– для повного циклу

$$t_o = t_0^{0-1} + t_0^{1-2} + t_{\text{вих}} = \frac{z_1}{S_{\text{поп}} n_{\text{о.х}}} + \frac{z_2}{S_{\text{поп}} n_{\text{подв.х}}} + \frac{2 L_{\text{р.х}}}{S_{\text{хв}}};$$

– для циклу без остаточного шліфування

$$t_o = t_0^{0-1} + t_{\text{вих}} = \frac{z_{\text{найб}}}{S_{\text{поп}} n_{\text{о.х}}} + \frac{2 L_{\text{р.х}}}{S_{\text{хв}}}.$$

2. Остаточне (чистове) шліфування з поздовжньою подачею

2.1. Колову швидкість заготовки розраховують за формулою

$$V_{\text{зр}} = 9 \ln d_3.$$

Далі виконують пп. з 2.2 – 2.4 відповідно до пп. 1.2 – 1.4.

2.5. Поздовжню подачу вибирають в межах від **0,2 В** до **0,6 В**.

Далі виконують пп. 2.6 – 2.8 відповідно до пп. 1.6 – 1.8.

2.9. Поперечну подачу, мм/хід (глибину шліфування), розраховують за формулою

$$t = S_{\text{поп}} = \frac{0,4 d_3^{0,5}}{V_3 S_{\text{повз}}}.$$

2.10. Виконують п. 2.10 відповідно до п. 1.10.

Порядок виконання роботи

1. Отримати від викладача варіант завдання.
2. Подати у звіті по роботі схему оброблення шліфувальної операції, вказавши оброблювані поверхні, елементи базування та закріплення, розміри, шорсткість, рухи.
3. Визначити параметри шліфувального круга для операції;
4. Подати в звіті схему циклу шліфування.
5. Виконати розрахунок режимів різання для шліфування зовнішньої поверхні деталі типу вал.

Технічні дані круглошліфувального верстата моделі 3151

Найбільший діаметр шліфувального круга D_k , мм	600
Найбільша ширина шліфувального круга B , мм	100
Найменший діаметр шліфувального круга, мм	450
Внутрішній діаметр круга, мм	350
Висота центрів над столом, мм	110
Максимальна відстань між центрами, мм	750
Максимальний діаметр шліфування, мм	150
Найбільший кут повороту столу, град	± 5
Швидкість зворотно-поступального руху столу, м/хв:	
– найбільша	10
– найменша	0,08
Частота обертання шпинделя шліфувальної бабки, об/хв	1100
Потужність двигуна шліфувальної бабки, кВт	7
Частота обертання планшайби шпindelної бабки, об/хв	75,150,300

Контрольні запитання

1. Назвіть особливості шліфування.
2. Назвіть основні методи шліфування різних поверхонь.
3. Які інструменти використовують для виготовлення шліфувальних кругів?
4. Які матеріали використовують для виготовлення шліфувальних кругів?

Додатки до лабораторної роботи № 1

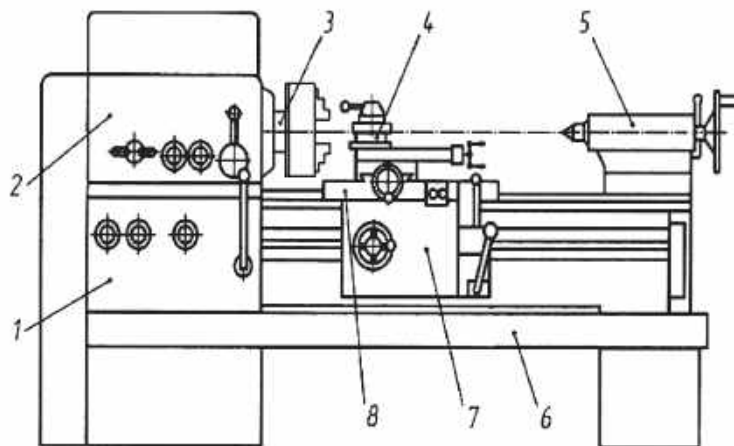


Рис. Д.1.1. Схема токарно-гвинторізного верстата 16К20:
 1 – коробка передач; 2 – передня бабка з коробкою швидкостей;
 3 – шпиндель; 4 – різцетримач;
 5 – задня бабка; 6 – станина;
 7 – фартух; 8 – супорт

Таблиця Д.1.1

Токарні прохідні відігнуті різці з пластинами з твердого сплаву

Прохідний різець	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>m</i>	<i>a</i>	<i>r</i>
	16	10	100	8	8	0,5
	16	12	100	7	10	1
	20	12	120	7	10	1
	20	12	120	8	14	1
	25	20	140	8	14	1
	32	20	170	10	18	1,5
	40	25	200	12	25	2
	50	32	240	14	25	2

Таблиця Д.1.2

Токарні прохідні упорні відігнуті різці з кутом в плані 90° з пластинами з твердого сплаву

Упорний різець	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>R</i>
	16	10	100	4	10	0,5
	16	12	100	5	12	0,5
	20	16	120	6	16	1,0
	25	16	140	7	16	1,0
	25	20	140	8	14	1,5
	32	20	170	8	20	1,5
	40	25	200	10	25	2

Додатки до лабораторної роботи № 2

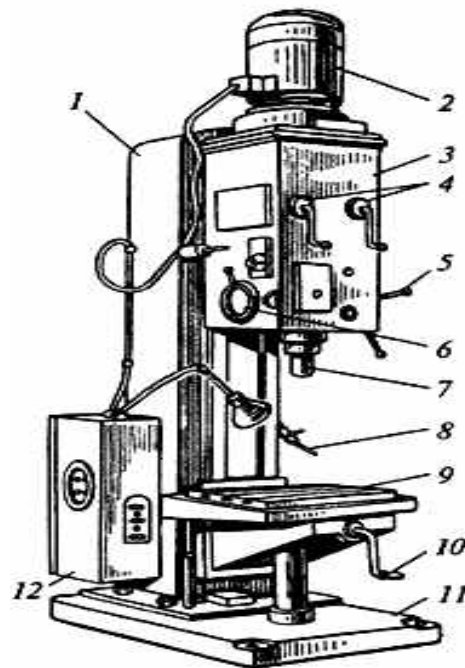


Рис. Д.2.1. Схема вертикально-свердлильного верстата:
 1 – колона; 2 – двигун; 3 – свердлувальна головка;
 4 – рукоятки перемикання швидкостей подач; 5 – штурвал ручної
 подачі; 6 – лімб глибини оброблення; 7 – шпиндель;
 8 – сопло охолодження; 9 – стіл; 10 – рукоятка підйому столу;
 11 – плита; 12 – електрошафа

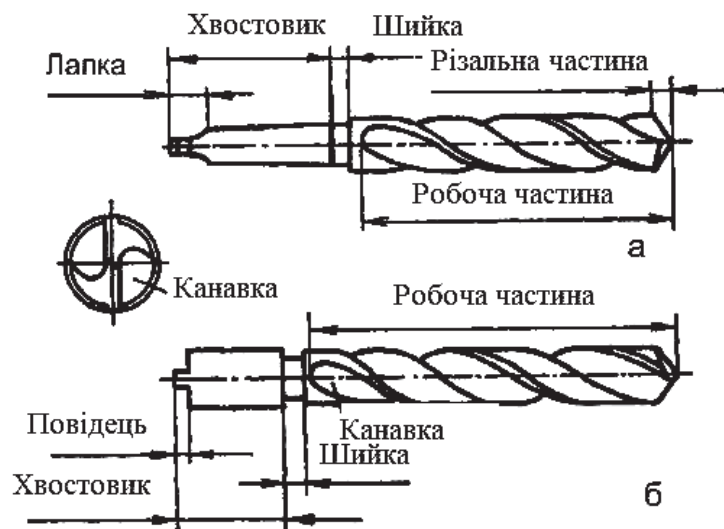


Рис. Д.2.2. Конструкція спірального свердла

Додатки до лабораторної роботи № 3

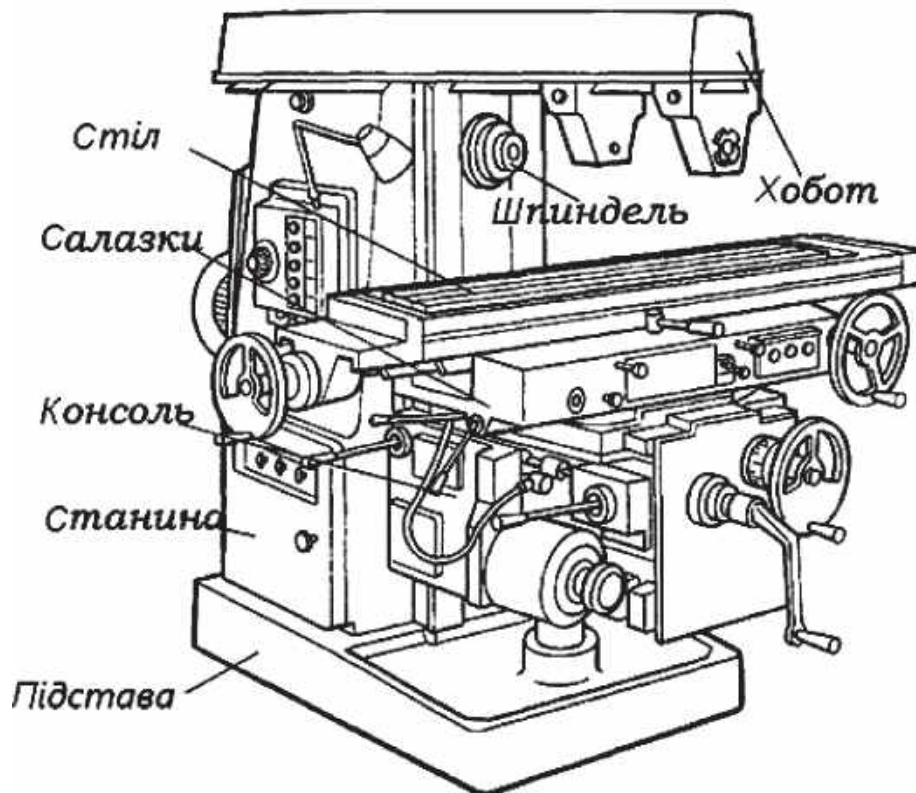


Рис. Д.3.1. Консольний горизонтально-фрезерний верстат

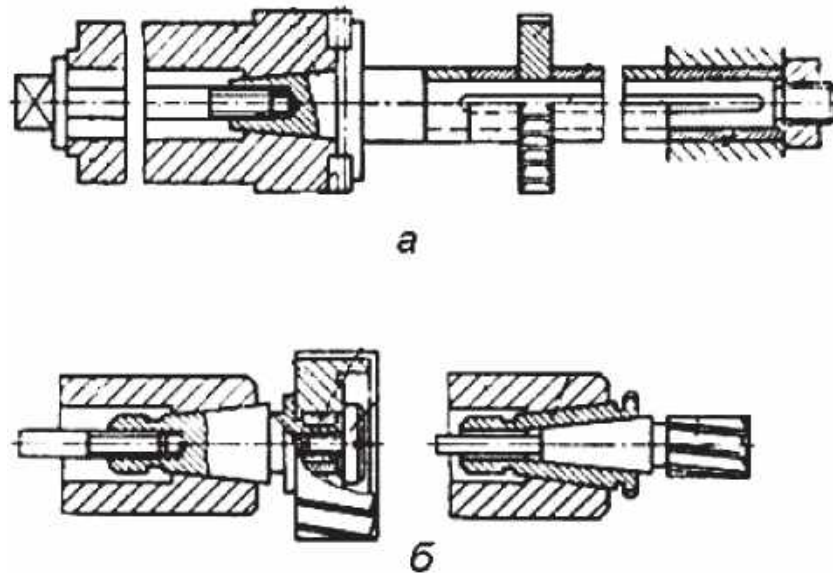


Рис. Д.3.2. Оправки для фрез: а – довга; б – кінцева

Додатки до лабораторної роботи № 4

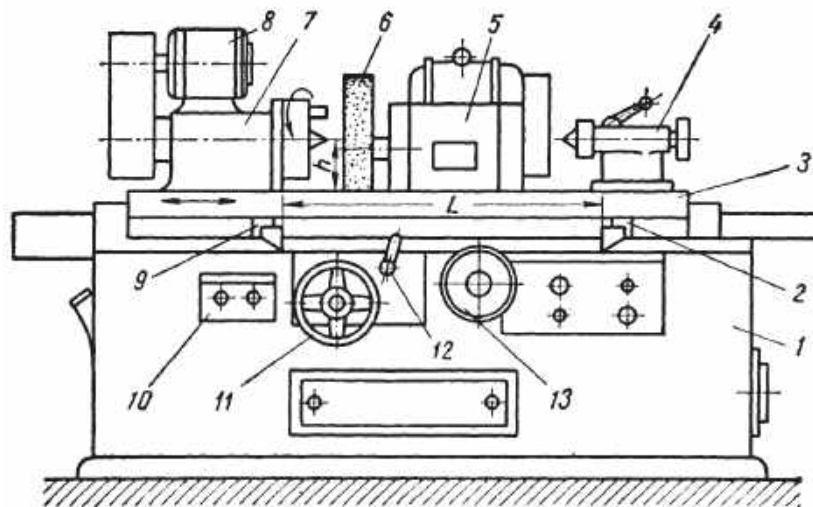


Рис. Д.4.1. Загальний вигляд круглошліфувального верстата:
 1 – станина; 2 – упор правий; 3 – стіл; 4 – задня бабка; 5 – шліфувальна бабка; 6 – шліфувальний круг; 7 – передня бабка;
 8 – електродвигун; 9 – упор лівий; 10 – панель керування;
 11 – штурвал поздовжньої подачі;
 12 – перемикач; 13 – штурвал поперечної подачі

Таблиця Д.4.1

Номери зернистості й розміри зерен основної фракції абразивних матеріалів шліфувальних кругів

Номер зернистості	Розмір зерна	Номер зернистості	Розмір зерна	Номер зернистості	Розмір зерна	Номер зернистості	Розмір зерна
200	2500–2000	63	800–630	20	250–200	6	80–63
160	2000–1600	50	630–500	16	200–160	5	63–50
125	1600–1250	40	500–400	12	160–125	4	50–40
100	1250–1000	32	400–315	10	125–100	3	40
80	1000–800	25	315–250	8	100–80		

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технологія конструкційних матеріалів : підручник / М. А. Сологуб, [та ін.] ; за ред. М. А. Сологуба. – Київ : Вища шк., 2002. – 374 с.
2. Атаманюк, В. В. Технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. / В. В. Атаманюк. – Київ : Кондор, 2006. – 528 с.
3. Технологія обробки металів різанням : навч. посіб. до лаб. практикуму / А. М. Мунгієв, В. В. Третяк, А. М. Грінченко, О. В. Медведь. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2009. – 36 с.
4. Фізико-хімічні основи технологічних процесів : навч. посіб. до лаб. практикуму. Ч.1. / А. М. Грінченко, В. Г. Приєзжев, В. В. Третяк, А. В. Онопченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2016. – 64 с.
5. Косилова, А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. Г. Косилова, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
6. Методы обработки поверхностей : учеб. пособие / А. Ф. Горбачев, А. М. Мунгиев, С. В. Худяков, С. В. Яценко. – Харьков : Нац. аерокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», 1998. – 46 с.

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1. ТОКАРНЕ ОБРОБЛЕННЯ.....	3
Лабораторна робота № 2. ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ.....	13
Лабораторна робота № 3. ФРЕЗЕРНЕ ОБРОБЛЕННЯ.....	19
Лабораторна робота № 4. ШЛІФУВАЛЬНЕ ОБРОБЛЕННЯ.....	26
ДОДАТОК 1.....	34
ДОДАТОК 2.....	35
ДОДАТОК 3.....	36
ДОДАТОК 4.....	37
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	38

Навчальне видання

**Худяков Сергій Валентинович
Третяк Володимир Васильович
Калініченко Микола Юрійович**

**ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ**

Редактор Н. М. Сікульська

Зв. план, 2022

Підписано до друку 30.12.2022

Формат 60x84 1/16. Папір офс. Офс. друк

Ум. друк. арк. 2,2. Обл.-вид. арк. 2,5. Наклад 100 пр.

Замовлення 113. Ціна вільна

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

"Харківський авіаційний інститут"

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр "ХАІ "

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001