

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра «Матеріали і технологія виготовлення виробів
транспортного призначення»**

**ПІДБІР І РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ
ПРИ ОБРОБЦІ ЗАГОТОВКИ
НА МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсової роботи
з дисципліни**

***“МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ”***

Розділ “Обробка різанням”

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до
друку на засіданні кафедри МТВ 25 жовтня 2010 р., протокол № 5.

Рекомендуються для студентів спеціальностей 090510 “Теплоенергетика”, 100501 “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомотиви. Вагони)” і 090214 “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання” денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

проф. Е.С. Геворкян,
асист. В.П. Нерубацький

Рецензент

проф. Є.А. Фролов

ПІДБІР І РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ
ПРИ ОБРОБЦІ ЗАГОТОВКИ
НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
з дисципліни

*“МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ”*

Розділ “Обробка різанням”

Відповідальний за випуск Геворкян Е.С.

Редактор Ібрагімова Н.В.

Підписано до друку 18.11.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту
61050, Харків - 50, майдан Фейербаха, 7

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ДОДАТОК А

Паспортні дані металоріжучих верстатів

Таблиця А.1 – Токарно-гвинторізальні і токарні верстати

Параметри	16Б05П	1М61	16Б16А	16Л20П	1К62	16К20
Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм	250	320	320	400	400	400
Відстань між центрами, мм	500	1000	750	1500	1000	1400
Число ступенів частоти обертання шпинделя	18	24	21	22	23	22
Частота обертання шпинделя, 1/хв	30-3000	12,5-1600	20-2000	16-1600	12,5-2000	12,5-1600
Число ступенів подачі супорта	18	24	22	24	42	24
Подача супорта, мм/об						
поздовжня	0,02-0,35	0,08-1,90	0,01-0,70	0,05-2,8	0,07-4,16	0,05-2,8
поперечна	0,01-0,175	0,04-0,95	0,005-0,35	0,025-1,4	0,05-2,08	0,025-1,4
Потужність головного електродвигуна, кВт	1,5	4,0	2,8	6,3	7,5	11
ККД	0,8	0,75	0,75	0,8	0,75	0,75
Найбільша сила подачі, Н	980	1470	1470	3528	3528	3528

Таблиця А.2 – Свердлувальні верстати

Показники	Моделі верстатів						
	Вертикально-свердлувальні					Радіально-свердлувальні	
	2Н106П	2М112	2Н118	2Н125	2Н135	2Ш55	2М55
Найбільший умовний діаметр свердлення, мм	6	12	18	25	35	50	50
Вертикальне переміщення свердлувальної головки, мм	125	190	200	250	300	1250	750
Найбільший хід шпинделя, мм	-	100	150	200	250	400	400
Число ступенів обертання шпинделя	7	5	9	12	12	21	21
Частота обертання шпинделя, 1/хв	1000-8000	450-4500	180-2800	45-2000	31-1400	10-1000	20-2000
Число ступенів подач	-	-	-	9	9	8	12
Подача шпинделя, мм/об	ручна	ручна	ручна	0,1-1,6	0,1-1,6	0,1-1,12	0,056-1,12
Найбільша допустима сила подачі, Н	3500	4100	5500	9000	9000	16000	20000
Потужність головного електродвигуна, кВт	0,4	0,6	1,5	2,2	4,0	4,0	5,5
ККД	0,8	0,85	0,85	0,8	0,8	0,8	0,85

Таблиця А.3 – Фрезерні верстати

Показники	Моделі верстатів							
	Горизонтальні				Вертикальні			
	6М81Г	6Н81Г	6М82Г	6Р83	6М12П	6М12ПБ	6П11	6П10
Робоча поверхня столу, мм	250×1000	250×1000	350×1250	400×1600	320×1250	320×1250	250×1000	160×630
Число ступенів частоти обертання шпинделя	18	16	18	18	18	18	16	12
Частота обертання шпинделя, 1/хв	40-2000	65-1800	31-1600	31,5-1600	31-1600	50-2500	50-1600	50-2240
Число ступенів подач	18	16	18	18	18	18	16	12
Подача стола, мм/хв								
поздовжня	20-1000	35-980	25-1250	25-1250	25-1250	40-2000	35-1020	25-1120
поперечна	6,5-333	25-765	8,3-416	25-1250	15,6-785	27-1330	35-1020	25-1120
Допустима сила подачі, кгс	1200	1500	1500	1600	1500	1600	1500	1200
Потужність головного електродвигуна, кВт	4,0	4,5	7,5	11,0	7,5	10,0	5,5	3,0
ККД	0,80	0,80	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Таблиця А.4 – Шліфувальні верстати

Параметри	Моделі верстатів											
	Круглошліфувальні				Внутрішньошліфувальні				Плоскошліфувальні			
	ЗУ10В	ЗА110В	ЗМ150	ЗМ153	ЗК225В	ЗК227В	ЗК228В	ЗК229В	ЗП722	ЗБ711В	ЗД723	ЗП725
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Найбільші розміри встановлюваної заготовки, мм												
діаметр	100	140	100	140	200	40	560	800	-	-	-	-
довжина	160	200	360	500	50	125	200	320	-	-	-	-

Продовження таблиці А.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Найбільший діаметр шліфування, мм зовнішнього	160	180	340	450	-	-	-	-	-	-	-	-
внутрішнього	50	50	-	-	25	150	200	400	-	-	-	-
Найбільші розміри поверхонь, що шліфуються, мм	-	-	-	-	-	-	-	-	1600×320	400×200	400×125	250×125
Швидкість переміщення стола (безступінчата), м/хв	0,025-1	0,03-2,2	0,02-4	0,02-5	1-7	1-7	1-7	1-7	3-45	2-35	2-35	2-25
Частота обертання деталі, 1/хв	100-950	100-1000	100-1000	50-1000	280-2000	60-120	100-600	40-240	-	-	-	-
Частота обертання круга	1910	2680	2350	1900	9000	20000	4500	3500	1500	1460	1450	1470
Найбільші розміри круга, мм зовнішній діаметр	250	250	400	500	25	80	180	200	450	250	200	200
ширина	20	25	40	63	25	50	63	63	80	63	32	25
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	1,1	2,2	4	7,5	1,5	4	5,5	7,5	15	7,5	4,0	1,5
ККД	0,8	0,8	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,8	0,85	0,8	0,8

ДОДАТОК Б

Довідникові дані для розрахунків

Таблиця Б.1 – Рекомендовані галузі застосування швидкорізальних сталей

Марка сталі	Властивості	Галузі застосування
P9	Задовільна міцність, підвищена зносостійкість при середніх і підвищених швидкостях різання, підвищена пластичність при температурах гарячої деформації	Інструмент простої форми з малим об'ємом шліфованих поверхонь (різці, свердла, зенкери та ін.) для обробки звичайних конструкційних матеріалів
P18	Задовільна міцність, підвищена зносостійкість при малих і середніх швидкостях різання	Різальний інструмент всіх видів, у тому числі і для обробки конструкційних матеріалів в умовах динамічних навантажень. Для фасонних і складних інструментів, для яких основною вимогою є висока зносостійкість
P6M5, P9M4, P6M3, P8M3	Підвищена міцність, підвищена схильність до знеуглецювання і вигорання молібдену	Те саме, що і сталі P18
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5М, 10P8M3, P12Ф3	Підвищена зносостійкість при низьких і середніх швидкостях різання	Для зняття стружки невеликого перетину; для обробки матеріалів, що володіють абразивними властивостями в умовах нормального розігрівання різальної кромки
P18K5Ф2, P6M5K5, P10Ф5K5, P8M3K6C, P12M3Ф2K8	Підвищені вторинна твердість і зносостійкість	Для обробки високоміцних, корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів в умовах підвищеного нагріву різальної кромки
B11M7K23, B3M12K23, B18M7K25, 18M4K25, 25B20K25ХФ, 3B20K16ХФ.	Підвищена вторинна твердість, висока зносостійкість	Для обробки титанових сплавів, високоміцних, корозійностійких і жароміцних сталей; матеріалів, що володіють абразивними властивостями в умовах підвищеного розігрівання різальної кромки

Таблиця Б.2 – Рекомендовані галузі застосування твердих сплавів

Вид обробки	Оброблюваний матеріал									
	Сталі				Сплави			Чавуни		
	вуглецеві	леговані	інструментальні	корозійностійкі	жароміцні	тугоплавкі	кольорові	з НВ до 2400	з НВ більше 2400	
Точіння, фрезерування:	чистове	T30K4	T30K4	BK3M	BK6M	BK6M	BK3M	BK6M	BK6M	BK3M
		T15K6	T14K8	BK3	T15K6	BK6OM	BK6M	T18K6	BK8	BK3
чорнове	T5K10	T5K10								BK6M
	T5K10	T14K8	BK6	BK6M	BK4	BK8	BK6	BK6	BK6	BK6
	T5K12	T5K10	T14K8	BK8	BK6	BK100M	BK8	BK6M	BK8	BK8
	TT7K12	TT10K8	BK8	BK100M	BK8	BK150M	TT8K6	BK8		T18K6
	TT10K8	T6K12	T5K10	TT7K12	BK150M	BK6M	BK6M			BK100M
Свердлення отворів:	$l < 5D$	T5K10	T5K10	BK8	T5K12	BK8	BK8	BK4	BK4	BK8
		BK8	BK10M	BK10M	BK8	BK10M	BK6M	BK6M	BK6	BK10
		T14K8	BK8		BK100M	BK100M	BK100M		BK8	BK6M
$l > 5D$	T5K12	T5K12	T5K12	T5K12	BK8	BK6OM	BK4	BK6	BK8	
	BK8	BK8	BK8	BK8	BK100M	BK8	BK6M	TT8K6	TT8K6	

Таблиця Б.3 – Подачі, що рекомендуються, при чорновому зовнішньому точінні

Діаметр деталі, мм	Розмір державки різця, мм	Оброблюваний матеріал					
		Сталь			Чавун і мідні сплави		
		Подача S, мм/об при глибині різання t, мм					
		До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 8	До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 8
1	2	3	4	5	6	7	8
До 20	Від 16×25 до 25×25	0,3-0,4	-	-	-	-	-

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8
20-40	Від 16×25 до 25×25	0,4-0,5	0,3-0,4	-	0,4-0,5	-	-
40-60	Від 16×25 до 25×40	0,5-0,9	0,4-0,8	0,3-0,7	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,7
60-100	Від 16×25 до 25×40	0,6-1,2	0,5-1,1	0,5-0,9	0,8-1,4	0,7-1,2	0,6-1,0
100-400	Від 16×25 до 25×40	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1,0	1,0-1,5	0,8-1,3	0,8-1,1

Примітки:

- 1 При обробці переривчастих поверхонь і при роботі з ударними навантаженнями табличні значення подач слід зменшувати на 15-25 %.
- 2 При обробці загартованих сталей з HRC 44-56 табличні значення необхідно зменшувати, помножуючи на коефіцієнт 0,8; для сталей з HRC 57-62 на коефіцієнт 0,5

Таблиця Б.4 – Рекомендовані подачі при чорновому розточуванні

Діаметр круглого перетину різця або розміри прямокутного перетину державки	Оброблюваний матеріал							
	Сталь				Чавун і мідні сплави			
	Подача S, мм/об, при глибині різання t, мм							
	2	3	5	8	2	3	5	8
10	0,08	-	-	-	0,12-0,16	-	-	-
12	0,10	0,08	-	-	0,12-0,20	0,12-0,18	-	-
16	0,10-0,20	0,15	0,10	-	0,20-0,30	0,15-0,25	0,10-0,18	-
20	0,30-0,50	0,15-0,25	0,12	-	0,30-0,40	0,25-0,35	0,12-0,25	-
30	0,40-0,70	0,20-0,50	0,12-0,30	-	0,50-0,80	0,40-0,60	0,25-0,45	-
40	-	0,25-0,60	0,15-0,40	-	-	0,60-0,80	0,30-0,80	-
40×40	-	0,40-0,70	0,30-0,60	-	-	0,60-0,90	0,40-0,70	0,30-0,40
60×60	-	0,70-1,0	0,50-0,80	0,40-0,70	-	0,90-1,2	0,70-0,90	0,50-0,70

Примітки: 1 При обробці жароміцних сталей і сплавів подачі більше 1 мм/об не застосовувати.

2 При обробці переривчастих поверхонь і при роботі з ударами табличні значення подач слід зменшувати на 15-25 %.

3 При обробці загартованих сталей з HRC 44-56 значення подач потрібно зменшувати, помножуючи на коефіцієнт 0,8; а з HRC 57-62 на коефіцієнт 0,5

Таблиця Б.5 – Подачі при чистовому точінні

Шорсткість обробленої поверхні		Радіус при вершині різця, мм					
R_a	R_z	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	0,16	0,19	0,21	0,23
2,5	-	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примітка – Подачі наведено для обробки сталей $\sigma_a = 700 \div 900$ МПа і чавунів. Для сталей з $\sigma_a = 500 \div 700$ МПа значення подачі необхідно помножити на коефіцієнт $K_s = 0,45$, а для сталей з $\sigma_a = 900 \div 1100$ МПа на коефіцієнт $K_s = 1,25$

Таблиця Б.6 – Подачі при прорізанні пазів і відрізанні

Діаметр оброблюваної деталі, мм	Ширина різальної кромки різця, мм	Оброблюваний матеріал	
		Сталі	Чавуни, мідні і 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

Примітка – Для загартованої конструкційної сталі табличні значення подач необхідно зменшити на 30 % при $HRC < 50$ і на 50 % при $HRC > 50$

Таблиця Б.7 – Значення коефіцієнта C_v і показників ступеня m , x , y при точінні

Вид обробки	Матеріал різальної частини різця	Подача	Коефіцієнт C_v і показники			
			C_v	x	y	m
Обробка конструкційної сталі						
Точіння	твердий сплав	$S < 0,3$	420	0,15	0,20	0,20
		$S = 0,3-0,7$	350	0,15	0,35	0,20
		$S > 0,7$	340	0,15	0,45	0,20
Відрізання	твердий сплав швидкорізальна сталь	-	47,0	-	0,80	0,20
		-	23,7	-	0,66	0,25
Обробка сірого чавуну						
Точіння	твердий сплав	$S \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	243	0,15	0,40	0,20
Відрізання	твердий сплав	-	68,5	-	0,40	0,20
Обробка ковкого чавуну						
Точіння	твердий сплав	$S \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Відрізання	твердий сплав	-	86	0	0,40	0,20
Обробка мідних сплавів						
Точіння	швидкорізальна сталь	$S \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,20$	182	0,12	0,30	0,23
Обробка алюмінієвих сплавів						
Точіння	швидкорізальна сталь	$S \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$S > 0,20$	328	0,12	0,50	0,28

Таблиця Б.8 – Значення показників ступеня n_v

Оброблюваний матеріал	Показники ступеня n_v при обробці					
	різцями		свердлами, зенкерами, розгортками		фрезами	
	зі швидкорізальної сталі	з твердого сплаву	зі швидкорізальної сталі	з твердого сплаву	зі швидкорізальної сталі	з твердого сплаву
Сталь:						
вуглецева ($C \leq 0,6\%$)						
$\sigma_a < 450$	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
$\sigma_a = 450 \div 550$	1,75	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
$\sigma_a > 550$	1,75	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
вуглецева ($C > 0,6\%$)	1,5	1,0	0,9	1,0	1,35	1,0
хромонікелева	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромомарганцовиста						
хромокремниста						
хромокремнемарганцовиста	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромонікельмолібденова						
хромованадієва						
марганцовиста	1,50	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромонікельванадієва						
хромомолібденова						
хромоалюмінієва	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромонікельванадієва						
Чавун:						
сірий	1,70	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
ковкий	1,30	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Таблиця Б.9 – Значення поправкового коефіцієнта K_{mv}

Стан поверхні заготовки

без кірки	з кіркою				
	Прокат	Поковка	Сталеві і чавунні відливання при кірці		Мідні й алюмінієві сплави
			нормальній	сильно забрудненій	
1,0	0,9	0,8	0,80-0,85	0,50-0,60	0,90

Таблиця Б.10 – Значення поправкового коефіцієнта K_{uv}

Оброблюваний матеріал	Значення K_{ev} залежно від марки інструментального матеріалу						
Сталь конструкційна	T5K12B 0,75	T5K10 0,65	P18 0,8	T15K6 1,05	P6M5 1,15	T30K4 1,4	BK8 0,4
Сталь загартована	HRC 35-50				HRC 51-62		
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74
Сірий і ковкий чавун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,10	BK3 1,15	-	P18 0,95	P6M3 0,9
Мідні й алюмінієві сплави	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	-

Таблиця Б.11 – Значення коефіцієнтів K_ϕ і K_r

Головний кут у плані, ϕ^0	Коефіцієнт K_ϕ	Радіус при вершині різця r , мм	Коефіцієнт K_r
20	1,4	1	0,94
40	1,2	2	1,0
45	1,0	3	1,03
60	0,9	-	-
75	0,8	5	1,13
90	0,7	-	-

Таблиця Б.12 – Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня

Оброблюваний	Матеріал різця	Вид обробки	Коефіцієнт C_p і показники ступеня		
			тангенціального P_z	радіального P_y	осьового P_x

матеріал			C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
Конструкційна сталь	Твердий сплав	Зовнішнє точіння і розточування	300	1,0	0,75	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4
		Відрізання і прорізання	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	-
	Швидкорізальна сталь	Зовнішнє точіння і розточування	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		Відрізання і прорізання	247	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Сірий чавун	Твердий сплав	Зовнішнє точіння і розточування	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
	Швидкорізальна сталь	Відрізання і прорізання	158	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ковкий чавун	Твердий сплав	Зовнішнє точіння і розточування	81	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
		Відрізання і прорізання	139	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мідні сплави	Швидкорізальна сталь	Зовнішнє точіння і розточування	55	1,0	0,66	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Відрізання і прорізання	75	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Алюмінієві сплави		Зовнішнє точіння і розточування	40	1,0	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Відрізання і прорізання	50	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця Б.13 – Поправковий коефіцієнт K_{mp} , який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

Оброблюваний матеріал	Розрахункова формула	Показник ступеня n при визначенні		
		P_z при обробці різцями	$M_{кр}$ і P_o при свердленні і розсвердлюванні	обв'язкової сили P_z при фрезеруванні

Конструкційна вуглецева і легована сталь при: $\sigma_{\dot{a}} \leq 600$ МПа $\sigma_{\dot{a}} > 600$ МПа	$K_{i\delta} = \left(\frac{\sigma_{\dot{a}}}{750}\right)^i$	0,75/0,35	0,75/0,75	0,3
		0,75/0,75	0,75/0,75	0,3
Сірий чавун	$K_{i\delta} = \left(\frac{HB}{1900}\right)^i$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чавун	$K_{i\delta} = \left(\frac{HB}{1500}\right)^i$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Примітки: 1 У чисельнику наведено значення показника n для твердих сплавів, у знаменнику – для швидкорізальної сталі. 2 При обробці мідних сплавів з $HB \leq 1200$ слід приймати $K_{mp} = 1,0$, а при $HB > 1200$ $K_{mp} = 0,75$. 3 При обробці алюмінію і силуміну $K_{mp} = 1,0$. 4 При обробці дюралюмінію з $\sigma_{\epsilon} \leq 250$ МПа $K_{mp} = 1,5$. Якщо $\sigma_{\epsilon} = 250 \div 350$ МПа, то $K_{mp} = 2,0$. У разі $\sigma_{\epsilon} > 350$ МПа $K_{mp} = 2,75$				

Таблиця Б.14 – Поправкові коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів інструменту на сили різання при обробці сталі і чавуну

Параметри		Матеріал різальної частини інструменту	Позначення	Поправкові коефіцієнти		
Найменування	Величина			Величина коефіцієнта для складових		
				P_z	P_y	P_x
Головний кут у плані, φ^0	30	Твердий сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,00	1,00	1,00

	60	Швидкорізальна сталь	$K_{\gamma p}$	0,94	0,77	1,11			
	90			0,89	0,50	1,17			
	30			1,08	1,63	0,70			
	45			1,00	1,00	1,00			
	60			0,98	0,71	1,27			
Передній кут, γ°	90	Твердий сплав	$K_{\gamma p}$	1,08	0,44	1,32			
	-15			1,25	2,0	2,00			
	0			1,10	1,40	1,40			
	10			1,00	1,00	1,00			
	12-15			1,15	1,60	1,70			
Кут нахилу головної різальної кромки, λ°	20-25	Твердий сплав	$K_{\lambda p}$	1,00	1,00	1,00			
	-5			1,00	0,75	1,07			
	0			0,98	1,00	1,00			
	5			0,96	1,25	0,85			
	15			0,92	1,70	0,65			
	Швидкорізальна сталь			-5	Швидкорізальна сталь	$K_{\lambda p}$	1,10	0,98	0,97
				0			0,98	1,00	0,96
				5			0,97	1,00	1,00

Таблиця Б.15 – Подача S , мм/об, які рекомендуються при свердленні зі швидкорізальної сталі

Діаметр свердла D , мм	Сталь				Чавун, мідні та алюмінієві сплави	
	HB<1600	HB 1600-2400	HB 2400-3000	HB>3000	HB≤1700	HB>1700
2-4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11-0,14	0,09-0,12	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15	0,36-0,45	0,24-0,31

10-12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,20-0,23	0,17-0,20	0,55-0,66	0,35-0,41
16-20	0,43-0,49	0,33-0,38	0,23-0,27	0,20-0,23	0,66-0,76	0,41-0,47
20-25	0,49-0,58	0,38-0,43	0,27-0,32	0,23-0,26	0,76-0,89	0,47-0,54
25-30	0,43-0,48	0,43-0,48	0,32-0,35	0,26-0,29	0,89-0,96	0,54-0,60
30-40	0,48-0,58	0,48-0,58	0,35-0,42	0,29-0,35	0,96-1,19	0,60-0,71
40-50	0,58-0,66	0,58-0,66	0,42-0,48	0,35-0,40	1,19-1,36	0,71-0,81
Примітка – При використанні свердел з різальною частиною з твердого сплаву наведені значення подач необхідно помножити на коефіцієнт 0,6						

Таблиця Б.16 – Значення коефіцієнтів C_v і показників ступеня для визначення швидкості різання при свердленні

Оброблюваний матеріал	Матеріал різальної частини інструменту	Подача S , мм/об	C_v і показники ступеня			
			C_v	q	y	m
Сталь конструкційна, $\sigma_a = 750$ МПа	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,2$	7,0	0,4	0,7	0,2
		$> 0,2$	9,8		0,5	

Чавун сірий	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	17,1		0,4	
	Твердий сплав	-	34,2	0,45	0,3	0,2
Мідні сплави	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	32,6		0,40	
Алюмінієві сплави	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	40,7		0,40	

Таблиця Б.17 – Значення C_v і показників ступеня для визначення швидкості різання при розсвердлюванні

Оброблюваний матеріал	Вид обробки	Матеріал інструменту	Коефіцієнт C_v і показники				
			C_v	q	x	y	m
Конструкційна вуглецева сталь	Розсвердлювання	Швидкорізальна сталь	16,2	0,4	0,2	0,5	0,2
		Твердий сплав	10,8	0,6	-	0,3	0,25
Чавун сірий конструкційний	Розсвердлювання	Швидкорізальна сталь	23,4	0,25	0,1	0,4	0,125
		Твердий сплав	56,9	0,5	0,15	0,45	0,4

Таблиця Б.18 – Середні значення періоду стійкості T

Інструмент (операція)	Оброблюваний матеріал	Матеріал інструменту	T , хв., при діаметрі інструменту					
			до 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Свердло (свердлення і розсвердлювання)	Конструкційна вуглецева і легована сталь	Швидкорізальна сталь	15	25	45	50	70	90
		Твердий сплав	8,0	15	20	25	35	45
Свердло (свердлення і розсвердлювання)	Чавун, мідні й алюмінієві сплави	Швидкорізальна сталь	20	25	60	75	105	140
		Твердий сплав	15	25	45	50	70	90

Таблиця Б.19 – Значення показників і коефіцієнтів у формулах $M_{кр}$, P_0 при свердленні і розсвердлюванні

Оброблюваний матеріал	Операція	Матеріал інструменту	Коефіцієнти і показники у формулах							
			Моменту, що крутить				Осьової сили			
			C_i	q	x	y	C_p	q	x	y
Конструкційна сталь	Свердлення	Швидкорізальна сталь	0,034	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
	Розсвердлювання		0,090	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
Конструкційний чавун	Свердлення	Твердий сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	Розсвердлювання		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
	Свердлення	Швидкорізальна сталь	0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання		0,085	-	0,75	0,8	23,5	-	1,2	0,4
Мідні сплави	Свердлення	Швидкорізальна сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання		0,031	0,85	0,75	0,8	17,2	-	1,0	0,4
Алюмінієві сплави	Свердлення	Швидкорізальна сталь	0,005	2,0	-	0,8	9,8	1,0	-	0,7

Примітка – При використанні свердел з непідточеною перемичкою осьову силу слід збільшити, зменшуючи на коефіцієнт $K_0 = 1,33$

Таблиця Б.20 – Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндровими і дисковими фрезами з твердого сплаву

Потужність верстата, кВт	Оброблюваний матеріал			
	Сталь		Чавун і мідні сплави	
	Подача на зуб S_z , мм/зуб, при твердому сплаві			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
до 10	0,09-0,18	0,12-0,18	0,14-0,24	0,20-0,29
більше 10	0,12-0,18	0,16-0,24	0,18-0,28	0,25-0,38

Примітки: 1 При використанні циліндрових фрез при $B > 30$ мм табличні значення подач зменшуються на 30 %.
 2 Для дискових фрез наведені подачі дійсні при обробці площин і уступів. При фрезеруванні пазів табличні значення подач слід зменшити у 2 рази

Таблиця Б.21 – Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндровими і дисковими фрезами зі швидкорізальної сталі

Потужність верстата, кВт	Зуби фрези	Фрези			
		Торцеві і дискові		Циліндрові	
		Подача на один зуб S_z , мм/зуб, при обробці			
		Сталей	Чавуну і мідних сплавів	Сталей	Чавуну і мідних сплавів
до 5	Великі	0,06-0,07	0,15-0,30	0,08-0,12	0,10-0,18
	Дрібні	0,04-0,06	0,12-0,20	0,05-0,08	0,06-0,12
5-10	Великі	0,08-0,15	0,20-0,40	0,12-0,20	0,20-0,30
	Дрібні	0,06-0,10	0,15-0,30	0,06-0,10	0,10-0,15
більше 10	Великі	0,15-0,25	0,30-0,50	0,30-0,40	0,40-0,60

Таблиця Б.22 – Подачі при чистовому фрезеруванні S_0 , мм/об, торцевими, циліндровими і дисковими фрезами

Торцеві і дискові фрези зі вставними ножами		Циліндрові фрези зі швидкорізальної сталі при діаметрі фрези, мм					
з твердого сплаву	зі швидкорізальної сталі	конструкційна сталь			чавун, мідні і алюмінієві сплави		
		40-75	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200
0,4-1,2	0,23-1,2	0,6-2,7	1,0-3,8	1,3-5,0	0,6-2,3	0,8-3,0	1,1-3,7

Таблиця Б.23 – Подачі при чорновому фрезеруванні твердосплавними кінцевими фрезами заготовок зі сталі

Вид різальних елементів	Діаметр фрези, мм	Подача S_z , мм/зуб, при глибині фрезерування t , мм				
		до 3	3-5	5-8	8-12	12-20

Коронка	10-12	0,01-0,03	-	-	-	-
	14-16	0,02-0,06	0,02-0,04	-	-	-
	18-22	0,04-0,07	0,03-0,05	0,02-0,04	-	-
Гвинтові пластинки	20	0,06-0,10	0,05-0,08	0,03-0,05	-	-
	25	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,10	0,05-0,08	-
	30	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,09	0,04-0,07
	40	0,10-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11	0,05-0,10	0,05-0,09
	50	0,10-0,20	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,06-0,10

Таблиця Б.24 – Подачі при чистовому фрезеруванні S_0 твердосплавними кінцевими фрезами заготовок зі сталі

Діаметр фрези, мм	10-16	20-22	25-35	40-60
Подача S_0 , мм/об	0,02-0,06	0,06-0,12	0,12-0,24	0,30-0,60

Таблиця Б.25 – Значення коефіцієнта C_v і показників ступеня у формулі швидкості фрезерування при обробці сталей і чавунів

Фрези	Матеріал різальної частини	Операція	Параметри шару, що зрізається			Коефіцієнт і показники ступеня						
			B	t	S_z	C_v	q	x	y	u	p	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Обробка конструкційної сталі												
Торцеві	Твердий сплав	Фрезерування площин	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	Швидкорізальна сталь		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	64,7 41,0	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
Циліндрові	Твердий сплав	Фрезерування площин	≤ 35	≤ 2 > 2	-	390 443	0,17	0,19 0,38	0,28	-0,05 -0,05	0,1	0,33
			> 35	≤ 2 > 2	-	616 700	0,17	0,19 0,38	-	0,08 0,08	-	-
	Швидкорізальна сталь		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33

Дискові зі вставними ножами	Твердий сплав	Фрезерування площин	-	-	<0,12 ≥0,12	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35
		Фрезерування пазів	-	-	<0,06 ≥0,06	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35
	Швидкорізальна сталь	Фрезерування площин і пазів	-	-	≤0,1 >0,1	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дискові цілісні	Швидкорізальна сталь	Фрезерування площин і пазів	-	-	≤0,1 >0,1	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
-			-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
Кінцеві з коронками	Твердий сплав	Фрезерування площин, уступів і пазів	-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Кінцеві з напаяними пластинами			-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37

Продовження таблиці Б.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Кінцеві цілісні	Швидкорізальна сталь	Фрезерування площин, уступів і пазів	-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Прорізні і відрізні	Швидкорізальна сталь	Прорізання і відрізання	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20
Шпонкові двосторонні	Швидкорізальна сталь	Фрезерування шпонкових пазів	-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26
Обробка чавуну, HB≤1500												
Торцеві	Твердий сплав	Фрезерування поверхонь	-	-	≤0,18 >0,18	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33
	Швидкорізальна сталь		-	-	≤0,1 >0,1	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,20
Циліндрові	Швидкорізальна сталь	Фрезерування поверхонь	-	-	≤0,1 >0,1	77 49,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33

Дискові цілісні	Швидкорізальна сталь	Фрезерування площин і пазів	-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,20
Кінцеві			-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізні і відрізні	Швидкорізальна сталь	Прорізання пазів і відрізання	-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20
Обробка чавуну, HB>1500												
Торцеві	Твердий сплав		-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	Швидкорізальна сталь		-	-	-	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Циліндрові	Твердий сплав		-	<2,5	≤0,2	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,14	0,42
			-	≥2,5	≤0,2 >0,2	588 750	0,37	0,40	0,19 0,47	-	-	-

Продовження таблиці Б.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Швидкорізальна сталь		-	-	≤0,15 >0,15	56,7 27	0,7	0,5	0,2 0,6	0,3	0,3	0,25
Дискові цілісні	Швидкорізальна сталь	Фрезерування площин і пазів	-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Кінцеві		Фрезерування площин і уступів	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
Прорізні і відрізні		Фрезерування і відрізання	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15

Таблиця Б.26 – Значення коефіцієнта C_v і показників ступеня у формулі швидкості різання при обробці сплавів на мідній і алюмінієвій основі фрезами зі швидкорізальної сталі

Фрези	Оброблюваний матеріал	Подача на зуб S_z , мм/зуб	C_v і показники ступеня у формулі швидкості					
			C_v	q	x	y	u	p

Торцеві	мідні сплави	$\leq 0,1$	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
		$> 0,1$	86,2			0,4			
	алюмінієві сплави	$\leq 0,1$	245	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
		$> 0,1$	155			0,4			
Циліндрові	мідні сплави	$\leq 0,1$	115,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
		$> 0,1$	74,3			0,4			
	алюмінієві сплави	$\leq 0,1$	208	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
		$> 0,1$	133,5			0,4			
Дискові цілісні	мідні сплави	-	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
	алюмінієві сплави	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві	мідні сплави	-	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	алюмінієві сплави	-	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізні і відрізні	мідні сплави	-	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
	алюмінієві сплави	-	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

Таблиця Б.27 – Середні значення періоду стійкості фрез

Фрези	Стійкість T , хв, при діаметрі фрези, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцеві	-		120	180				240		300	400	
Циліндрові зі вставними ножами і цілісні з крупним зубом	-			180			240	-				
Циліндрові з дрібним зубом	-		120	180			-					
Дискові	-			120		150	180	240	-			
Кінцеві	80	90	120	180	-							
Прорізні і відрізні	-				60	75	120	150	-			
Фасонні	-		120			180	-					

Таблиця Б.28 – Значення C_p і показників ступеня для фрезерування

Фрези	Матеріал інструменту	Коефіцієнт і показники ступеня
-------	----------------------	--------------------------------

1	2	C_p	x	y	u	q	w
Обработка конструкційної сталі							
Торцеві	Твердий сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкорізальна сталь	82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Циліндрові	Твердий сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Дискові, прорізні, відрізні	Твердий сплав	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Кінцеві	Твердий сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Продовження таблиці Б.28

1	2	3	4	5	6	7	8
Обробка сірого чавуну							
Торцеві	Твердий сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Швидкорізальна сталь	50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Циліндрові	Твердий сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Дискові, прорізні, відрізні, кінцеві	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Обробка ковкого чавуну							
Торцеві	Твердий сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкорізальна сталь	50	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Всі останні	Швидкорізальна сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обробка мідних сплавів							
Всі типи	Швидкорізальна сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Примітка – Силу P_z при фрезеруванні алюмінієвих сплавів розраховувати, як для сталі, з введенням коефіцієнта 0,25							

Таблиця Б.29 – Дані про шліфувальні круги

Оброблюваний матеріал	Кругле шліфування						Плоске шліфування		
	Зовнішнє			Внутрішнє			Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язки
	Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язки	Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язки			
Незагартована сталь	Э	36-60	К	Э	36-46	К Б	Э	36-46	К
Загартована сталь	Э ЭБ	46-80	К Б	Э Б	46-60	К Б	Э	36-46	К
Чавун	КЧ	36-60	К	КЧ	36-46	К	КЧ	36-46	К
Алюмінієві сплави	КЧ	36-60	К	КЧ	36-46	К	КЧ	36-46	К
Латунь	КЧ	36-60	К	КЧ	46-60	К	КЧ	16-24	К
Бронза	КЗ	46-100	К	КЗ	60-80	К	КЗ	60-80	К

Таблиця Б.30 – Поперечні подачі при круглому зовнішньому шліфуванні

Оброблюваний матеріал	Довжина шліфованої поверхні	Діаметр оброблюваних отворів, мм, до						
		15	30	50	70	90	110	120
		Поперечна подача, $S_{пр}$, мм						
Сталь сира	ЗД	0,010	0,015	0,020	0,025	0,027	0,032	0,035
	(4-6)Д	0,009	0,012	0,017	0,020	0,022	0,025	0,030
	(7-10)Д	0,006	0,010	0,012	0,016	0,018	0,020	0,022
Сталь загартована	ЗД	0,009	0,013	0,016	0,022	0,024	0,029	0,032
	(4-6)Д	0,008	0,011	0,015	0,018	0,019	0,020	0,025
	(7-10)Д	0,005	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020
Чавун, мідні сплави	ЗД	0,014	0,021	0,028	0,035	0,038	0,045	0,049
	(4-6)Д	0,013	0,017	0,024	0,028	0,031	0,035	0,039
	(7-10)Д	0,008	0,014	0,017	0,022	0,025	0,028	0,031

Таблиця Б.31 – Поперечні подачі при круглому внутрішньому шліфуванні

	Діаметр оброблюваних отворів, мм

Оброблюваний матеріал	20-40	41-70	71-100
	Поперечна подача, S_{III} , мм		
Сталь сира, чавун, мідні сплави	0,005-0,006	0,005-0,008	0,006-0,010
Загартована сталь	0,005-0,006	0,006-0,007	0,006-0,008

Таблиця Б.32 – Значення β для круглого зовнішнього шліфування

Оброблюваний матеріал	Глибина шліфування t , мм, до							
	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,050
	Коефіцієнт β							
Сталь сира	0,55	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28
Сталь загартована	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,25
Чавун і мідні сплави	0,65	0,58	0,53	0,48	0,45	0,42	0,38	0,35

Таблиця Б.33 – Значення β для круглого внутрішнього шліфування

Оброблюваний матеріал	Характер шліфування	Відношення діаметра до довжини шліфування				
		4 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3
		Значення β				
Сталь	Попереднє	0,75-0,60	0,70-0,68	0,60-0,50	0,60-0,45	0,45-0,50
	Остаточне	0,25-0,40	0,25-0,40	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35
Чавун і мідні сплави	Попереднє	0,80-0,70	0,70-0,65	0,65-0,55	0,55-0,50	0,30-0,45
	Остаточне	0,30-0,40	0,30-0,45	0,30-0,40	0,30-0,40	0,30-0,40

Таблиця Б.34 – Дані з вибору діаметра круга при внутрішньому шліфуванні

Діаметр шліфованого отвору, мм	до 35	36-70	71-100	101-150	більше 150
Відношення діаметру круга до діаметру шліфованого отвору	0,95	0,90	0,85-0,90	0,30	0,75-0,80

Таблиця Б.35 – Дані з вибору ширини круга при внутрішньому шліфуванні

Довжина шліфованого	30	35	40	45	50	60	75	більше 75
---------------------	----	----	----	----	----	----	----	-----------

отвору, мм								
Ширина круга B , мм	20-25	22-28	25-30	30-35	32-40	40-50	50-60	60 і більш

Таблиця Б.36 – Дані для визначення швидкості шліфування

Вид шліфування	Оброблюваний матеріал	C_v	K	x	m
Кругле з поперечною подачею на подвійний хід	Сталь незагартована	0,270	0,3	1,0	0,5
	Сталь загартована	0,240	0,3	1,0	0,5
	Чавун і мідні сплави	0,350	0,3	1,0	0,5

Таблиця Б.37 – Дані для визначення P_z при круглому шліфуванні

Оброблюваний матеріал	C_p	u	x	y
Сталь сира	2,1	0,5	0,55	0,5
Сталь загартована	2,2	0,5	0,55	0,5
Чавун і мідні сплави	2,7	0,5	0,55	0,5

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Матеріали та технологія виготовлення виробів
транспортного призначення”

ПІДБІР І РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ
ЗАГОТОВКИ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи

з дисципліни

*“МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ”*

Розділ “Обробка різанням”

Харків 2010

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри МТВ 25 жовтня 2010 р., протокол № 5.

Рекомендуються для студентів спеціальностей 090510 “Теплоенергетика”, 100501 “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомотиви. Вагони)” і 090214 “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання” денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

проф. Е.С. Геворкян,
асист. В.П. Нерубацький

Рецензент

проф. Є.А. Фролов

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Загальні вказівки до виконання курсової роботи.....	5
2 Вибір металорізального верстата	7
3 Кріпильні пристосування	8
4 Різальний інструмент	9
5 Режими різання	11
5.1 Точіння	12
5.2 Свердлення. Розсвердлювання	18
5.3 Фрезерування	24
5.4. Шліфування	28
5.4.1 Кругле зовнішнє і внутрішнє шліфування	30
5.4.2 Плоске шліфування	33
6 Завдання на курсову роботу	36
Список літератури.....	45
Додаток А. Паспортні дані металорізальних верстатів	46
Додаток Б. Довідникові дані для розрахунків	50

ВСТУП

Обробка різанням є основним технологічним прийомом при виготовленні деталей машин і механізмів. Її трудомісткість у більшості галузей машинобудування значно перевищує трудомісткість ливарних, кувальних і штампувальних процесів, узятих разом.

Обробка різанням має достатньо високу продуктивність, відрізняється винятковою точністю, універсальністю і гнучкістю. У цьому полягає її перевага перед іншими методами формоутворення, особливо в індивідуальному і дрібносерійному виробництвах, що характерно для ремонтних підприємств залізничного транспорту.

Розрахунок режимів різання і вибір раціонального є ключовими ланками при розробленні технологічних процесів формування заданих конфігурацій деталей. Від цього багато в чому залежить якість (а відповідно і працездатність) виробу, трудові і грошові витрати на його виготовлення. На режими різання впливає багато чинників, які слід враховувати при розрахунках. До них, наприклад, належать мікро- і макроструктури матеріалу заготовки, його фізико-механічні властивості; стан оброблюваної поверхні; матеріал і геометричні параметри різального інструменту; механічні характеристики устаткування тощо.

Методична розробка переслідує мету надати допомогу студентам при розрахунках режимів різання, оптимізації цих режимів, визначенні мінімальних витрат часу на ту або іншу технологічну операцію. Вона може бути використана в курсовому і дипломному проектуванні, а також при вирішенні інженерами виробничих завдань.

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

При розрахунках і оптимізації режимів різання в загальному випадку рекомендується дотримуватися такої послідовності:

а) вибрати й обґрунтувати тип і модель металорізального верстата, кріпильного пристосування; матеріал і геометричні параметри різального інструменту;

б) розрахувати режими різання, визначити потрібну потужність на обробку, порівняти її з потужністю вибраного верстата;

в) при невідповідності або значній (більше 20 %) розбіжності таких потужностей виконати коректування розрахункових режимів;

г) визначити основний технологічний (машинний) час обробки заданої поверхні на розрахованих і відкоректованих режимах.

У процесі курсового проектування студент повинен дотримувати такого порядку роботи:

1 Накреслити ескіз заданої деталі в положенні, як вона встановлюється на верстаті. Вказати розміри і чистоту обробки поверхонь. Потовщеною лінією (відповідно до завдання) відзначити оброблювані поверхні.

2 Обґрунтувати і прийняти тип і модель металорізального верстата. Привести його основні паспортні дані. Розрахувати для всіх ступенів значення подач і частот обертання вала шпинделя.

3 Вибрати або спроектувати кріпильне пристосування.

4 Вибрати й обґрунтувати тип різального інструменту, матеріал і геометричні параметри його різальної частини. Навести ескіз інструменту з зазначенням основних розмірів і кутів заточування. Обґрунтувати і прийняти період стійкості.

5 Розрахувати режими різання, для чого:

- визначити глибину різання;
- вибрати подачу і відкоригувати її відповідно до паспортних даних вибраного верстата;

- розрахувати швидкість різання, а на її основі частоту обертання вала шпинделя. Скоректувати останню з паспортними відомостями верстата і розрахувати фактичну швидкість різання;

- визначити сили різання, крутний момент, осьову силу (залежно від виду обробки), порівняти їх з паспортними значеннями вибраного верстата. У разі перевищення розрахункових величин над паспортними необхідно провести коректування проведених раніше розрахунків;

- визначити ефективну і потрібну потужність і порівняти останню з потужністю електродвигуна вибраного верстата шляхом розрахунку коефіцієнта використання. У разі невідповідності його значення раціональному (раціональним вважається $K = 0,85 \div 0,9$) розрахунок режимів здійснити наново, заздалегідь скоректувавши

призначені автором розрахункові параметри або вибравши інший верстат, інструмент і т. д.;

- визначити основний технологічний час.

6 Зробити аналіз розрахованих параметрів і дати висновок про раціональність розробленої технології.

Пояснювальна записка роботи повинна містити:

- завдання;
- зміст;
- вступ;
- основну частину;
- висновок з коротким аналізом результатів роботи;
- список використаної літератури.

При виконанні курсової роботи необхідно дотримуватися таких положень:

1 Пояснювальна записка до роботи пишеться чорнилами на стандартних аркушах розміром 210×297 мм, обов'язково залишаючи поля для зауважень рецензента; на обкладинці пояснювальної записки необхідно зазначити дисципліну, курс, прізвище, ініціали і шифр студента.

2 Пояснювальна записка повинна бути написана охайно, зрозумілим почерком, без скорочення слів або набрана на комп'ютері.

3 Розрахунки потрібно супроводжувати поясненнями. Розрахункові формули наводяться спочатку в загальному вигляді з застосуванням прийнятих літерних позначень, після чого слід підставити у формулу числові величини, а потім проставити результат.

Необхідно навести пояснення величин, що входять у формулу, обов'язково проставляючи для отриманих величин їх розмірності. При виборі необхідних розрахункових величин і параметрів, використанні таблиць, формул, довідкових матеріалів необхідно робити посилання на джерела; використану літературу (автор, назва книги, рік видання) слід навести в кінці пояснювальної записки. Матеріал слід наводити з дотриманням прийнятої в технічній літературі термінології.

4 Графічна частина роботи (ескізи, рисунки, креслення) виконуються з використанням креслярського інструменту і відповідно до прийнятих ДСТУ.

5 Сторінки пояснювальної записки, ілюстрації, таблиці і графіки повинні бути пронумерованими. Таблиці повинні мати назву, ілюстрації та графіки – підписуночі підписи.

6 Курсова робота обов'язково підписується студентом і ставиться дата виконання.

2 ВИБІР МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

При виборі типу і моделі металорізального верстата в першу чергу звертається увага на можливість закріплення в ньому заданої деталі (відстань між центрами і найбільший діаметр оброблюваної деталі – у токарних верстатів, розміри верстата і найбільший хід довбача – у будівельних і довбальних, найбільший умовний діаметр свердлення та вертикальне переміщення головки – у свердлувальних тощо). Потім аналізуються потужності головних електродвигунів і їх передбачувана відповідність для обробки заданої деталі. І, нарешті, досліджуються діапазони і число ступенів подач і частот обертання шпинделя. Перевагу слід віддавати верстатам з ширшою роздільною здатністю вказаних вище параметрів.

При виборі типу і моделі верстата можна використовувати [1, 2] й іншу довідкову літературу. Паспортні дані деяких верстатів наведено в таблицях А.1 – А.4 даної розробки.

Після вибору типу верстата його паспортні характеристики заносяться в пояснювальну записку і розраховуються всі ступені подач і частот обертання, які в більшості верстатів змінюються в геометричній прогресії. Розрахунок починається з визначення знаменника геометричної прогресії:

- для ступенів подач

$$\varphi = z^{-1} \sqrt{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}}, \quad (2.1)$$

де S_{\max} , S_{\min} – максимальна і мінімальна подачі у вибраного верстата;

Z – кількість подач;

- для ступенів частот обертання

$$\varphi_1 = \sqrt[z_i]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad (2.2)$$

де n_{\max} , n_{\min} – максимальна і мінімальна частота обертання шпинделя верстата, 1/хв;
 z_i – кількість ступенів частоти обертання.

Після визначення φ і φ_1 їх необхідно скоректувати і прийняти найближчі стандартні значення. Стандартними є 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,0.

Ступені подач і частот обертання визначаються таким чином:

$$\begin{aligned} S_1 &= S_{\min}; & n_1 &= n_{\min}; \\ S_2 &= S_1 \cdot \varphi; & n_2 &= n_1 \cdot \varphi_1; \\ S_3 &= S_1 \cdot \varphi^2; & n_3 &= n_1 \cdot \varphi_1^2; \\ S_4 &= S_1 \cdot \varphi^3; & n_4 &= n_1 \cdot \varphi_1^3; \\ S_n &= S_{\max} = S_1 \cdot \varphi^{n-1}; & n_n &= n_{\max} = n_1 \cdot \varphi_1^{n-1}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Подібний підхід розповсюджується і при визначенні кроку подвійних ходів для верстатів з прямолінійним головним робочим рухом.

3 КРІПІЛЬНІ ПРИСТОСУВАННЯ

Для механічної обробки будь-якої деталі, окрім металорізальних верстатів, потрібне ще і технологічне оснащення, тобто різні інструменти і пристосування. Пристосування необхідні, щоб встановити і закріпити деталь, забезпечивши при цьому потрібне на даній операції взаємне розташування верстата, деталі і різального інструменту. Для цієї мети використовуються верстатні пристосування до металорізальних верстатів (універсальні і спеціалізовані), такі як дво-, три-, чотирикулачкові самоцентруючі патрони; різного типу облямовування (центрові, шліцьові, зубчаті); верстатні лещата з ручним і механічним приводами; кондуктори; плити; верстатні центри; різні хомутики; гідро- і пневмоциліндри тощо.

Від ступеня оснащеності технологічного оснащення багато в чому залежить продуктивність обробки. Вартість оснащення висока. Часто вона складає близько 80 % всіх витрат на підготовку виробництва. Тому необхідно мати на увазі, що в умовах індивідуального і дрібносерійного виробництва слід вибирати в основному типові універсальні багатоцільові верстатні пристосування. Відомості про типові пристосування можна придбати з джерел [1, 2, 5] та іншої довідкової літератури.

4 РІЗУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ

Різальні інструменти працюють в умовах великих навантажень, високих температур, тертя і зносу. Тому інструментальні матеріали повинні задовольняти особливі експлуатаційні вимоги. Матеріал робочої частини інструменту повинен мати велику твердість (значно вище за твердість матеріалу оброблюваної заготовки), високу допустиму напругу на вигин, розтягування, стиснення і кручення. Найважливішими характеристиками є червоностійкість і зносостійкість.

Більшість конструкцій металорізального інструменту є складеними: робоча частина з інструментального матеріалу, а кріпильна – зі звичайних конструкційних сталей (40, 45, 50, 40Х та ін.).

Робочу частину у вигляді пластин або стрижнів з'єднують з кріпильною за допомогою зварювання, паяння або спеціальних високотемпературних клеїв, механічного кріплення та ін.

На сьогодні на підприємствах залізничного транспорту найчастіше знаходять застосування такі інструментальні матеріали: вуглецеві, леговані і швидкорізальні сталі; металокерамічні сплави; надтверді й абразиви.

Леговані інструментальні сталі (9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС, 9ХС та ін.) використовуються для виготовлення протяжок, свердел, мітчиків, плашок, розгортки. Вони мають червоностійкість 250 - 300 °С і допускають швидкість різання 15-25 м/хв.

Ширше застосування знаходять швидкорізальні сталі. Найпоширенішими є Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2, Р10К5Ф5. Твердість таких сталей

складає HRC 62-65, червоностійкість 600-630 °С. Володіючи підвищеною зносостійкістю вони можуть працювати зі швидкостями до 100 м/хв. У таблиці Б.1 наведено галузі застосування, що рекомендуються, для деяких марок швидкорізальних сталей.

Металокерамічні тверді сплави складаються з карбідів вольфраму, титану і танталу (WC, TiC, TaC), що знаходяться в металевому кобальті (Co). Вони застосовуються у вигляді пластинок, що виготовляються методом порошкової металургії, закріплюваних на державках різального інструменту.

Металокерамічний твердосплавний інструмент має високу твердість (HRA 80-92), зносостійкість і червоностійкість (800-1000 °С). Це дозволяє вести обробку зі швидкостями до 800 м/хв.

Тверді сплави поділяються на такі групи: однокарбідні (вольфрамові) – BK2, BK3, BK3M, BK4, BK6M, BK6 і т. д.; двокарбідні (титано-вольфрамові) – T30K4, T15K6, T5K10, T5K12 і т. ін.; трикарбідні (титано-танталовольфрамові) – TT7K12, TT10K8, TT8K6 та ін. Тверді сплави групи BK використовуються для обробки твердих і крихких металів, пластмас і неметалічних матеріалів. Двокарбідні сплави рекомендуються для обробки виробів з пластичних і в'язких металів і сплавів. Трикарбідні сплави відрізняються від перших двох підвищеною зносостійкістю, міцністю і в'язкістю і застосовуються для обробки деталей з важкооброблюваних сталей аустенітного класу.

У таблиці Б.2 наведено деякі марки вольфрамових твердих сплавів і галузі їх раціонального використання.

Останніми роками все більш широко використовуються безвольфрамові тверді сплави TM1, TM3, TN-20, TN-30, TN-40, KTN-16 та ін. на основі карбідів або інших сполук титану з добавками молібдену, нікелю та інших тугоплавких металів. Наприклад, сплав TM1 має зносостійкість при обробці сталі 50 в 2 рази вище, ніж сплав T30K4.

Продуктивність обробки різанням істотно зростає при використанні інструментів, оснащених полікристалами надтвердих матеріалів (СТМ) на основі кубічного (КНБ) або вюртцитоподібного (ВНБ) нітриду бору і синтетичних алмазів (СА).

Зараз інструментальна промисловість випускає дві групи СТМ на основі нітриду бору (композити) і вуглецю (полікристалічні алмази).

Твердість полікристалічних алмазів вища, ніж твердість композитів. Проте теплостійкість у 1,5-2 рази нижче. Композити практично інертні до чорних металів, а алмази проявляють до них значну активність при високих температурах. Це призводить до того, що інструмент із СТМ найвигідніше використовувати на автоматичних лініях, верстатах з ЧПУ, у гнучких виробничих модулях тощо, тобто там, де забезпечується оптимальний режим різання, є можливість плавного введення і виведення інструменту з контакту з оброблюваною заготівкою, високоефективний контроль за його експлуатацією.

Значну роль при обробці різанням відіграють тип і геометрія різальної частини інструменту, а також період стійкості, тобто час роботи за хвилину до затуплення і необхідності заточування. При призначенні відмічених параметрів слід користуватися довідковою літературою або додатком Б даної розробки.

5 РЕЖИМИ РІЗАННЯ

При встановленні режимів різання враховується характер обробки, тип і матеріал інструменту, його геометричні параметри, матеріал і стан заготівки, тип устаткування та інші чинники.

Розрахунок режимів найчастіше ведеться за схемою $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow P$, тобто встановлюється глибина різання t , подача S , визначається швидкість різання V і сила різання P , за якою розраховується потрібна потужність верстата.

Глибина різання при чорновій обробці призначається по можливості максимальною (найчастіше такою, що дорівнює всьому припуску на обробку), а при чистовій – залежно від вимог точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні.

Подача при чорновій обробці вибирається максимально можливою виходячи з жорсткості і міцності системи верстат-приспособування-інструмент-деталь; потужності верстата, міцності різальної частини інструменту та інших обмежувальних

чинників. При чистовій обробці приймається до уваги необхідний ступінь точності і шорсткості обробленої поверхні.

Швидкість і сили різання розраховуються за емпіричними формулами, що встановлюються для кожного виду обробки. Значення коефіцієнтів і показників ступеня, що містяться в цих формулах, можна знайти в довідковій літературі і в додатку Б даної розробки.

5.1 Точіння

Точіння (токарна обробка) – найбільш поширений метод обробки поверхонь деталей типу тіл обертання на токарних верстатах. Типи токарних верстатів приведено в роботах [4, 5] і таблиці А.1. Основні види токарних робіт: обробка зовнішніх циліндричних і конічних поверхонь, обробка пазів і уступів, виточування пазів і канавок, відрізання заготовок, свердлення, зенкерування, розгортання, нарізування різьб, обробка фасонних поверхонь, накочення рифлень та ін. На рисунку 5.1 наведено технологічну схему точіння.

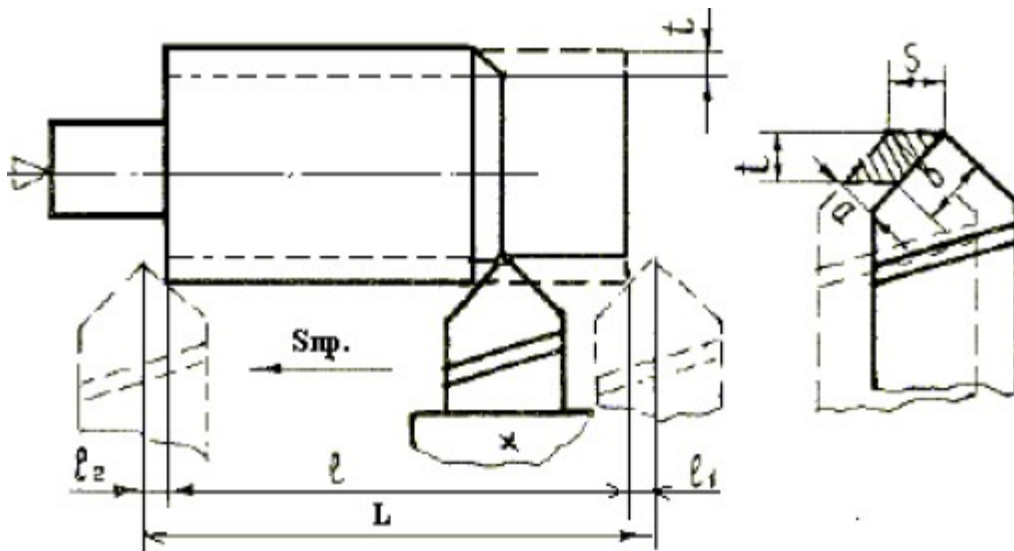


Рисунок 5.1 – Технологічна схема точіння

Обертальний рух заготовки називається головним рухом різання, а поступальна хода різального інструменту – рухом подачі.

Подачею (мм/об) називається (рисунок 5.1) шлях, пройдений різальною кромкою інструменту відносно заготовки, що обертається. Подача може бути подовжньою, якщо інструмент

переміщується паралельно осі обертання заготовки, і поперечною, якщо інструмент переміщується перпендикулярно до цієї осі.

Подачі, що рекомендуються при чорновому зовнішньому точінні, наведено в таблиці Б.3, а при чорновому розточуванні – в таблиці Б.4. Подачі при чистовому точінні вибираються залежно від необхідних параметрів шорсткості обробленої поверхні і радіуса при вершині різця (таблиця Б.5). При прорізанні пазів і відрізанні величина поперечної подачі залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, розмірів паза і діаметра заготовки (таблиця Б.6).

Вибрану подачу необхідно скоректувати за паспортом верстата, прийнявши найближчий менший ступінь і витримавши умову $S_{cm} \leq S$.

Глибина різання t (мм) визначається (рисунок 5.1) товщиною шару, що знімається, за один робочий хід різця, зміряною за перпендикуляром до оброблюваної поверхні деталі.

При чорновому точінні і відсутності обмежень за потужністю верстата величина t приймається такою, що дорівнює припуску на обробку h ; при чистовому точінні припуск знімається за два і більше проходи – на кожному подальшому проході глибина різання встановлюється менше, ніж при попередньому. При параметрах шорсткості обробленої поверхні $R_a = 3,2$ мкм включно $t = 0,5 \div 2,0$ мм; при $R_a \leq 0,8$ мкм $t = 0,1 \div 0,4$.

При відрізу і прорізі глибиною різання є ширина головної різальної кромки, мм, яку можна визначити з виразу

$$b = 0,6 \cdot D^{0,5},$$

де D – діаметр відрізуваної деталі.

Швидкість різання V_p , м/хв, залежить від конкретних умов обробки. На її величину істотно впливають такі чинники: стійкість інструменту, фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, подача і глибина різання, геометричні параметри різального інструменту, наявність змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР), температура в зоні контакту інструменту і деталі, допустимий знос інструменту та ін.

При зовнішньому подовжньому і поперечному точінні, а також при розточуванні розрахункова швидкість різання визначається за емпіричною формулою

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (5.1)$$

а при відрізання, прорізання і фасонному точінні – за формулою

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (5.2)$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує умови різання;
 T – період стійкості інструменту, хв;
 S – подача, мм/об;
 K_v – коригуючий коефіцієнт;
 m, x, y – показники ступеня.

Значення C_v, m, x, y наведено в таблиці Б.7.

Середні значення періоду стійкості T можна приймати в межах 60-90 хв для різців зі швидкорізальної сталі та 90-120 хв для твердосплавного інструменту.

Коригуючий коефіцієнт визначається за такою формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_\phi \cdot K_r, \quad (5.3)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;
 K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;
 K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини різця;
 K_ϕ – коефіцієнт, що враховує головний кут у плані різця;
 K_r – коефіцієнт, що враховує величину радіуса при вершині різця (береться до уваги тільки для різців зі швидкорізальної сталі).

Коефіцієнт K_{mv} розраховується:
- при обробці сталей

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{nv}; \quad (5.4)$$

- при обробці сірого чавуну

$$K_{mv} = \left(\frac{1900}{HB} \right)^{nv}; \quad (5.5)$$

- при обробці ковкого чавуну

$$K_{mv} = \left(\frac{1500}{HB} \right)^{nv}, \quad (5.6)$$

де σ_b – межа міцності матеріалу заготовки, МПа;

HB – твердість матеріалу заготовки, МПа.

Значення показників n_v і коефіцієнтів K_{mv} , K_{uv} , K_ϕ , K_r наведено в таблицях Б.8 – Б.11. При обробці мідних сплавів із змістом свинцю $<10\%$ $K_{mv} = 4,0$, а із змістом свинцю $>15\%$ $K_{mv} = 12,0$.

При обробці силуміну з $\sigma_b = 200 \div 300$ МПа, $HB > 60$ і дюралюмінія $\sigma_b = 400 \div 500$ МПа, $HB > 100$ приймають $K_{mv} = 0,8$. Якщо дюралюміній має $\sigma_b = 300 \div 400$ МПа, $HB < 100$, а силумін $\sigma_b = 100 \div 200$ МПа, $HB \leq 65$, то $K_{mv} = 1,0$.

Для перевірки можливості реалізації V_p на вибраному верстаті визначається розрахункова частота обертання шпинделя n_p , 1/хв:

$$n_p = \frac{V_p \cdot 1000}{\pi \cdot D_o}, \quad (5.7)$$

де D_o – діаметр заготовки до обробки.

Отримана n_p порівнюється зі значеннями, що є на верстаті. Якщо розрахункова частота не співпадає з одним із ступенів, то для подальших розрахунків приймається той ступінь n_{cm} , який є найближчим меншим до n_p , тобто повинна витримуватися умова $n_{cm} \leq n_p$. За прийнятим значенням n_{cm} визначається фактична швидкість різання V_ϕ , м/хв:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_o \cdot n_{cm}}{1000}. \quad (5.8)$$

У подальших розрахунках використовуються тільки n_{cm} і V_{ϕ} .

Сила різання P , Н, розкладається на сили, що становлять, направлені по осях координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y і осьову P_x). При зовнішньому подовжньому і поперечному точінні, розточуванні, відрізанні, прорізанні пазів і фасонному точінні ці складові розраховуються за формулою

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_{\phi}^n \cdot K_p. \quad (5.9)$$

При відрізанні, прорізанні і фасонному точінні t – довжина різальної кромки різця. Постійну C_p і показники ступеня x , y , n для кожної зі складових сили різання наведено в таблиці Б.12.

Поправковий коефіцієнт K_p є добутком ряду коефіцієнтів, що враховують умови різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}. \quad (5.10)$$

Чисельні значення коефіцієнтів наведено в таблицях Б.13 – Б.14.

Головною складовою сили різання є P_z , за якою розраховується потужність, необхідна для зняття стружки. Тому розрахунковим шляхом досить визначити тільки P_z , а решту складових можна встановити за формулами

$$P_x = (0,3 \div 0,4) \cdot P_z; \quad (5.11)$$

$$P_y = (0,4 \div 0,5) \cdot P_z. \quad (5.12)$$

Осьова сила P_x (сила подачі) порівнюється за паспортом верстата з найбільшою подачею, що допускається механізмом, і в разі перевищення останньої вимагає повторного розрахунку режимів різання.

Потужність різання. Спочатку розраховується ефективна потужність різання, кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}. \quad (5.13)$$

Потім визначається потрібна потужність на шпинделі верстата, кВт:

$$N_p = \frac{N_e}{\eta_{cm}}, \quad (5.14)$$

де η_{cm} – к.к.д. верстата.

Для висновків про ефективність розрахованих режимів для прийнятого верстата встановлюється коефіцієнт його використання за потужністю:

$$K = \frac{N_p}{N_{cm}}, \quad (5.15)$$

де N_{cm} – потужність головного електродвигуна верстата (за паспортом).

Величина коефіцієнта K не повинна перевищувати одиниці. Найбільш раціональне значення $K = 0,85 \div 0,9$. У разі відхилення K від раціональної величини необхідно знов розрахувати режими різання, скоректувавши при цьому параметри, які встановлені автором розрахунків (S , t , T , тип верстата тощо).

Основний технологічний час – час у хвилинах, що витрачається безпосередньо для зняття заданого припуску. Він визначається за формулою

$$T_o = \frac{L}{n_{cm} \cdot S_{cm}} \cdot i, \quad (5.16)$$

де L – розрахункова довжина обробки, мм (див. рисунок 5.1);
 i – кількість проходів.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (5.17)$$

де l – креслярський розмір оброблюваної поверхні, мм;

l_1 – величина урізування різця, мм;
 l_2 – величина перебігання різця, мм.

$$l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad (5.18)$$

де φ – величина головного кута в плані різця.

$$l_2 = (2 \div 3) \cdot S_{cm}. \quad (5.19)$$

5.2 Свердлення. Розсвердлювання

Свердлення (рисунок 5.2) – основний метод утворення отворів у металі оброблюваних заготовок.

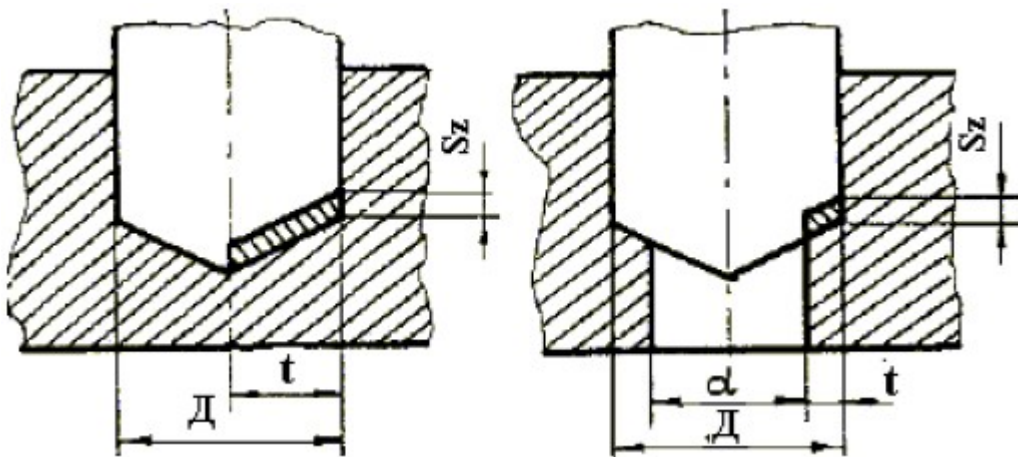


Рисунок 5.2 –

Схема різання при свердленні і розсвердлюванні

При свердленні, як правило, використовуються стандартні свердла, що мають дві різальні кромки, розташовані діаметрально відносно один одного.

Просвердлені отвори найчастіше не мають абсолютно правильної циліндрової форми. Їх поперечні перетини мають форму овалу, а подовжні – невелику конусність.

Глибина різання. При свердленні глибина різання приймається $t = 0,5 \cdot D$ (див. рисунок 5.2), а при розсвердлюванні

$$t = 0,5 \cdot (D - d),$$

де D – діаметр інструменту, мм;
 d – діаметр попереднього отвору, мм.

Подача. При свердленні отворів подача приймається з таблиці Б.15. При розсвердлюванні отворів подача, яка рекомендується для свердлення, збільшується в 2 рази. Значення подач розраховані на обробку отворів глибиною менше $3D$. При більшій глибині необхідно вводити поправковий коефіцієнт Kl_s (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Значення поправочного коефіцієнта

Глибина отвору, l мм	$1 \leq 5D$	$1 \leq 7D$	$1 \leq 10D$
Поправковий коефіцієнт Kl_s	0,9	0,8	0,75

Призначена подача повинна бути скоректована за паспортом вибраного верстата. При цьому необхідно витримати умову $S_{cm} \leq S$, де S_{cm} – остаточно встановлене за паспортом значення подачі. Паспортні дані деяких типів верстатів наведено в таблиці А.2.

Швидкість різання. Швидкість різання, м/хв, визначається:
 - при свердленні

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (5.20)$$

- при розсвердлюванні

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (5.21)$$

де D – діаметр свердла, зенкера або розгортки, мм;
 K_v – загальний поправковий коефіцієнт.

Значення коефіцієнтів C_v і показників ступеня наведено для свердлення в таблиці Б.16, для розсвердлювання – у таблиці Б.17, а значення періоду стійкості T – у таблиці Б.18.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання, визначається за формулою

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (5.22)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал;
 K_{uv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал;
 K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердлення.

Коефіцієнт K_{mv} розраховується таким чином:

- при обробці сталі

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}; \quad (5.23)$$

- при обробці сірого чавуну

$$K_{mv} = \left(\frac{1900}{HB} \right)^{n_v}; \quad (5.24)$$

- при обробці ковкого чавуну

$$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v}, \quad (5.25)$$

де σ_b – межа міцності матеріалу заготовки, МПа;

HB – твердість матеріалу заготовки, МПа.

Значення показників n_v і коефіцієнтів K_{uv} наведено в таблицях Б.8, Б.10. Коефіцієнт, що враховує глибину отвору K_{lv} при свердленні, приймається залежно від діаметра свердла (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Коефіцієнт, що враховує глибину отвору

Глибина отвору	$D_0 \div 3D$	$3D \div 4D$	$4D \div 5D$	$5D \div 6D$	$6D \div 8D$	більше $8D$
Коефіцієнт K_{lv}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	0,55

При розсвердлюванні $K_{lv} = 1,0$.

Після визначення швидкості різання розраховується частота обертання шпинделя верстата n_p , 1/хв:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \quad (5.26)$$

де D – діаметр інструменту, мм.

Отримане значення n_p коректується за паспортом верстата і приймається найближчий менший ступінь n_{cm} , тобто повинна бути витримана умова $n_{cm} \leq n_p$. У подальших розрахунках використовується тільки n_{cm} .

Крутний момент, $H \cdot m$, і осьова сила, H , розраховуються за такими формулами:

- при свердленні

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (5.27)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (5.28)$$

- при розсвердлюванні

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p; \quad (5.29)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (5.30)$$

де C_m і C_p – коефіцієнти, що враховують умови різання, значення яких, а також значення показників ступеня наведено в таблиці Б.19.

Коефіцієнт K_p в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки і визначається виразом $K_p = K_{mp}$. Його значення розраховуються за таблицею Б.13.

Розраховану силу подачі P_o необхідно порівняти з допустимими значеннями за паспортом вибраного верстата. При перевищенні останньої розрахунок режимів слід повторити, скоректувавши параметри, що приймаються автором.

Потужність різання. Ефективна потужність різання, кВт, визначається за формулою

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{см}}{9750}. \quad (5.31)$$

Потрібна потужність різання, кВт

$$N_n = \frac{N_e}{\eta}, \quad (5.32)$$

де η – к.к.д. верстата.

Для висновків про ефективність розрахованих режимів для прийнятого верстата визначається коефіцієнт його використання за потужністю

$$K = \frac{N_n}{N_{см}}, \quad (5.33)$$

де $N_{см}$ – потужність головного електродвигуна верстата.

Найбільш раціональні значення $K = 0,85 \div 0,9$. У разі відхилення K від раціональної величини необхідно розрахунки режимів різання повторити, скоректувавши параметри, що встановлюються автором.

Основний технологічний час, хв, визначається за формулою

$$T_o = \frac{L}{\Pi_{см} \cdot S_{см}}, \quad (5.33)$$

де L – розрахункова глибина отвору, мм.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (5.34)$$

де l – креслярський розмір глибини отвору, мм;

l_1 – величина урізування інструменту, мм;

l_2 – величина перебігання інструменту, мм.

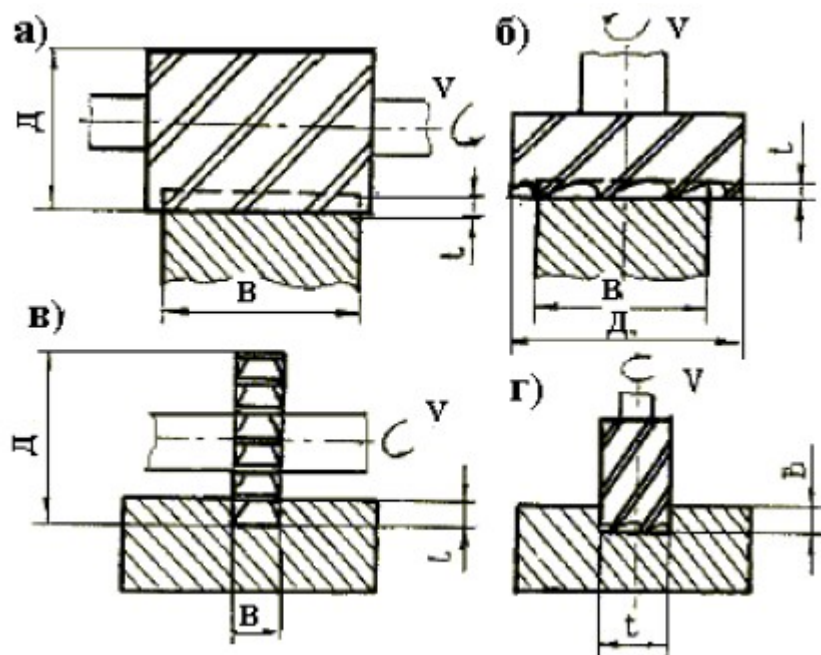
Можна прийняти

$$l_1 + l_2 = 0,35 \cdot D. \quad (5.35)$$

5.3 Фрезерування

Фрезерування є високопродуктивним методом формоутворення поверхонь деталей багатолезовим різальним інструментом – фрезою. Для цього методу характерний безперервний головний обертальний рух інструменту і поступальна хода заготовки.

Тип застосовуваної фрези визначається конфігурацією оброблюваної поверхні (рисунок 5.3). Її діаметр для скорочення основного технологічного часу вибирається по можливості найменшою величиною з урахуванням схеми різання, форми і розмірів оброблюваної заготовки.



а) фрези циліндрові; б) фрези торцеві;
в) фрези дискові; г) фрези кінцеві

Рисунок 5.3 – Види фрезерування

При торцевому фрезеруванні (рисунок 5.3, б) діаметр фрези D , мм, повинен бути більше від ширини фрезерування B і може визначатися за формулою

$$D = (1,25 \div 1,5) \cdot B. \quad (5.36)$$

Глибина фрезерування t і ширина фрезерування B (рисунок 5.3) – величини, пов'язані з розмірами шару, що знімається. Параметр t вимірюється в напрямі, перпендикулярному до осі фрези (за винятком торцевого фрезерування). Ширина фрезерування вимірюється перпендикулярно до глибини.

Глибина різання при припуску на обробку до 5 мм, як правило, приймається такою, що дорівнює останньому. В іншому випадку призначається декілька проходів. При чистовому фрезеруванні частіше за все $t = 1 \div 1,5$ мм.

Подача. При фрезеруванні розрізняються подача на один зуб фрези, мм/зуб; подача на один оборот $S_o = S_z \cdot z$, мм/об, і хвилинна подача $S_m = S_z \cdot n \cdot z$, мм/хв, де n – частота обертання фрези, 1/хв; Z – число зубів фрези.

При чорновому фрезеруванні початковою величиною подачі є подача на зуб $S_z = S_o / z$. У таблицях Б.20 – Б.24 наведено подачі, що рекомендуються для різних умов різання.

Швидкість різання, м/хв, визначається за формулою

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (5.37)$$

де K_v – загальний поправковий коефіцієнт;

T – період стійкості фрези, хв.

Значення C_v і показників ступеня наведено в таблицях Б.25 – Б.26, а період стійкості – у таблиці Б.27.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (5.38)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Коефіцієнт K_{mv} розраховується за такими формулами
- при обробці сталі

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{nv}; \quad (5.39)$$

- при обробці сірого чавуну

$$K_{mv} = \left(\frac{1900}{HB} \right)^{nv}; \quad (5.40)$$

- при обробці ковкого чавуну

$$K_{mv} = \left(\frac{1500}{HB} \right)^{nv}, \quad (5.41)$$

де σ_b – межа міцності матеріалу заготовки, МПа;

HB – твердість матеріалу заготовки, МПа.

Значення показників n_v і коефіцієнтів K_{mv} , K_{uv} наведено в таблицях Б.8 – Б.10.

При обробці мідних сплавів приймати $K_{mv} = 1,7 \div 2,0$, а при обробці алюмінієвих сплавів – $K_{mv} = 0,8 \div 1,2$.

Після розрахунку швидкості різання визначається частота обертання шпинделя 1/хв:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \quad (5.42)$$

де D – діаметр фрези, мм.

Значення n_p коректується за паспортними даними прийнятого верстата (таблиця А.3) і приймається найближчий менший ступінь n_{cm} так, щоб $n_{cm} \leq n_p$. У подальших розрахунках використовується тільки n_{cm} .

Після коректування частоти обертання шпинделя визначається фактична швидкість різання, м/хв:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cm}}{1000}. \quad (5.43)$$

У подальших розрахунках використовується тільки V_ϕ .

Сила різання. Головна складова сили різання при фрезеруванні – обводова сила, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{cm}^w} \cdot K_{mp}, \quad (5.44)$$

де K_{mp} – поправковий коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу (див. таблицю Б.13).

Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня наведено в таблиці Б.28. Після розрахунку P_z встановлюється можливість її реалізації на обраному верстаті. Для цього визначається сила P_x , яка порівнюється за паспортом верстата з допустимою силою подачі $P_{x\text{доп}}$.

Для циліндрових дискових, прорізних і відрізних фрез $P_x = (1,1 \div 1,2) \cdot P_z$, а для торцевих $P_x = (0,3 \div 0,4) \cdot P_z$.

Необхідно, щоб $P_x \leq P_{x\text{доп}}$.

Потужність різання. Спочатку розраховується ефективна потужність різання, кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{cm}}{1020 \cdot 60}, \quad (5.45)$$

а потім визначається потрібна потужність на шпинделі верстата, кВт:

$$N_n = \frac{N_e}{\eta}, \quad (5.46)$$

де η – к.к.д. верстата.

Для висновків про ефективність розрахованих режимів встановлюється коефіцієнт використання верстата за потужністю:

$$K = \frac{N_g}{N_{cm}}, \quad (5.47)$$

де N_{cm} – потужність головного електродвигуна верстата, кВт.

Значення K не повинні перевищувати одиниці. Найбільш раціональне значення $K = 0,85 \div 0,9$. У разі істотного відхилення

коефіцієнта від раціональних величин розрахунок режимів слід здійснити знов, скоректувавши при цьому параметри, що приймаються автором (t , S , тип верстата та ін.).

Основний технологічний час, хв, визначається за формулою

$$T_o = \frac{L}{S_m} \cdot i, \quad (5.48)$$

де L – розрахункова довжина оброблюваної поверхні, мм;

S_m – хвилинна подача, мм/хв;

i – число проходів.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (5.49)$$

де l – креслярська довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 – величина урізування, мм (при фрезеруванні циліндровою і дисковою фрезами $l_1 = \sqrt{t \cdot (D - t)}$, а при фрезеруванні торцевою фрезею – $l_1 = D$);

l_2 – величина перебігання, мм (при використанні циліндрової і дискової фрези $l_2 = 2 \div 5$ мм; при торцевій – $l_2 = 2 \div 4$ мм).

5.4 Шліфування

Шліфуванням називається процес обробки заготовок за допомогою шліфувальних кругів. Абразивні зерна в крузі утримуються за допомогою зв'язки і розташовані нерегульовано. При обертанні круга частину зерен зрізає матеріал з оброблюваної поверхні і вона набуває вигляду сукупності мікрослідів абразивних зерен. Частина зерен орієнтована таким чином, що різати не може, але проводить роботу тертя по поверхні різання. У зоні різання виділяється велика кількість теплоти, унаслідок якої дрібні частинки оброблюваного матеріалу, згораючи, або утворюють пучок іскор, або оплавляються. Існують такі основні схеми шліфування: зовнішнє кругле, внутрішнє кругле і плоске.

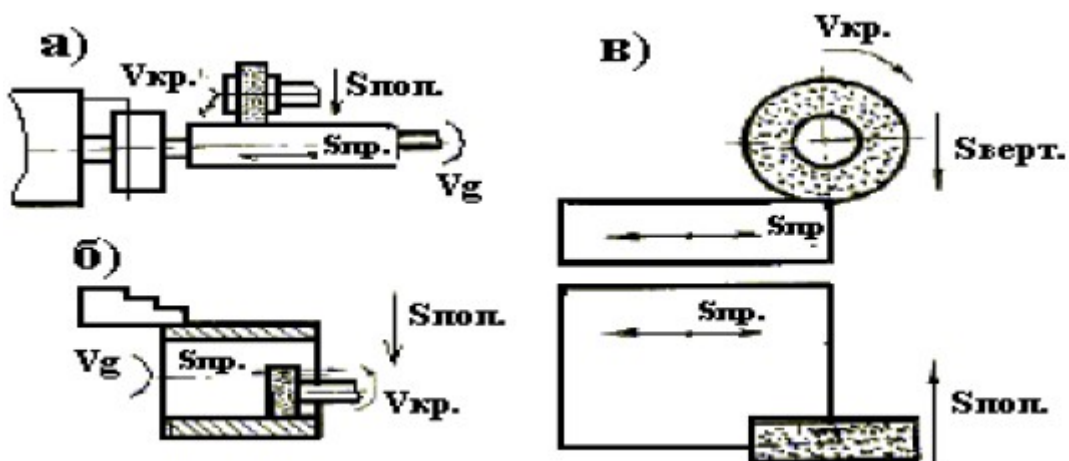
При *зовнішньому круглому шліфуванні* (рисунок 5.4, а) круг, обертаючись навколо осі, здійснює головний рух. Циліндрова заготовка обертається навколо осі, паралельної осі круга. Зовнішні поверхні круга і заготовки взаємно торкаються по твірній. Лінійні

швидкості точок шліфувального круга і заготівки можуть бути направлені в один бік або назустріч одна одній, але у будь-якому випадку швидкості точок, що належать кругу, набагато перевершують швидкості точок заготівки.

Заготівці надається зворотно-поступальний рух подовжньої подачі S_{np} . Після закінчення циклу зворотно-поступального руху подовжньої подачі діє переривчастий рух поперечної подачі, що надається шліфувальному кругу або заготівці S_{non} .

Під час внутрішнього **круглого шліфування** (рисунок 5.4, б) шліфувальний круг і оброблювана заготівка обертаються навколо паралельних осей, при цьому зовнішня поверхня круга торкається внутрішньої поверхні деталі. Рухи подовжньої S_{np} і поперечної S_{non} подач такі саме, як і при зовнішньому круглому шліфуванні, але прикладені, як правило, тільки до шліфувального круга.

При **плоскому шліфуванні** (рисунок 5.4, в) шліфувальний круг, обертаючись навколо своєї осі, здійснює головний рух різання. Його зовнішня поверхня торкається оброблюваної заготівки. Заготівці надається зворотно-поступальний рух подовжньої подачі S_{np} . У проміжках між цими рухами кругу додається переривчастий рух поперечної подачі S_{non} . Після обробки всієї поверхні шліфувальному кругу повідомляється рух вертикальної подачі $S_{верт}$. Шліфування всієї площини повторюється до тих пір, поки значення сумарної вертикальної подачі не буде дорівнювати припуску на обробку.



а) зовнішнє кругле; б) внутрішнє кругле; в) плоске

Рисунок 5.4 – Схеми шліфування

При шліфуванні важливе значення має вибір матеріалу круга. Для шліфування м'яких матеріалів, як правило, використовуються тверді круги з відкритою (пористою) структурою.

При шліфуванні загартованих сталей потрібні м'які круги. У разі потреби досягнення великої продуктивності слід застосовувати грубозернисті круги, а високої чистоти поверхні – дрібнозернисті.

Деякі рекомендації з вибору шліфувальних кругів наведено в таблиці Б.29, а паспортні дані верстатів – у таблиці А.4.

5.4.1 Кругле зовнішнє і внутрішнє шліфування

Нижче наводяться рекомендації щодо розрахунку режимів шліфування методом подовжніх подач циліндрових поверхонь деталей.

Глибина шліфування t , мм (поперечна подача S_{non} , мм), залежить від розмірів заготовки, властивостей оброблюваного матеріалу і характеру шліфування.

У таблиці Б.30 наведено рекомендовані поперечні подачі на один подвійний хід деталі при круглому зовнішньому шліфуванні, а в таблиці Б.31 – при круглому внутрішньому.

Подовжня подача S_{np} , мм/об, – це переміщення оброблюваної деталі уздовж її осі за один оборот. Вона визначається за формулою

$$S_{np} = B \cdot \beta, \quad (5.50)$$

де B – ширина шліфувального круга, мм;

β – розрахунковий коефіцієнт.

Значення коефіцієнта для круглого зовнішнього шліфування наведені в таблиці Б.32, а для круглого внутрішнього – у таблиці Б.33. Рекомендації з вибору діаметра і ширини шліфувального круга дані в таблицях Б.34 – Б.35.

Частота обертання деталі круга. Перш ніж розрахувати частоту обертання деталі, необхідно визначити її розрахункову швидкість обертання, м/хв:

$$V_{\partial} = \frac{C_v \cdot D_{\partial}^k}{T^m \cdot t^x \cdot \beta}, \quad (5.51)$$

де D_{∂} – діаметр шліфованої поверхні, мм;

T – стійкість шліфувального круга (30-45 хв).

Значення C_v , K , m , x наведені в таблиці Б.36.

Розрахункова частота обертання деталі, 1/хв

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot V_{\partial}}{\pi \cdot D_{\partial}}. \quad (5.52)$$

Необхідно, щоб n_{∂} знаходилася в межах, вказаних у паспортних даних обраного верстата.

Далі визначається швидкість обертання шліфувального круга, м/хв:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000}, \quad (5.53)$$

де D_k – діаметр шліфувального круга, мм;

n_k – частота обертання шліфувального круга, 1/хв (приймається за паспортом верстата).

Швидкість переміщення столу, м/хв, визначається за формулою

$$V_c = \frac{S_{np} \cdot n_{\partial}}{1000}. \quad (5.54)$$

Отримане значення V_c повинне знаходитися в межах швидкостей переміщення столу, вказаних у паспорті вибраного верстата. Інакше необхідно провести коректування S_{np} і n_{∂} .

Сили різання і потужність. Тангенціальна сила різання, Н,

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot V_\delta^u \cdot S_{np}^x \cdot t^y. \quad (5.55)$$

Значення C_p , u , x , y наведено в таблиці Б.37.

Ефективна потужність на обертання шліфувального круга, кВт, визначається за формулою

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V_k}{1020 \cdot 60}. \quad (5.56)$$

Потрібна потужність на обертання шліфувального круга, кВт

$$N_{nk} = \frac{N_{ef}}{\eta}, \quad (5.57)$$

де η – к.к.д. шліфувального верстата за паспортними даними верстата.

Коефіцієнт використання верстата за потужністю

$$K = \frac{N_{nk}}{N_{cm}}, \quad (5.58)$$

де N_{cm} – потужність електродвигуна головного руху, кВт.

Основний технологічний час, хв, визначається за формулою

$$T_o = \frac{2 \cdot L \cdot h}{n_\delta \cdot S_{np} \cdot t} \cdot K, \quad (5.59)$$

де L – довжина подовжнього ходу деталі, мм;

h – припуск на обробку, мм;

K – коефіцієнт, що враховує точність шліфування і знос круга.

При чорновому шліфуванні $K = 1,3 \div 1,4$; при чистовому – $K = 1,3 \div 1,7$.

$$L = l + B, \quad (5.60)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм;
 B – ширина круга, мм.

5.4.2 Плоске шліфування

Нижче розглядається розрахунок режимів шліфування периферією круга.

Глибина шліфування t , мм (вертикальна подача S , мм/подв. хід). Зазвичай при плоскому шліфуванні глибина шліфування приймається при попередній обробці $t = 0,15 \div 0,04$ мм, а при остаточній – $t = 0,005 \div 0,01$ мм на подвійний хід.

Подовжня подача S_{np} , мм/об, – це переміщення шліфованої поверхні за один оборот круга. Величина подачі визначається за формулою

$$S_{np} = \beta \cdot B, \quad (5.61)$$

де B – ширина круга, мм;
 β – коефіцієнт шліфування.

Величину B можна прийняти за паспортом верстата. Коефіцієнт шліфування для попередньої обробки $\beta = 0,4 \div 0,7$, а для остаточної – $\beta = 0,25 \div 0,35$.

Швидкість деталі і круга. Швидкість переміщення деталі, м/хв, визначається за формулою

$$V_{\partial} = \frac{C_v}{T^{0,7} \cdot \beta \cdot t^{0,75}}, \quad (5.62)$$

де C_v – коефіцієнт, що приймається: при шліфуванні незагартованої сталі – 15,50; при шліфуванні загартованої сталі – 15,25; при шліфуванні чавуну і мідних сплавів – 15,90;
 T – період стійкості круга (30-40 хв).

Швидкість V_{∂} повинна бути в межах, вказаних у паспорті вибраного верстата. Число подвійних ходів столу

$$n_{cm} = \frac{1000 \cdot V_d}{2 \cdot L}, \quad (5.63)$$

де L – розрахунковий хід столу, мм.

$$L = l + (20 \div 30), \quad (5.64)$$

де l – довжина шліфованої поверхні, мм.

Швидкість обертання шліфувального круга, м/с,

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (5.65)$$

де D_k – діаметр шліфувального круга (за паспортом верстата), мм;
 n_k – частота обертання круга (за паспортом верстата), 1/хв.

Потужність шліфування. Ефективна потужність шліфування, кВт, визначається за формулою

$$N_{ef} = C_N \cdot V_d \cdot S_{np}^{0,8} \cdot t^{0,8}, \quad (5.66)$$

де C_N – коефіцієнт, що приймається при шліфуванні сирової сталі – 0,68; при шліфуванні загартованої сталі – 0,76; при шліфуванні чавуну і мідних сплавів – 1,8.

Потрібна потужність різання, кВт

$$N_n = \frac{N_{ef}}{\eta}, \quad (5.67)$$

де η – к.к.д. верстата (за паспортом).

Коефіцієнт використання верстата за потужністю

$$K = \frac{N_n}{N_{cm}}, \quad (5.68)$$

де N_{cm} – потужність електродвигуна верстата (за паспортом), кВт.

Основний технологічний час, хв, при плоскому шліфуванні з подвійним ходом столу визначається за формулою

$$T_o = \frac{2 \cdot L \cdot H \cdot h \cdot K}{S_{np} \cdot n_k \cdot S_{non} \cdot t}, \quad (5.69)$$

де H – ширина шліфування, мм;

h – припуск на обробку, мм;

S_{non} – поперечна подача, мм/подв.ход. При звичайному шліфуванні $S_{non} = 0,005 \div 0,01$ мм/подв. хід. При чистовому – $S_{non} = 0,003 \div 0,005$ мм/подв. Хід;

K – коефіцієнт, що враховує точність шліфування і знос круга. При звичайному шліфуванні $K = 1,2 \div 1,4$, а при чистовому $K = 1,3 \div 1,7$.

6 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Завдання складається з трьох питань і завдання з розрахунку режимів різання. Варіанти завдань наведено в таблиці 6.1. Необхідний варіант вибирається студентом за двома останніми цифрами шифру. Наприклад, при шифрі 20100918 слід дати відповідь на питання 8, 28, 48 і розв'язати задачу № 7.

При розв'язанні задачі, умови якої наведені в таблиці 6.2, необхідно дотримуватися вимог, викладених у першому розділі даної розробки.

Таблиця 6.1 – Варіанти завдань

Закінчення шифру (дві останні цифри)	Номери	
	питань	задач
01, 21, 41, 61, 81	11, 31, 51	1
02, 22, 42, 62, 82	12, 32, 52	2
03, 23, 43, 63, 83	13, 33, 53	3
04, 24, 44, 64, 84	14, 34, 54	4
05, 25, 45, 65, 85	15, 35, 55	5
06, 26, 46, 66, 86	16, 36, 56	6
07, 27, 47, 67, 87	17, 37, 57	7
08, 28, 48, 68, 88	18, 38, 58	8

09, 29, 49, 69, 89	19, 39, 59	9
10, 30, 50, 70, 90	20, 40, 60	10
11, 31, 51, 71, 91	1, 21, 41	11
12, 32, 52, 72, 92	2, 22, 42	1
13, 33, 53, 73, 93	3, 23, 43	2
14, 34, 54, 74, 94	4, 24, 44	3
15, 35, 55, 75, 95	5, 25, 45	4
16, 36, 56, 76, 96	6, 26, 46	5
17, 37, 57, 77, 97	7, 27, 47	6
18, 38, 58, 78, 98	8, 28, 48	7
19, 39, 59, 79, 99	9, 29, 49	8
20, 40, 60, 80, 00	10, 30, 50	9

Таблиця 6.2 – Умови задач

Номер		Найменування операції і переходу	Матеріал і механічні властивості задачі
задачі	рисунок		
1	6.1	Т о к а р н а Розточити отвір $d = 43$ мм (попередній $d = 39$ мм)	Сталь 35; $\sigma_a = 600$ МПа
2	6.2	Т о к а р н а Обточити поверхню $d = 120$ мм (попередній $d = 125$ мм)	Сталь 45; $\sigma_a = 650$ МПа
3	6.2	Т о к а р н а Розточити отвір $d = 95$ мм (попередній $d = 90$ мм)	Чавун СЧ20; <i>HB</i> 2000 МПа
4	6.3	С в е р д л у в а л ь н а Свердлити 6 крізних отворів $d = 12$ мм	Сталь 20; $\sigma_a = 520$ МПа
5	6.4	С в е р д л у в а л ь н а Розсвердлити 4 отвори $d = 22$ мм (попередній $d = 20$ мм)	Сталь 55; $\sigma_a = 650$ МПа
6	6.5	Ф р е з е р н а Фрезерувати кільцеву поверхню \tilde{N} (припуск на обробку 4 мм)	Чавун ЧНХТ; <i>HB</i> 2500 МПа
7	6.5	Ф р е з е р н а Фрезерувати поверхню \tilde{A} (припуск на обробку 5 мм)	Сталь 38Х2Ю; $\sigma_a = 900$ МПа
8	6.6	Ш л і ф у в а л ь н а Шліфувати поверхню \tilde{A} (припуск на обробку	Чавун ЖЧХ16; <i>HB</i> 3700 МПа

		0,4 мм)	
9	6.7	Шліфувальна Шліфувати отвір $d = 180$ мм (попередній $d = 179,7$ мм)	Сталь 20X23Н13; $\sigma_a = 580$ МПа
10	6.3	Шліфувальна Шліфувати поверхню $d = 90$ мм (попередній $d = 90,4$ мм)	Чавун ЖЧХ2; НВ 2070 МПа
11	6.3	Токарна Розточити отвір $d = 72$ мм (попередній $d = 68$ мм)	Чавун КЧ 45-7; НВ 2070 МПа

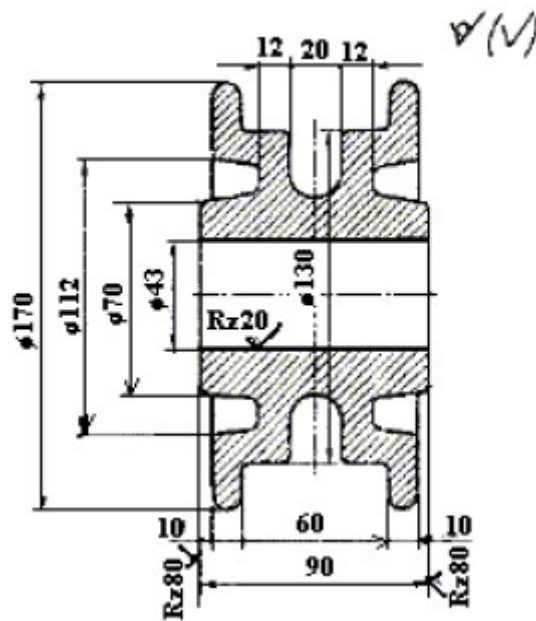


Рисунок 6.1

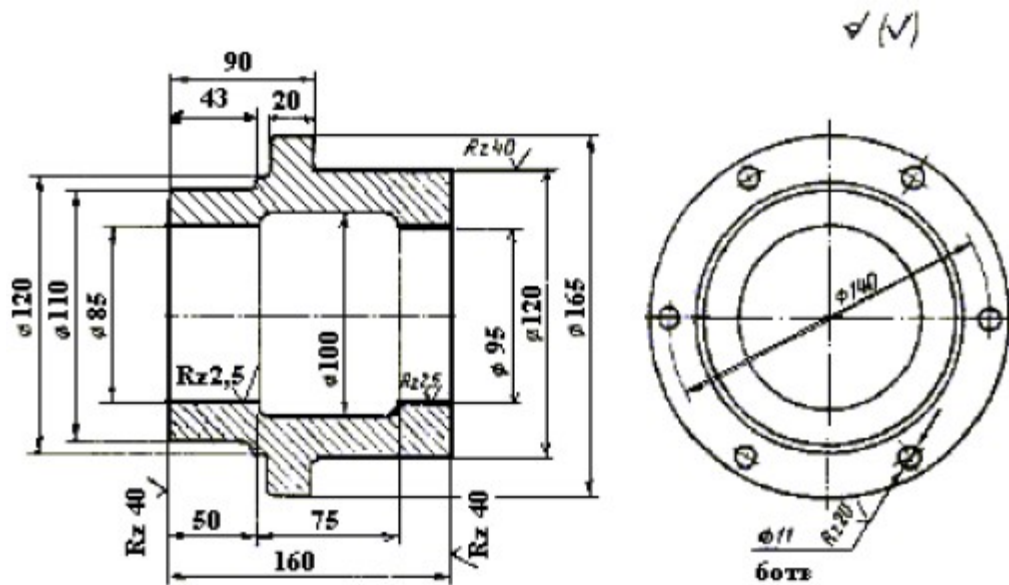


Рисунок 6.2

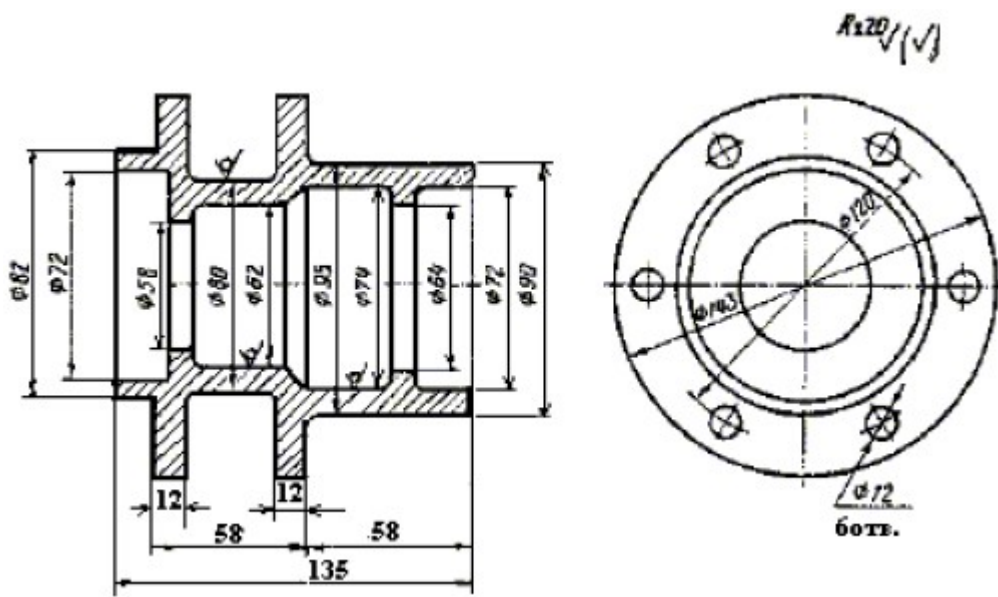


Рисунок 6.3

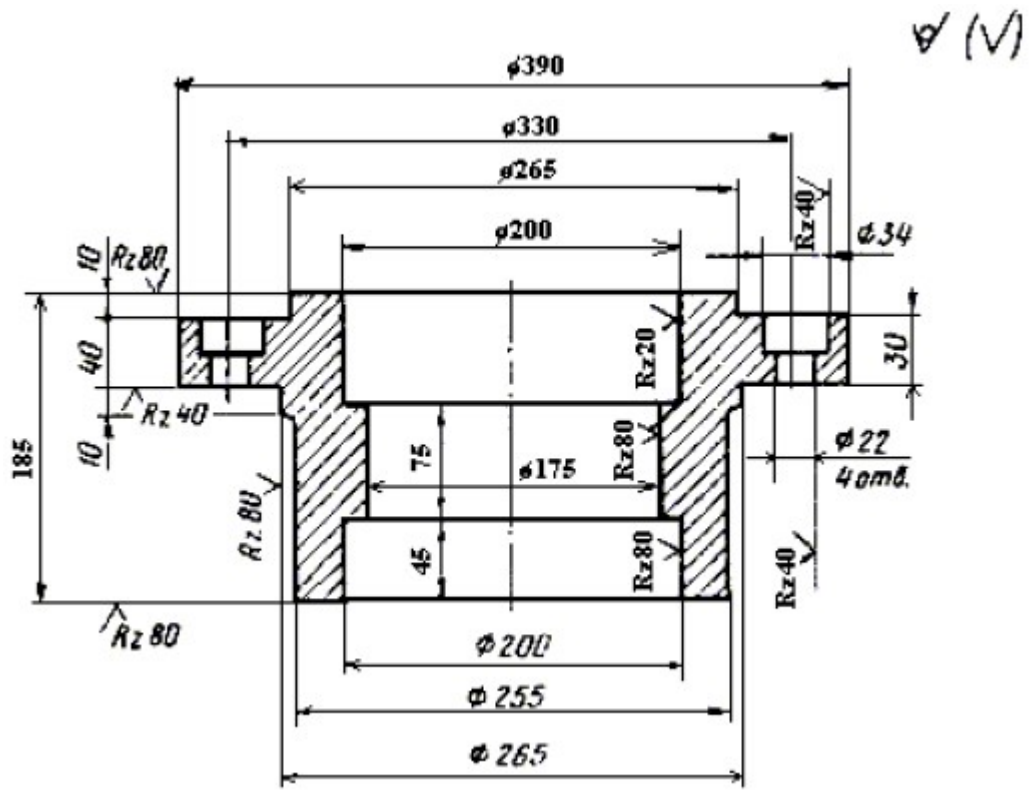


Рисунок 6.4

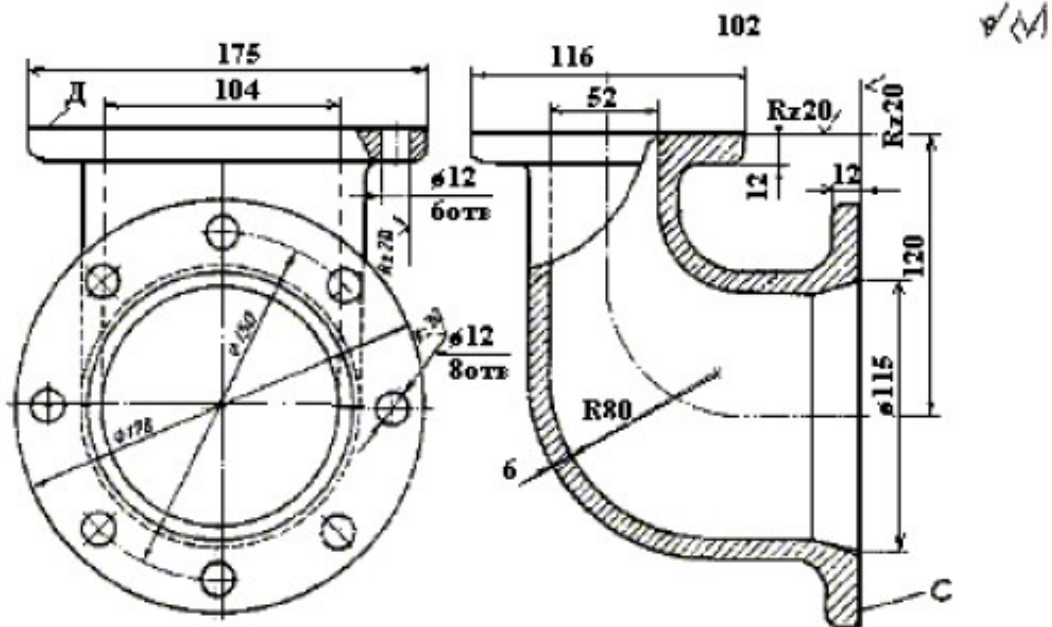


Рисунок 6.5

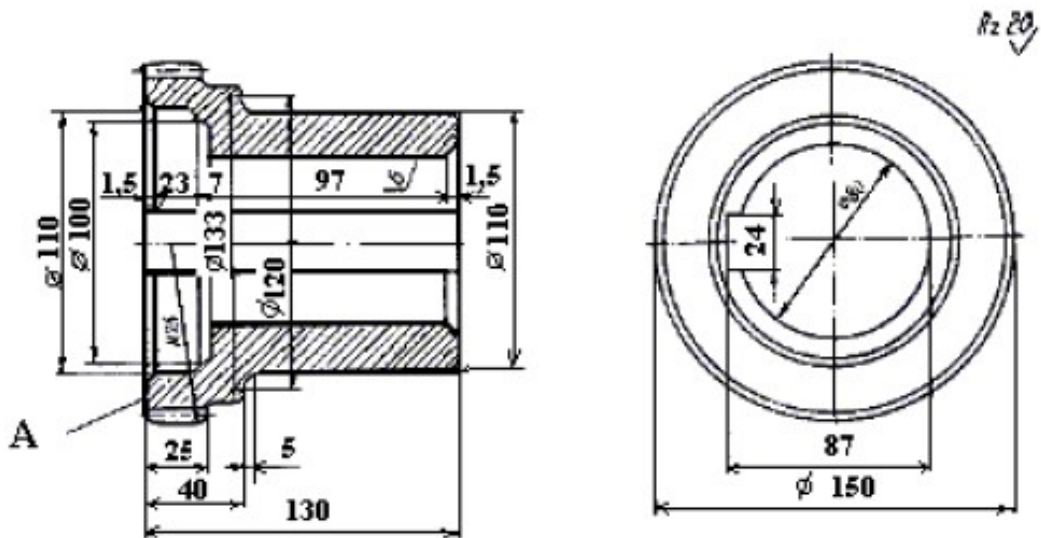


Рисунок 6.6

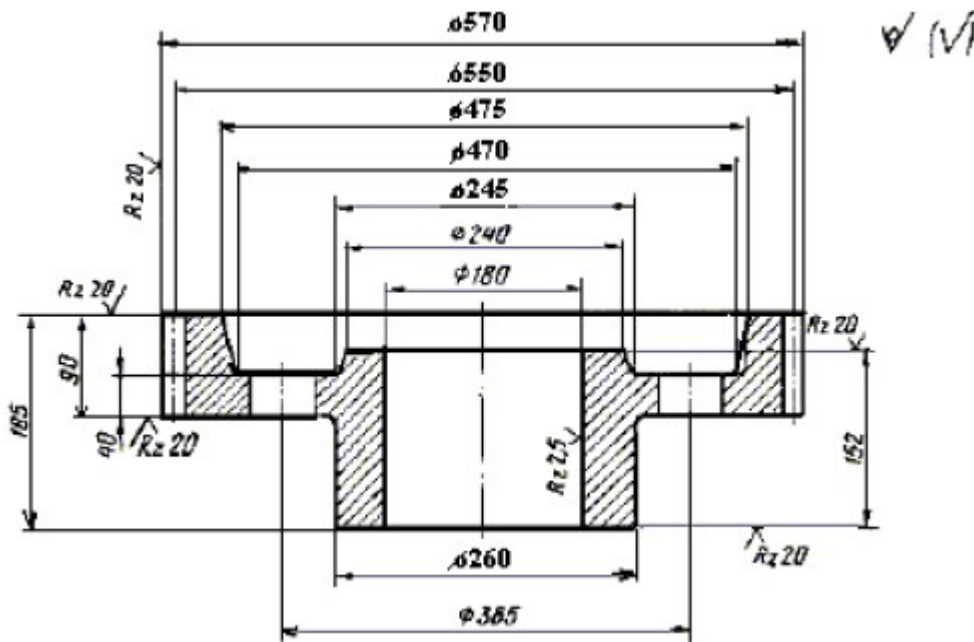


Рисунок 6.7

Питання

- 1 Фізичні явища, що виникають при різанні.
- 2 Фізичні явища в зоні контакту інструменту та оброблюваного матеріалу.
- 3 Теплові явища і методи оцінки температури в зоні різання.

- 4 Швидкість різання, що допускається токарним різцем.
- 5 Чинники, що впливають на сили різання при точінні.
- 6 Особливості процесу різання при свердленні.
- 7 Особливості процесу різання при фрезеруванні.
- 8 Методи виготовлення зубів зубчатих коліс.
- 9 Роль змащувально-охолоджуючих рідин при різанні.
- 10 Види шліфування.
- 11 Обробні методи абразивної обробки.
- 12 Суть і способи обробки протягуванням.
- 13 Особливості обробки пластмас різанням.
- 14 Класифікація і позначення металокерамічних твердих сплавів.
- 15 Надтверді інструментальні матеріали.
- 16 Класифікація і маркування інструментальних сталей.
- 17 Мінерал-керамічні сплави для ріжучого інструменту.
- 18 Абразивні матеріали.
- 19 Поняття про електроерозійну та електрохімічну обробки.
- 20 Поняття про ультразвукову, електронно-променеву і лазерну обробки.
- 21 Конструкція і геометричні елементи різальної частини токарного прохідного різця.
- 22 Конструкція і геометричні елементи різальної частини токарного підрізного різця.
- 23 Конструкція і геометричні елементи різальної частини токарного розточувального різця.
- 24 Конструкція і геометричні елементи різальної частини токарного відрізного різця.
- 25 Конструкція і геометричні елементи різальної частини токарного різьбового різця.
- 26 Конструкція і геометричні елементи різальної частини токарного фасонного різця.
- 27 Конструкція і геометричні елементи різальної частини токарного збірного різця з непереточуваними пластинками.
- 28 Конструкція і геометричні елементи різальної частини спірального свердла покращеної конструкції.
- 29 Конструкція і геометричні елементи різальної частини циліндрового зенкера.

30 Конструкція і геометричні елементи насадного чотирьохзубого зенкера.

31 Конструкція і геометричні елементи циліндрової фрези.

32 Конструкція і геометричні елементи різальної частини торцевої фрези.

33 Конструкція і геометричні елементи різальної частини кінцевої фрези.

34 Конструкція і геометричні елементи різальної частини протяжки.

35 Конструкція і геометричні елементи різальної частини модульної дискової фрези.

36 Конструкція і геометричні елементи різальної частини черв'ячної модульної фрези.

37 Конструкція і геометричні елементи різальної частини модульного довбача.

38 Конструкція і геометричні елементи шліфувальних кругів.

39 Конструкція і геометричні елементи конічної розгортки.

40 Будова універсального токарно-гвинторізального верстата і принцип його роботи.

41 Будова токарно-револьверного верстата і принцип його роботи.

42 Будова токарно-карусельного верстата і принцип його роботи.

43 Будова токарного автомата і принцип його роботи.

44 Будова вертикально-свердлувального верстата і принцип його роботи.

45 Будова радіально-свердлувального верстата і принцип його роботи.

46 Будова поперечно-стругального верстата і принцип його роботи.

47 Будова внутрішньошліфувального верстата і принцип його роботи.

48 Будова плоскошліфувального верстата і принцип його роботи.

49 Будова колошліфувального верстата і принцип його роботи.

50 Будова зубофрезерного верстата і принцип його роботи.

51 Будова зубодолбежного верстата і принцип його роботи.

52 Будова вертикально-фрезерного верстата і принцип його роботи.

53 Будова горизонтально-фрезерного верстата і принцип його роботи.

54 Будова хонінговального верстата і принцип його роботи.

55 Будова агрегатного верстата і принцип його роботи.

56 Будова автоматичної лінії з обробки металів і принцип його роботи.

57 Будова верстата з програмним управлінням і принцип його роботи.

58 Будова протяжного верстата і принцип його роботи.

59 Будова ділильної головки і принцип її роботи.

60 Технологія обробки деталей різанням.

При відповіді на питання, пов'язані з конструкцією і геометричними елементами різального інструменту, необхідно навести його ескіз, вказати найменування окремих частин, відзначити вузли заточування і пояснити їх вплив на режими обробки, стійкість інструменту і якість обробленої поверхні.

Відповідаючи на питання про будову верстатів і принципу їх роботи, слід дати принципову або кінематичну схему, описати її принцип роботи, приділивши основну увагу механізму головного руху, руху подачі, кріпленню оброблюваної деталі і різального інструменту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Уткин Н.Ф. Приспособления для механической обработки. – Л.: Лениздат, 1969. – 298 с.

2 Обработка металлов резанием: Справочник технолога /А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

3 Механическая обработка материалов: Учеб. для вузов / А.М. Дамский, В.С. Гаврилюк, А.Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 263 с.

4 Справочник технолога механосборочного цеха судостроительного завода. –5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. – 704 с.

5 Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 128 с.

6 Горбунов Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.

7 Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учеб. для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.

8 Шатин В.П., Шатин Ю.В. Справочник конструктора инструментальщика. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.

9 Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. Г.А. Менахова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 220 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсової роботи
з дисципліни

*“МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ”*

Розділ “Обробка різанням”

Відповідальний за випуск Геворкян Е.С.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 11.11.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,5. Обл.-вид.арк. 2,75.

Замовлення № Тираж 50. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7