

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

**ПРАКТИЧНІ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ
«СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ»**

Методичні вказівки

**для здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»,
денної та заочної форм навчання**

Краматорськ – Тернопіль
ДДМА
2023

УДК 621.941.06

Практичні роботи з дисципліни «Спеціальні розділи механічної обробки матеріалів» *методичні вказівки [для здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», денної та заочної форм навчання]* / [уклад.: Я.В.Васильченко]. – Краматорськ; Тернопіль : ДДМА, 2023. – 165 с.

У методичних вказівках наведені основні відомості про зміст і порядок виконання практичних робіт з дисципліни «Спеціальні розділи механічної обробки матеріалів»

Для здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Укладач:

Я.В.Васильченко, проф.

Відп. за випуск

Я. В. Васильченко, проф.

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Кінематика процесу різання. Практичне заняття 1	6
2 Методика розрахунку режиму різання при точінні. Практичне заняття 2	15
2.1 Стислі теоретичні відомості	15
2.2 Порядок розрахунку режиму різання	15
2.2.1 Вибір устаткування	17
2.2.2 Вибір глибини різання	17
2.2.3 Вибір різального інструменту	18
2.2.4 Вибір величини подачі	19
2.2.5 Розрахунок швидкості різання	22
2.2.6 Розрахунок ефективної потужності різання	23
2.2.7 Визначення коефіцієнта використання верстата за потужністю	23
2.2.8 Розрахунок крутного моменту на шпинделі верстата	23
2.2.9 Розрахунок основного технологічного (машинного) часу	24
2.3 Другий варіант розрахунку режиму різання	24
2.4 Розрахунок режиму різання при напівчистовому й чистовому точінні	25
3 Методика розрахунку режиму різання при свердлінні. Практичне заняття 3	37
3.1 Вибір устаткування	38
3.2 Вибір різального інструменту	38
3.3 Визначення глибини різання	38
3.4 Визначення подачі	39
3.5 Визначення швидкості різання	39
3.6 Визначення крутного моменту й осьової сили	40
3.7 Перевірка обраних режимів різання	40
3.7.1 Перевірка за міцністю механізму подач верстата	40
3.7.2 Перевірка за потужності приводу верстата	41
3.7.3 Перевірка за міцністю механізму приводу головного руху	41
3.8 Визначення основного часу	41
4 Методика розрахунку режиму різання при фрезеруванні. Практичне заняття 4	53
4.1 Вибір устаткування	54
4.2 Вибір різального інструменту	54
4.3 Призначення глибини різання й ширини фрезерування	55
4.4 Призначення подачі	55
4.5 Розрахунок швидкості різання	56
4.6 Визначення частоти обертання шпинделя	56
4.7 Визначення величини хвилинної подачі	57
4.8 Визначення величини окружної сили	57
4.9 Перевірка розрахованих режимів різання за лімітуючими факторами	57

4.9.1	Перевірка за потужності приводу головного руху	57
4.9.2	Перевірка за міцністю приводу головного руху	58
4.9.3	Перевірка за міцністю механізму подач	58
4.10	Визначення основного часу	59
5	Методика розрахунку режимів різання при шліфуванні.	
Практичне заняття 5	69
5.1	Вибір устаткування	70
5.2	Вибір характеристики шліфувального круга	70
5.3	Визначення глибини різання	71
5.4	Визначення величини поздовжньої або поперечної подач	71
5.5	Визначення швидкості різання	71
5.6	Визначення частоти обертання заготовки	72
5.7	Визначення швидкості поздовжнього переміщення стола	72
5.8	Визначення потужності різання	73
5.9	Перевірка режимів різання	73
5.10	Визначення основного часу	74
6	Розрахунок оптимального режиму різання. Практичне заняття 6	80
6.1	Стислі теоретичні відомості	80
6.2	Формування технічних обмежень	80
6.3	Типове завдання	85
6.4	Завдання для самостійного рішення	88
7	Вибір оптимального режиму різання, що виключає небезпеку вириву й брак деталі. Практичне заняття 7	91
7.1	Типове завдання	91
7.2	Завдання для самостійного рішення	93
8	Визначення зношування, стійкості й витрати різального інструменту.	
Практичне заняття 8	97
8.1	Стислі теоретичні відомості	97
8.2	Типове завдання	100
8.3	Завдання для самостійного рішення	104
9	Вибір конструкцій збірних різців. Практичне заняття 8	97
8.1	Стислі теоретичні відомості	97
8.2	Типове завдання	100
8.3	Завдання для самостійного рішення	104
	Список рекомендованої літератури	106
	Додаток А. Рекомендації щодо вибору раціональних марок інструментальних матеріалів при точінні	107
	Додаток Б. Рекомендації щодо вибору конструкцій збірних різців з механічним кріпленням змінних багатогранних пластин	123
	Додаток В. Паспортні дані металорізальних верстатів	142
	Додаток Г. Рекомендації щодо вибору геометричних параметрів інструментів	146

ВСТУП

Розвиток сучасного верстатобудування, застосування нових конструкційних матеріалів, різальних інструментів і підвищення вимог до точності та якості обробки деталей висувають нові вимоги до процесу різання.

До методичних вказівок входять основні розділи, такі як: кінематика різання; розрахунок режимів різання для найпоширеніших видів обробки; вибір оптимального режиму різання; питання оцінки зношування, періоду стійкості й витрати різального інструменту, а також довідкові матеріали на вибір поправкових коефіцієнтів на швидкість різання й подачу з урахуванням сучасних марок інструментальних матеріалів і вибору сучасних конструкцій збірних різців для різних умов обробки.

Кожне практичне заняття методичних вказівок містить стислу теоретичну частину, необхідні розрахункові формули, порядок виконання роботи, варіанти завдань і приклади їхнього рішення.

Практичні заняття 6, 7 містять завдання, рішення яких повинне забезпечувати підвищення продуктивності, точності й безпеки механічної обробки. При виконанні ряду практичних занять (практичні заняття 2...5) рекомендується застосування ПЕВМ.

Перед виконанням практичного заняття здобувачеві необхідно засвоїти відповідні розділи лекційного курсу й вивчити порядок виконання роботи. При виконанні практичних занять 2...5 кожний здобувач одержує індивідуальний варіант завдання, що наведений у відповідних таблицях.

У звітах про виконання практичних занять необхідно наводити: мету роботи, вихідні дані для розрахунку, необхідні розрахункові формули, ескізи обробки, розрахунок всіх необхідних параметрів і висновки.

Практичне заняття вважається завершеним, якщо якісно виконані всі його етапи, оформлений звіт і складений іспит з теоретичної частини. Для скорочення часу перевірки теоретичних знань рекомендується програмований контроль із використанням тих або інших технічних засобів. Приклади питань для програмованого контролю наведені наприкінці кожного практичного заняття.

1 КІНЕМАТИКА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

Практичне заняття 1

Мета роботи: для заданих умов обробки визначити фактичні (кінематичні) головні кути $\alpha_K, \gamma_K, \varphi_{1K}, \varphi_K$, а також розрахувати теоретичну шорсткість обробленої поверхні. Вихідні дані взяти з таблиць 1.1 і 1.2.

1.1 Стислі теоретичні відомості

1 Товщину a й ширину b шару, що зрізається, визначають за формулами:

$$a = S \sin \varphi; \quad (1.1)$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}, \quad (1.2)$$

де S – подача, мм/об;
 t – глибина різання, мм.

2 Робочі кути, визначувані в процесі обробки, залежать від відносних рухів процесу різання (кінематики). Різання здійснюється в результаті складного руху, обумовленого додаванням двох векторів: $V_{окр}$ і V_s . Фактичний слід площини різання становить зі статичним слідом кут η , називаний кінематичним:

$$\eta = \arctg \frac{S}{\pi D}; \quad (\varphi = 90^\circ);$$
$$\eta_\varphi = \arctg \frac{S \sin \varphi}{\pi D}; \quad (\varphi \neq 90^\circ), \quad (1.3)$$

де S – задана подача, мм/об;
 φ – статичний головний кут у плані, град;
 D – діаметр заготовки, мм.

Робочі кути, що враховують рух подачі:

$$\alpha_K = \alpha_C - \eta; \quad (1.4)$$

$$\gamma_K = \gamma_C - \eta, \quad (1.5)$$

де α_C, γ_C – відповідно, статичний задній і передній кути.

Робочі кути різця в процесі різання залежать також від установа рiзця щодо базових координатних осей верстата. Так, при точiннi установа рiзця вище осi обертання заготовки викликає

збільшення кута γ_c й зменшення кута α_c . Установлення вершини різця нижче осі обертання викликає зворотнє явище. Величина цієї зміни

$$\mu_o = \text{arctg}[(2h/D) \cdot \sin \varphi_c] \quad (1.6)$$

де h – відстань від осі деталі до вершини різця, мм.

3 Теоретичну шорсткість обробленої поверхні R_{zp} (висоту мікронерівностей) визначають за формулою

$$R_{zp} = \frac{s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)}, \quad (1.7)$$

де φ_1 – допоміжний кут у плані, град.

Типове завдання 1

Визначити фактичні (кінематичні) головні кути α_k й γ_k у різьбового різця при нарізуванні різі М10, якщо $\alpha_c = 15^\circ$ й $\gamma_c = 2^\circ$. Де ці кути більші – при зовнішньому або внутрішньому діаметрі різі?

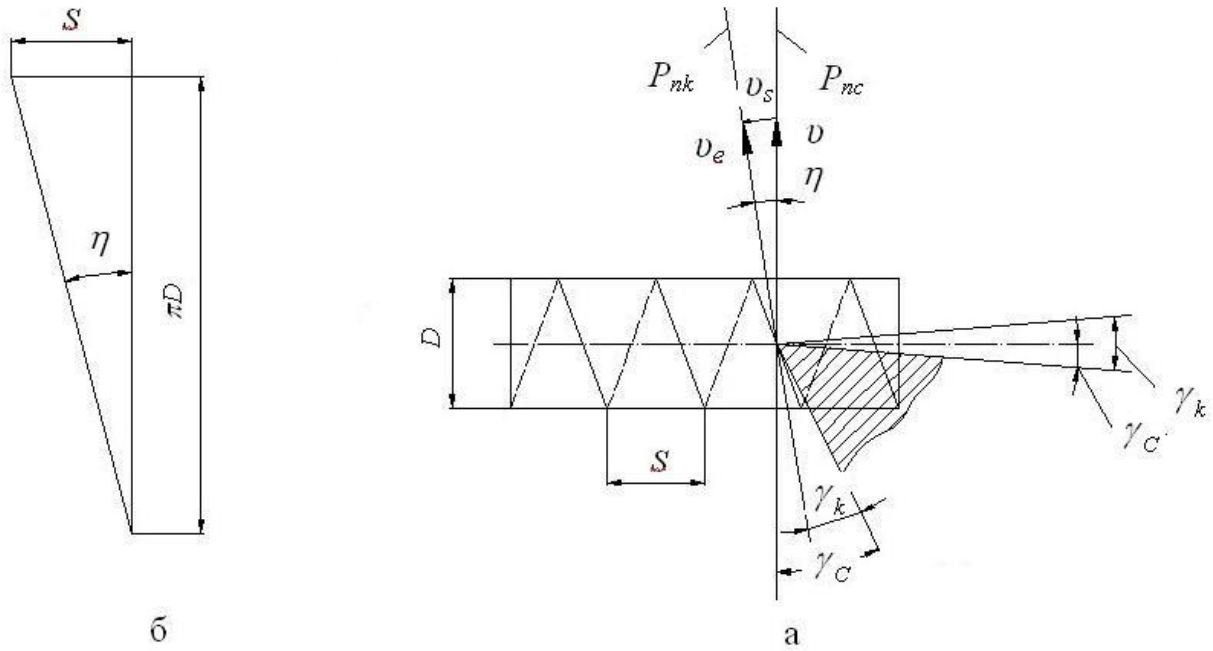
Вирішення завдання 1

Зобразимо схему нарізування різі (рис.1.1). У результаті врахування руху подачі S і результуючої траєкторії руху, що характеризується вектором швидкості V_e , площина різання P_n у статиці повертається на кут η , вимірюваний у робочій площині. Тоді, за визначенням, кінематичний задній кут α_k зменшиться в порівнянні зі статичним α_c на величину η . Щоб визначити η , необхідно розгорнути в площині один виток окружності й один виток гвинтової лінії, одержуваний за один оберт. З отриманого прямокутного трикутника визначимо η через значення подачі й діаметра заготовки:

$$\text{tg } \eta = S / (\pi D). \quad (1.8)$$

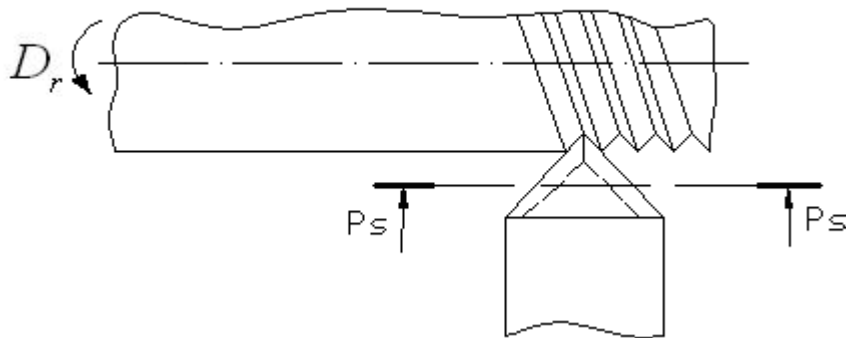
Звідси значення кінематичного заднього кута (для даного випадку поперечна січна площина збігається з робочою площиною)

$$\alpha_{k \text{ поп}} = \alpha_{c \text{ поп}} - \eta. \quad (1.9)$$



б

а



η – кут швидкості різання;

а – схема різання різи;

б – розгорнення траєкторії точки різальної кромки різця

Рисунок 1.1- Зміна кутів різця в процесі різання

Для визначення головних задніх кутів, які вимірюються в головній січній площині, необхідно знайти між ними відповідні співвідношення. Для цього розглянемо три перерізи різця (рис.1.2).

Співвідношення між головним заднім кутом α_N і заднім кутом у поперечному перерізі $\alpha_{\text{поп}}$ визначається за наступними формулами:

$$\text{tg } \alpha_{\text{поп}} = ab/ac ; \text{tg } \alpha_N = ae/ac ; \quad (1.10)$$

$$\text{tg } \alpha_N / \text{tg } \alpha_{\text{поп}} = ae/ab = \sin \varphi ; \quad (1.11)$$

$$\text{tg } \alpha_N = \text{tg } \alpha_{\text{поп}} \sin \varphi . \quad (1.12)$$

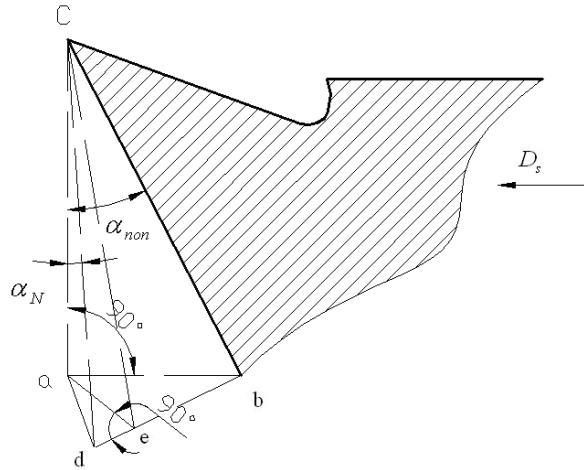


Рисунок 1.2 – Переріз різця

Можна припустити, що й між кутами підйому гвинтової лінії τ у поперечному й нормальному перерізах буде спостерігатися подібне співвідношення, тобто

$$\operatorname{tg} \eta = \operatorname{tg} \eta \sin \varphi. \quad (1.13)$$

Тоді кінематичний головний задній кут

$$\alpha_{K_N} = \alpha_{C_N} - \operatorname{arctg} [(S / \pi D) \sin \varphi]. \quad (1.14)$$

Кінематичний головний передній кут

$$\gamma_{K_N} = \gamma_{C_N} + \operatorname{arctg} [(S / \pi D) \sin \varphi]. \quad (1.15)$$

Для різьбового різця, призначеного для нарізування метричної різі, характерні розміри, установлені ГОСТ 8724-81 і ГОСТ 24705-81. Кут профілю різі, а виходить, і головний кут у плані, – $\varphi = 60^\circ$. Крок різі P_p дорівнює подачі інструмента, а відповідно до позначення М10 – це різь з великим кроком і номінальним значенням зовнішнього діаметра D , який дорівнює 10 мм. Для даного діаметра за ГОСТ 8724-81 визначаємо крок $P_p=1,5$ мм, відповідно, і подачу $S = 1,5$ мм/об.

Визначаємо α_{K_N} й γ_{K_N} при зовнішньому діаметрі різі зі співвідношень (1.14) і (1.15):

$$\alpha_{K_N} = 15^\circ - \operatorname{arctg}[(1,5 / 3,14 \cdot 10) \sin 60^\circ] = 15^\circ - \operatorname{arctg} 0,041 = 12,3^\circ;$$

$$\gamma_{K_N} = 2^\circ + \operatorname{arctg}[(1,5 / 3,14 \cdot 10) \sin 60^\circ] = 2^\circ + \operatorname{arctg} 0,041 = 4,7^\circ.$$

Для того щоб відповісти на запитання, де цей кут більше, необхідно знайти співвідношення між зовнішнім і внутрішнім діаметрами різі.

Для кроку $P_p = 1,5$ мм внутрішній діаметр.

$$D_1 = D - 2 \times 0,376 = 8,376 \text{ мм.}$$

Тоді у внутрішнього діаметра

$$\alpha_{K_N} = 15^\circ - \arctg[(1,5/3,14 \cdot 8,376) \sin 60^\circ] = 15^\circ - 2,8^\circ = 12,2^\circ;$$

$$\gamma_{K_N} = 2^\circ + \arctg[(1,5/3,14 \cdot 8,376) \sin 60^\circ] = 2^\circ + 2,8^\circ = 4,8^\circ.$$

Відповідь: при зовнішньому діаметрі різі головний задній кут більше ($\alpha_{K_N} = 12,3^\circ$), а головний передній кут менше ($\gamma_{K_N} = 4,7^\circ$), ніж при внутрішньому діаметрі різі ($\alpha_{K_N} = 12,2^\circ$; $\gamma_{K_N} = 4,8^\circ$).

Завдання 1.1 (для самостійного рішення). Визначити кінематичні головні кути α_k й γ_k у різьбового різця при нарізуванні різі, позначення яких наведено в таблиці 1.1. Де ці кути більші – при зовнішньому або внутрішньому діаметрі різі?

Таблиця 1.1 - Вихідні дані до завдання 1.1

Номер варіанта	1, 2	3, 4, 5	6, 7	8, 9, 10	11, 12	13, 14, 15	16, 17, 18	19, 20, 21	22	23, 24, 25
Позначення різі	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M30	M36	M36	M42
α° , град	8	8, 9	8, 9	9, 10, 10	10, 11	10, 11, 12	12, 13, 14	14, 15, 15	16	15, 16, 17
γ° , град	0, 1	0, 1, 2	1, 2	1, 2, 0	3, 4	1, 2, 5	5, 6, 7	8, 7, 6	7	6, 7, 9
Крок різі, мм	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,5	4,0	4,0	4,5
Висота профілю, мм	1,093	1,358	1,624	1,894	2,165	2,706	3,789	4,330	4,330	4,771

Типове завдання 2

На токарному верстаті з ЧПУ обробляється криволінійний контур деталі. Процес різання здійснюється різцем, оснащеним тригранною непереточуваною пластиною. Величина подачі $s = 0,2$ мм/об, глибина різання $t = 2,0$ мм. Статичні кути в плані дорівнюють $\varphi = 100^\circ$, $\varphi_I = 20^\circ$. Покажіть у точках обробки криволінійного контуру напрямки руху подачі й розрахуйте кінематичні кути в плані в цих точках. Укажіть точки на криволінійному контурі, де товщина, ширина зрізу й теоретичне значення шорсткості будуть мати граничні максимальні й мінімальні значення. Розрахувати площу перетину зрізу в цих точках і зробити висновки.

Вирішення завдання 2

На відміну від верстатів з ручним керуванням, криволінійний контур, оброблюваний на верстатах з ЧПУ, характеризується постійно змінюючою своє положення робочою площиною P_S , у якій перебуває вектор подачі D_S .

У точці B статичні (інструментальні) і кінематичні кути в плані будуть рівні (рис.1.3):

$$\varphi_{C_B} = \varphi_{K_B} = 100^\circ; \quad \varphi_{1_{CB}} = \varphi_{1_{KB}} = 20^\circ.$$

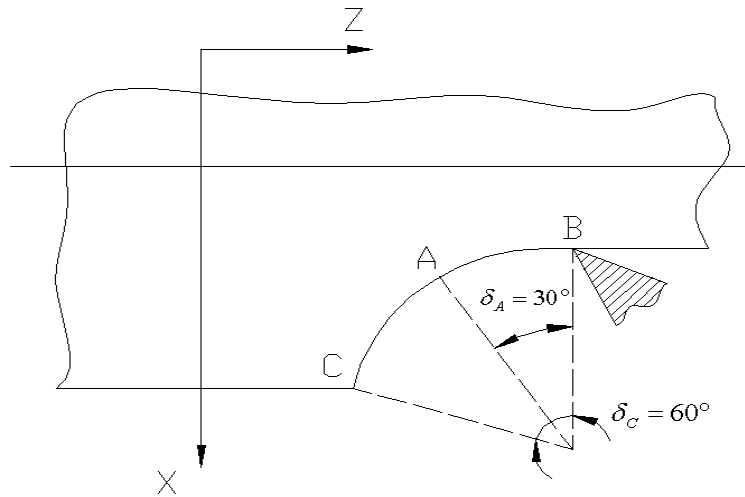


Рисунок 1.3 - Ескіз контуру обробки

У точках A і C за рахунок зміни положення D_S і P_S кути будуть змінюватися на кут підйому δ (рис.1.4):

$$\varphi_{K_A} = \varphi_{C_A} - \delta = 100^\circ - 30^\circ = 70^\circ;$$

$$\varphi_{1_{KA}} = \varphi_{1_{CA}} + \delta = 20^\circ + 30^\circ = 50^\circ;$$

$$\varphi_{K_C} = \varphi_{C_C} - \delta = 100^\circ - 60^\circ = 40^\circ;$$

$$\varphi_{1_{KC}} = \varphi_{1_{CC}} + \delta = 20^\circ + 60^\circ = 80^\circ.$$

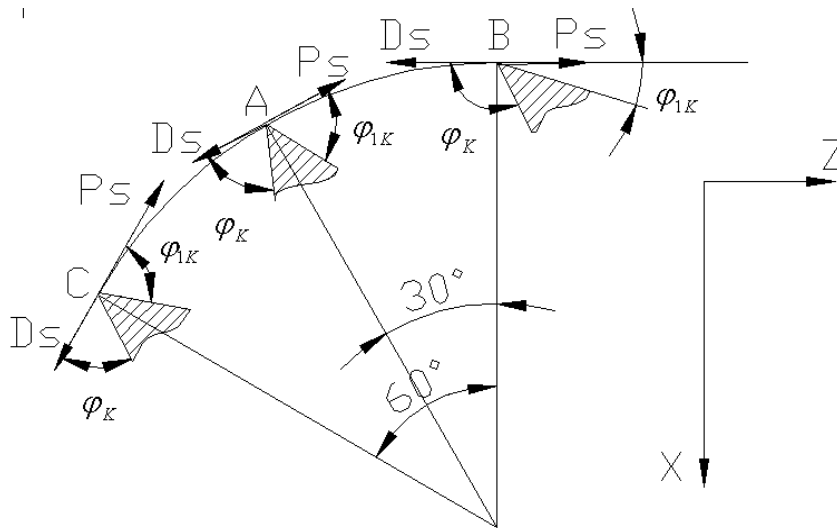


Рисунок 1.4 - Обробка ділянок підйому деталі

При цьому їхня сума залишається постійною:

$$\varphi_K + \varphi_{1K} = 120^\circ.$$

Товщина a і ширина b шару, що зрізується у точках A , B і C :

$$a_B = s \sin \varphi_{KB} = 0,2 \sin 100^\circ = 0,197 \text{ мм};$$

$$a_A = s \sin \varphi_{KA} = 0,2 \sin 70^\circ = 0,180 \text{ мм};$$

$$a_C = s \sin \varphi_{KC} = 0,2 \sin 40^\circ = 0,129 \text{ мм};$$

$$b_B = t / \sin \varphi_{KB} = 2,0 / \sin 100^\circ = 2,03 \text{ мм};$$

$$b_A = t / \sin \varphi_{KA} = 2,0 / \sin 70^\circ = 2,15 \text{ мм};$$

$$b_C = t / \sin \varphi_{KC} = 2,0 / \sin 40^\circ = 3,11 \text{ мм}.$$

Теоретичне значення шорсткості в точках:

$$R_{ZB} = \frac{s \sin \varphi_{KB} \sin \varphi_{1KB}}{\sin(\varphi_{KB} + \varphi_{1KB})} = \frac{0,2 \sin 100^\circ \sin 20^\circ}{\sin(100^\circ + 20^\circ)} = 0,077 \text{ мкм};$$

$$R_{ZA} = \frac{s \sin \varphi_{KA} \sin \varphi_{1KA}}{\sin(\varphi_{KA} + \varphi_{1KA})} = \frac{0,2 \sin 70^\circ \sin 50^\circ}{\sin(70^\circ + 50^\circ)} = 0,136 \text{ мкм};$$

$$R_{ZC} = \frac{s \sin \varphi_{KC} \sin \varphi_{1KC}}{\sin(\varphi_{KC} + \varphi_{1KC})} = \frac{0,2 \sin 40^\circ \sin 80^\circ}{\sin(40^\circ + 80^\circ)} = 0,146 \text{ мкм}.$$

Площа перерізу зрізу в точках:

$$F_B = a_B b_B = 0,399 \text{ мм}^2;$$

$$F_A = a_A b_{AB} = 0,400 \text{ мм}^2;$$

$$F_C = a_C b_C = 0,401 \text{ мм}^2.$$

Відповідь: максимальне значення шорсткості й площі перерізу зрізу буде в точці *C*, мінімальне – у точці *B*.

Завдання 1.2 (для самостійного рішення) На токарному верстаті з ЧПУ обробляється криволінійний контур деталі. Процес різання здійснюється різцем, оснащеним тригранною непереточуваною пластиною. Геометричні параметри й режими різання наведені в таблиці 2. Покажіть у точках обробки криволінійного контуру напрямки руху подачі й розрахуйте кінематичні кути в плані в цих точках. Укажіть точки на криволінійному контурі, де товщина, ширина зрізу й теоретичних значень шорсткості будуть мати граничні максимальні й мінімальні значення. Розрахувати площу перерізу зрізу в цих точках і зробити висновки. Вихідні дані взяти з таблиці 1.2.

Зміст звіту

- 1 Умова й вихідні дані завдання 1.1 і 1.2.
- 2 Розрахункові формули до завдання 1 і ескіз обробки.
- 3 Результати розрахунку й висновки з завдання 1.
- 4 Умова й вихідні дані завдання 2.
- 5 Розрахункові формули до завдання 2 і ескіз контуру обробки.
- 6 Результати розрахунку й висновки з завдання 2.

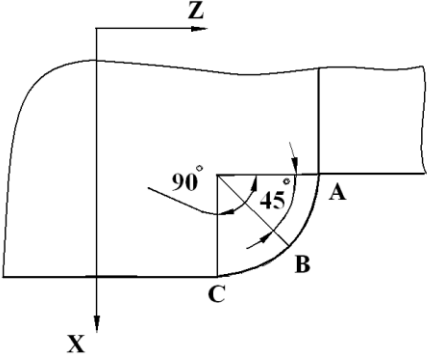
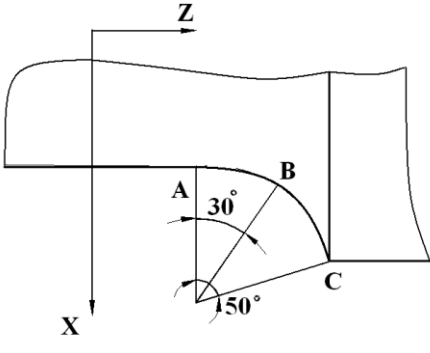
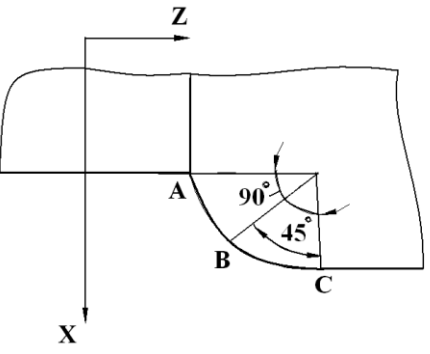
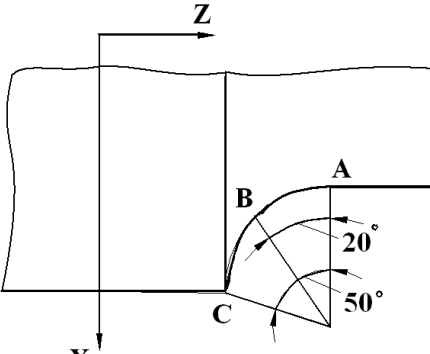
Контрольні запитання

- 1 Як відрізняються статичні передній і задній кути від кінематичних?
- 2 Як визначити теоретичну шорсткість обробленої поверхні?
- 3 Як визначити фактичні (кінематичні) кути в різьбового різця при нарізуванні різі?
- 4 Як змінюються статичні кути в плані при обробці криволінійного контуру?
- 5 Дайте визначення статичного переднього й заднього кутів.
- 6 В якій площини вимірюють статичні передній і задній кути?
- 7 Дайте визначення статичного головного кута в плані.
- 8 В якій площини вимірюють статичний головний кут у плані?
- 9 Як визначити товщину й ширину шару, що зрізується?
- 10 Дайте визначення статичної робочої площини.
- 11 Дайте визначення статичної площини різання.
- 12 Дайте визначення статичної основної площини.

13 Дайте визначення статичної головної січної площини.

14 Який кут вимірюють у площині різання?

Таблиця 1.2 - Вихідні дані до завдання 1.2

Ескіз контуру	Номер варіанта	Кути в плані		Режими різання	
		φ^0	φ^{0_1}	S, мм/об	t, мм
	1	90	30	0,20	2,0
	2	93	27	0,10	3,0
	3	95	25	0,15	2,5
	4	100	20	0,15	2,0
	5	110	10	0,30	1,0
	6	105	15	0,20	2,5
	7	90	30	0,10	3,0
	8	93	27	0,15	2,0
	9	95	25	0,20	2,0
	10	100	20	0,30	1,0
	11	105	15	0,20	2,0
	12	110	10	0,15	2,5
	13	90	30	0,20	2,0
	14	93	27	0,10	3,0
	15	95	25	0,15	2,0
	16	100	20	0,10	2,0
	17	105	15	0,20	2,0
	18	110	10	0,20	1,5
	19	90	30	0,20	2,0
	20	93	27	0,15	2,0
	21	95	25	0,10	3,0
	22	100	20	0,20	2,0
	23	105	15	0,15	1,5
	24	110	10	0,10	2,0

2 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Практичне заняття 2

Мета роботи: для заданих умов обробки визначити режим різання, що враховує можливості верстата й інструмента, а також виконання технічних вимог на виготовлення деталі, що забезпечує високу продуктивність обробки.

Вихідні дані взяти з таблиць 2.1...2.5.

2.1 Стислі теоретичні відомості

Зараз розроблені й широко застосовуються два рівноцінних методи розрахунку елементів режиму різання: метод розрахунку режимів різання за технологічною подачею й метод перевірок.

Відповідно до методу розрахунку з технологічної подачі спочатку вибирають: тип і модель верстата; визначають глибину різання; вибирають тип і характеристику різального інструменту; вибирають технологічно припустиму подачу, під якою розуміють мінімальну з подач, визначених за лімітуючими факторами (шорсткістю обробленої поверхні, міцністю пластини твердого сплаву, міцністю державки різця, точністю обробки й міцністю механізму подач верстата). Далі розраховують швидкість різання, головну складову сили різання P_Z , потужність різання, основний технологічний (машинний) час і виконують перевірку за потужністю приводу верстата.

Відповідно до методу перевірок спочатку вибирають тип і модель верстата, глибину різання, тип і характеристику різального інструменту, а потім значення подачі за більш важливим лімітуючим фактором, яким, як правило, є шорсткість обробленої поверхні. Далі визначають швидкість різання, складові сили різання P_Z , P_Y і P_X , потужність різання. Після цього виконують перевірки режимів різання за всіма лімітуючими факторами. Якщо розрахункові значення параметрів будуть більше припустимих лімітуючих факторів, роблять коректування елементів режиму різання.

2.2 Порядок розрахунку режиму різання

Розрахунок режиму різання при точінні здійснюють у наступній послідовності:

- вибір устаткування;
- визначення глибини різання;
- вибір різального інструменту;
- вибір величини подачі;
- перевірка подачі за лімітуючими факторами;
- розрахунок швидкості різання;
- розрахунок ефективної потужності різання;
- визначення коефіцієнта використання верстата за потужністю;

- розрахунок крутного моменту на шпинделі верстата;
 - розрахунок основного технологічного (машинного) часу.
- Алгоритм розрахунків наведений на рисунку 2.1.

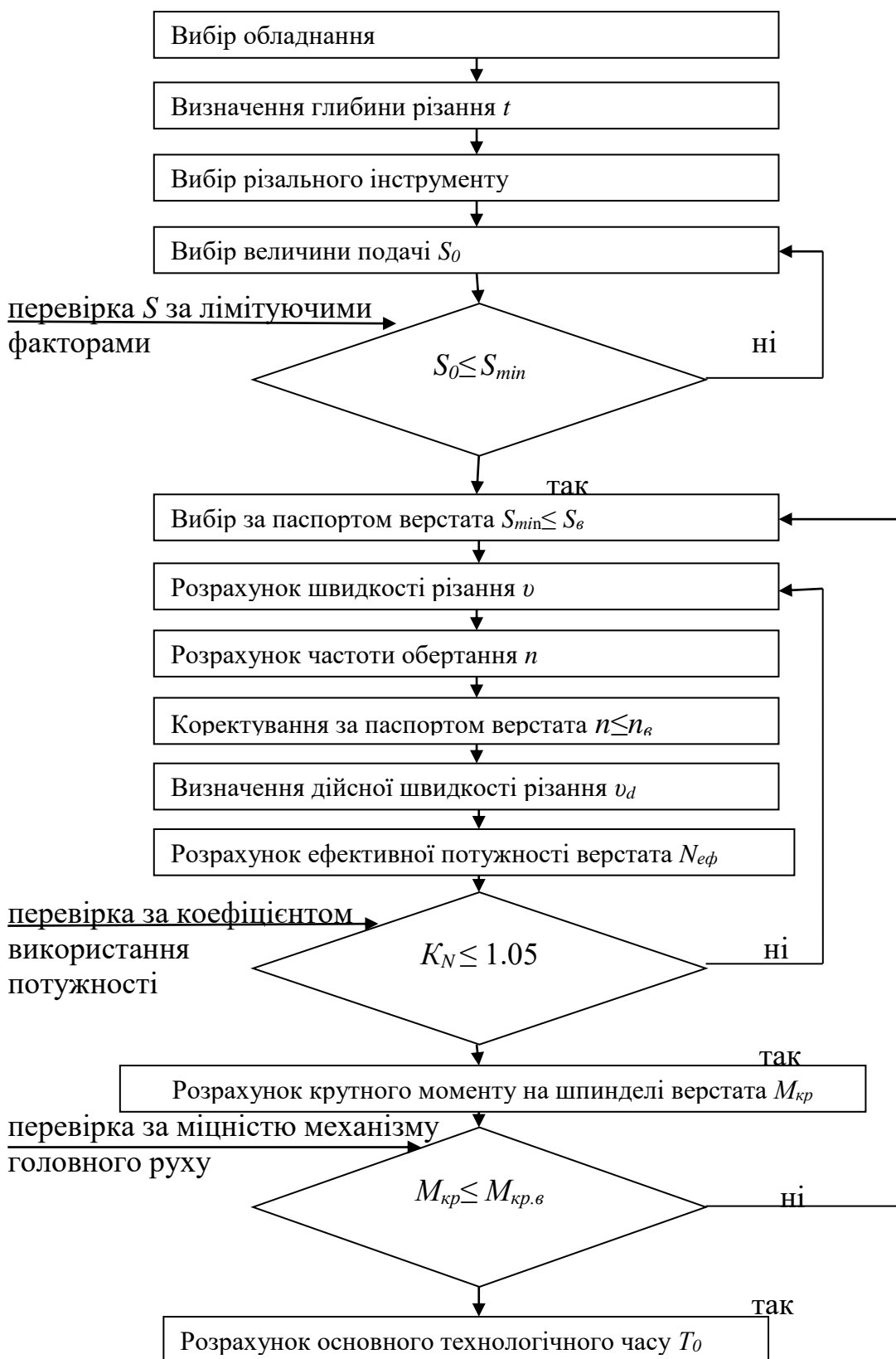


Рисунок 2.1 – Алгоритм розрахунку режиму різання при чорновому точінні

2.2.1 Вибір устаткування

Модель верстата вибирають залежно від габаритних розмірів оброблюваної деталі з урахуванням вимог, висунутих до точності обробки і якості обробленої поверхні. Модель верстата вибирають за таблицями [1, табл.9, с.15; 2, табл.10, с.19; 3, табл.9, с.21; додаток В]. Необхідно вибрати основні паспортні дані верстата: частоту обертання шпинделя; таблицю подач; потужність двигунів приводу головного руху й приводу подач; припустимі значення крутних моментів на шпинделі для різних частот його обертання; силу, припустиму міцністю механізму подачі верстата; коефіцієнт корисної дії; розміри державок застосовуваних різців НхВ.

Тип верстата вибирають залежно від виду обробки й типу виробництва. Для індивідуального, дрібносерійного й серійного виробництва бажано вибрати універсальне устаткування. Для крупносерійного й масового типів виробництв необхідно застосовувати верстати-автомати й напівавтомати, агрегатні й багаторіздцеві верстати, а також спеціальні верстати.

2.2.2 Вибір глибини різання

Глибину різання призначають залежно від величини припуску на обробку, шорсткості обробленої поверхні й виду обробки. При чорновій обробці ($R_z \geq 40$ мкм) глибину різання беруть рівною припуску на обробку. У цьому випадку глибину різання визначають за формулою (при поздовжньому точінні)

$$t = h = \frac{D_3 - D_\partial}{2}, \quad (2.1)$$

де h – припуск на обробку, мм;
 D_3 – діаметр заготовки, мм;
 D_∂ – діаметр деталі, мм.

При поперечному точінні

$$t = h = L_3 - L_\partial, \quad (2.2)$$

де L_3 – довжина заготовки, мм;
 L_∂ – довжина деталі, мм.

При відрізанні

$$t = b, \quad (2.3)$$

де b – ширина різальної кромки відрізного різця, мм.

При напівчистовій обробці ($R_z < 40$ мкм, але $R_a \geq 2,5$ мкм) і припуску $h > 2$ мм обробку роблять за два проходи. Для першого проходу

беруть $t=(2/3...3/4)h$, для другого – $t = (1/2...1/4)h$. При $h < 2$ мм напівчистову обробку роблять за один прохід.

При чистовій обробці $R_a < 2,5$ мкм обробку здійснюють за два, а іноді й за три проходи ($R_a < 0,63$ мкм). Розподіл припуску здійснюють, як і при напівчистовій обробці, при будь-якому значенні h . Подальший розрахунок режиму різання роблять для чорнового проходу аналітичним методом. Для чистового проходу елементи режиму різання призначають за таблицями нормативів режимів різання.

Для таких маломіцних інструментальних матеріалів, як різальна кераміка й синтетичні надтверді матеріали, глибина різання не повинна перевищувати значень, що рекомендуються у додатку А (табл. А1...А5).

2.2.3 Вибір різального інструменту

Матеріал різальної частини інструмента вибирають залежно від оброблюваного матеріалу і його фізико-механічних властивостей, характеру обробки й припуску, типу застосовуваного устаткування, глибини різання. При цьому необхідно прагнути до застосування інструментальних матеріалів, що допускають більші швидкості різання, таких, як тверді сплави зі зносостійкими покриттями, різальна кераміка, синтетичні надтверді матеріали.

Марку інструментального матеріалу вибирають за рекомендаціями, наведеними у додатку А (табл. А1...А5).

Тип різця й розміри державки вибирають залежно від виду обробки, типорозміру верстата, габаритних розмірів оброблюваної деталі, характеру обробки й припуску, матеріалу різальної частини інструмента за таблицями [1, табл.4...39, с.119...136; 2, табл.15...17, с.163...170; 3, табл.3, с.180...185]. Перевагу варто віддавати збірним різцям з механічним кріпленням змінних багатогранних пластин. Рекомендації з вибору конструкцій збірних різців наводяться в додатку Б.

Студент повинен виконати ескіз обраного різця у двох проекціях і переріз вузла кріплення, показати складові частини різця й основні розміри.

Вибір геометричних параметрів різця включає вибір форми передньої поверхні й визначення значень його геометричних параметрів. Форму передньої поверхні різця вибирають за таблицями [2, табл.29, с.187] залежно від матеріалу різальної частини інструмента, матеріалу оброблюваної деталі та його межі міцності, а також залежно від жорсткості й вібростійкості технологічної системи (верстат – пристосування – інструмент – деталь).

Чисельні значення кутів різця вибирають за таблицями [2, табл.30...34, с.188...191; додаток Г, табл. Г.1, Г.2], залежно від властивостей оброблюваного матеріалу, виду обробки й матеріалу різальної частини інструмента.

2.2.4 Вибір величини подачі

Величину подачі S визначають за формулою

$$S = S_0 K_{us}, \quad (2.4)$$

де S_0 – нормативне значення подачі, мм/об;

K_{us} – поправковий коефіцієнт на подачу, що залежить від марки інструментального матеріалу (додаток А, табл. А6...А10).

Величину нормативної подачі S_0 для чорнової обробки вибирають за таблицею чорнових подач залежно від глибини різання й діаметра заготовки [1, табл. 11...16, с.266...269; 2, табл.2...6, с.418...421; 3, табл.11...16, с.364...367].

Перевіряємо обране значення подачі.

а) Перевіряємо подачу, виходячи з міцності різця. Необхідно забезпечити справедливість нерівності

$$P_Z \leq P_{Zp}, \quad (2.5)$$

де P_Z – головна складова сили різання, Н;

P_{Zp} – сила різання, яку допускає міцність різця. Силу різання P_Z визначають за формулою

$$P_Z = 9,8 C_{Pz} t^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} v^{n_{Pz}} k_{Pz}, \quad (2.6)$$

де C_{Pz} – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

v – швидкість різання, м/хв;

x_{Pz} , y_{Pz} , n_{Pz} – показники ступеня, відповідно, при глибині, подачі й швидкості різання;

k_{Pz} – загальний поправковий коефіцієнт.

Значення C_{Pz} , x_{Pz} , y_{Pz} , n_{Pz} знаходять за таблицями [1, табл. 22, с. 273; 2, табл. 20, с. 429; 3, табл. 22, с. 372]. Швидкість різання беруть попередньо $v=60$ м/хв.

Силу, яку допускає міцність різця, визначають за формулою

$$P = \frac{[\sigma_u] W}{l}, \quad (2.7)$$

де $[\sigma]$ – напруга, що допускається на згин матеріалу державки різця: $[\sigma_u]=2400$ МПа для сирової сталі марок 45 і 40Х; $[\sigma_u]=4000$ МПа – для загартованої сталі;

W – момент опору перерізу державки різця, $мм^3$:

– для державки прямокутного перерізу, $W = \frac{BH^2}{6}$;

– для державки квадратного перерізу, $W = \frac{H^3}{6}$;

– для державки круглого перерізу, $W = 0.1d^3$;

l – виліт різця. $l = 1,5H$ – при зовнішньому точінні; $l = [L\delta + (5...10 мм)]$ – при розточуванні; $l = [D\delta/2 + (5...10) мм]$ – при відрізання.

б) Перевіряємо подачу, виходячи із жорсткості різця. Необхідно забезпечити наступну умову:

$$P_z \leq P_{zж}, \quad (2.8)$$

де $P_{zж}$ – сила різання, яку допускає жорсткість різця.

$$P_{zж} = \frac{3EI[f]}{l^3}, \quad (2.9)$$

де E – модуль пружності матеріалу державки різця,

$E = 2 \cdot 10^5, Н / мм^2$ – для сталі;

I – момент інерції перерізу державки різця, $мм^4$:

– для прямокутного перерізу державки, $I = \frac{BH^3}{12}$;

– для квадратного перерізу, $I = \frac{H^4}{12}$;

– для круглого перерізу, $I = 0.05d^4$;

$[f]$ – величина прогину вершини різця, що допускається, мм;

$[f] = 0,1 мм$ – при чорновому точінні;

$[f] = 0,05 мм$ – при чистовому точінні;

l – виліт різця, мм.

в) Перевіряємо подачу, виходячи із жорсткості деталі:

$$P_y \leq P_{yж}, \quad (2.10)$$

де P_y – радіальна складова сили різання, $P_y = (0,4... 0,6) P_z$;

$P_{yж}$ – радіальна сила, яку допускає жорсткість деталі:

– при установці деталі в центрах

$$P_{yж} = [f_0] \frac{70EI}{L^3}; \quad (2.11)$$

– при установці деталі в патроні й підтисненні центром

$$P_{ужс} = [f_{\delta}] \frac{130EI}{L^3} ; \quad (2.12)$$

– при закріпленні деталі в патроні

$$P_{ужс} = [f_{\delta}] \frac{3EI}{L^3} , \quad (2.13)$$

де $[f_{\delta}]$ – припустима стріла прогину деталі, мм;

($[f_{\delta}] = 0,25 \Delta$, де Δ – поле допуску на дану операцію);

E – модуль пружності:

– для сталі, $E = 2 \cdot 10^5, H / мм^2$;

– для чавуну, $E = 1.55 \cdot 10^5, H / мм^2$;

I – момент інерції поперечного перерізу деталі, мм:

$$I = 0,5D^4 ;$$

L – довжина деталі (заготовки), мм.

г) Перевіряємо подачу, виходячи з міцності пластини твердого сплаву:

$$P_Z \leq P_{Znl} , \quad (2.14)$$

де P_{Znl} – сила різання, яку допускає міцність пластини твердого сплаву.

$$P_{Znl} = 333,2t^{0,77} C^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8} , \quad (2.15)$$

де C – товщина пластини твердого сплаву:

$C = 4,76$ мм – для різців з перерізом державки 20x20; 25x25 мм;

$C = 8,35$ мм – для різців з перерізом державки 29x25; 33x32 мм;

$C = 7,94$ мм – для різців з перерізом державки 40x40 мм.

д) Перевіряємо подачу, виходячи з міцності механізму подачі верстата:

$$P_Z \leq 2P_{Хв} , \quad (2.16)$$

де $P_{Хв}$ – сила, яку допускає міцність механізму подачі верстата (паспортна величина).

Якщо результати перевірок незадовільні, необхідно зменшувати значення подачі. Коректуємо подачу S за паспортом верстата, взявши найближчу меншу або рівну їй величину (допускається перевищення не більше 5%).

2.2.5 Розрахунок швидкості різання

Швидкість різання визначається за формулою

$$V = \frac{C_v}{T^m x_v S^{y_v}} k_v, \quad (2.17)$$

де C_v , m , x_v , y_v – значення постійного коефіцієнта й показників ступеня. Вибирають за таблицями [1, табл.17, с. 269...270; 2, табл.8, с.422...423; 3, табл.17, с.367...368] залежно від умов обробки;

k_v – поправковий коефіцієнт на швидкість різання, що враховує задані умови обробки:

$$k_v = k_{m_v} k_{n_v} k_{u_v} k_{\varphi_v} k_{\varphi_{1v}} k_{\gamma_v} k_{q_v} k_{\sigma_v}. \quad (2.18)$$

Значення поправкових коефіцієнтів вибирають за таблицями [1, табл.1...10,18, с.261...271; 2, табл.9...17, с. 424...427; 3, табл. 17, с. 364...368].

T – період стійкості різця, хв. Значення T вибирають за таблицями [1, с.268; 2, с.415; 3, табл.1...8 і 18, с.358...369].

Тут треба зазначити, що в роботах [1] і [2] поправковий коефіцієнт k_{uv} , що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, наводиться тільки для традиційних марок інструментальних матеріалів і враховує вкрай обмежену кількість умов експлуатації різального інструменту (групу оброблюваних матеріалів). Тому зазначений поправковий коефіцієнт рекомендується вибирати за таблицями А6...А10 додатка А. Рекомендації охоплюють як традиційні марки інструментальних матеріалів, так і сучасні інструментальні матеріали (тверді сплави із дрібнозернистою й особливодрібнозернистою структурою, тверді сплави зі зносостійкими покриттями, тверді сплави групи МС, виготовлені за технологією шведської фірми «Sandvik Coromant», різальну кераміку, синтетичні надтверді матеріали). Крім групи оброблюваного матеріалу рекомендації враховують також характер обробки й припуску, тип застосовуваного устаткування, глибину різання.

Визначають частоту обертання шпинделя (xv^{-1}):

$$n = \frac{1000v}{\pi D}. \quad (2.19)$$

Отримане значення n коректують за паспортом верстата, приймаючи найближче менше значення $n_e \leq n$, після чого визначають дійсну швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D n_{\partial}}{1000} \cdot \quad (2.20)$$

2.2.6 Розрахунок ефективної потужності різання

Ефективну потужність різання (кВт) визначають за формулою

$$N_e = \frac{P_Z v_{\partial}}{60 \cdot 1000} \cdot \quad (2.21)$$

2.2.7 Визначення коефіцієнта використання верстата за потужністю

$$K_N = \frac{N_e}{N_{\partial \partial} \eta}, \quad (2.22)$$

де $N_{\partial \partial}$ – потужність двигуна головного руху, кВт:

η – ККД верстата, $\eta=0,75 \dots 0 \dots 0,85$.

Якщо $K_N \geq 1,05$ (перевантаження буде перевищувати 5%), роблять коректування режимів різання за рахунок зменшення швидкості різання. У цьому випадку

$$v = \frac{60 \cdot 1020 N_{\partial \partial} \eta}{P_Z} \cdot \quad (2.23)$$

2.2.8 Розрахунок крутного моменту на шпинделі верстата

Розрахунок крутного моменту на шпинделі верстата виконують із метою перевірки його за максимальним значенням, яке допускається міцністю механізму головного руху.

Крутний момент різання $M_{кр.різ}$ повинен бути менше крутного моменту, який допускається міцністю механізму головного руху:

$$M_{кр.різ} \leq M_{кр.міц} \cdot \quad (2.24)$$

Крутний момент різання визначають за формулою

$$M_{кр.різ} = \frac{P_Z D}{2 \cdot 1000} \cdot \quad (2.25)$$

Крутний момент, який допускається міцністю механізму головного руху,

$$M_{кр.міц} = 9750 \frac{N_{дв} \eta}{n_{е min}}. \quad (2.26)$$

Якщо результати перевірки незадовільні, необхідно зменшити значення подачі.

2.2.9 Розрахунок основного технологічного (машинного) часу

Основний технологічний час (хв) для одного проходу розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{L'}{n_e S_e}, \quad (2.27)$$

де L' – довжина проходу інструмента за напрямком подачі, мм;

$$L' = L_{\partial} + l_{ер} + l_{пер}, \quad (2.28)$$

де L_{∂} – довжина деталі (оброблюваної поверхні), мм;

$l_{ер}$ – довжина шляху врізання, мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу інструмента, мм. Довжина перебігу дорівнює 1...2 мм.

$$l_{ер} = t \operatorname{ctg} \varphi + (1 \dots 2), \quad (2.29)$$

де φ – головний кут у плані, град.

2.3 Другий варіант розрахунку режиму різання

Розглянемо чорнове точіння твердосплавним інструментом, коли потужність верстата, міцність інструмента або жорсткість технологічної системи недостатні. При цьому не дотримуються або всіх рівнянь (2.4), (2.7), (2.9), (2.13), (2.15), або частини з них.

Припустимо, що не дотримується умова

$$P_Z > P_{Zp}.$$

Тоді визначаємо подачу, яку допускає міцність державки різця, з умови

$$9,8 C_{Pz} t^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} v^{n_{Pz}} k_{Pz} = \frac{[\sigma_{\dot{\epsilon}}] W}{l}.$$

Звідси

$$S = \left(\frac{[\sigma_{\dot{\epsilon}}] \cdot W}{9,8 C_{Pz} t^{x_{Pz}} v^{n_{Pz}} k_{Pz}} \right)^{\frac{1}{y_{Pz}}} \quad (2.30)$$

Аналогічно робимо при недотриманні кожного з перелічених рівнянь. У результаті одержуємо ряд величин подач. За основу беремо мінімальну подачу та коректуємо її за паспортом верстата.

У випадку недостатньої жорсткості деталі зменшують глибину різання, застосовуючи два або більше проходи.

Подальший порядок розрахунку режиму різання для другого варіанта чорнового точіння залишається колишнім.

2.4 Розрахунок режиму різання при напівчистовому й чистовому точінні

Спочатку вибираємо інструментальний матеріал і геометричні параметри різальної частини різця для напівчистового й чистового точіння за таблицями [1, табл.2, 3, с.115...118; 2, табл.5, 6, с.148...151, додаток А], тому що умови змінилися в порівнянні із чорновим точінням.

Далі режим різання визначають у наступній послідовності:

- визначають глибину різання;
- визначають подачу (подачу вибирають за таблицями [1, табл.11...16, с.266...269; 2, табл.2...6, с.418...421; 3, табл.14 і 19, с.366...369] залежно від шорсткості обробленої поверхні й виду обробки);
- коректують подачу за паспортом верстата;
- вибирають стійкість різця;
- розраховують швидкість різання;
- визначають частоту обертання шпинделя й коректують за паспортом верстата;
- визначають фактичну швидкість різання;
- перевіряють отриманий режим різання за ефективною потужністю, коефіцієнтом використання верстата, крутним моментом на шпинделі;
- визначають основний технологічний (машинний) час.

При послідовній чорновій, напівчистовій і чистовій обробці основний технологічний час визначають додаванням на різних переходах.

Зміст звіту

- 1 Ескіз обробки із вказівкою розмірів оброблюваної деталі.
- 2 Модель і технічні характеристики обраного верстата.
- 3 Вид, розміри, матеріал різальної частини, геометричні параметри й ескіз різального інструменту.
- 4 Розрахунок глибини різання.

5 Вибір величини подачі з виконанням всіх перевірок і коректуванням подачі за паспортом верстата.

6 Розрахунок швидкості різання й частота обертання заготовки з коректуванням за паспортом верстата.

7 Розрахунок потужності різання й коефіцієнта використання верстата за потужністю.

8 Розрахунок крутного моменту різання й моменту, який допускається міцністю механізму головного руху.

9 Розрахунок основного технологічного (машинного) часу.

10 Висновки.

Контрольні запитання

1 Назвіть порядок розрахунку режиму різання при точінні.

2 За якими критеріями перевіряють обрану величину подачі?

3 Як розрахувати швидкість різання й частоту обертання деталі?

4 Як розрахувати потужність різання?

5 Як розрахувати основний технологічний (машинний) час?

6 Які фактори впливають на вибір подачі?

7 Які фактори впливають на вибір швидкості різання?

8 Чим відрізняється середній період стійкості інструмента від повного?

9 Які правила вибору інструментального матеріалу?

10 Від яких факторів залежить потужність різання?

11 Який з елементів режиму різання впливає на силу різання?

12 Які фактори враховують при виборі поправкових коефіцієнтів на швидкість різання?

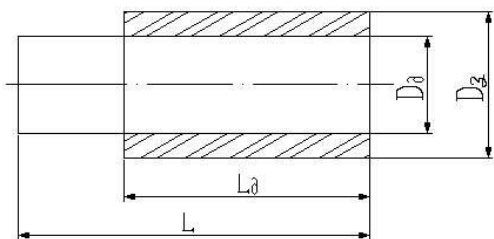
13 Які фактори враховують при виборі поправкових коефіцієнтів на силу різання?

14 Які фактори впливають на міцність державки різця?

15 Які фактори враховують при розрахунку крутного моменту різання й моменту, який допускається міцністю механізму головного руху?

16 Які фактори враховують при розрахунку основного технологічного часу?

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при обточуванні на прохід (заготовка, встановлена в центрах)

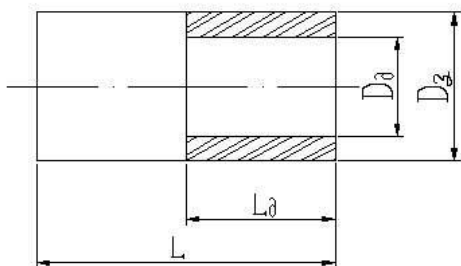


Варіант	Розміри заготовки й деталі, мм				Шорсткість поверхні, мкм	Заготовка		
	Dз	Dд	L	Lд		Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки й стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	138	130h7	550	400	Ra=3.2	Сталь 50	σ_{ϵ} =650МПа	Виливок з коркою
2	80	75h11	350	290	Rz=40	Сталь 12Н18Н9Т	σ_{ϵ} =550МПа	Прокат з коркою
3	95	90U7	480	400	Ra=1.6	Чавун СЧ15	НВ=190	Виливок без корки
4	60	57d9	620	550	Rz=20	Сталь Г13	σ_{ϵ} =800МПа	Виливок з коркою
5	180	172h8	450	350	Ra=1.25	Бр АЖ-4	НВ=120	Виливок без корки
6	160	156M9	480	420	Rz=40	ЛАЖ 60-1	НВ=110	Виливок з коркою
7	120	112h8	390	300	Ra=2.5	Сталь В8А	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат без кірки
8	90	84f9	460	390	Rz=10	ХН60ВТ	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат без корки
9	92	88d9	620	500	Rz=20	СЧ 24	НВ=220	Виливок без корки
10	140	135h7	550	480	Ra=1.25	Сталь ШХ 15	σ_{ϵ} =850МПа	Поковка з коркою
11	75	68h9	480	400	Ra=2.5	ЛМЦОС-38-2	НВ=110	Виливок без корки
12	86	76И9	680	500	Rz=20	Сталь ХВГ	σ_{ϵ} =800МПа	Прокат з коркою
13	150	146h11	450	400	Rz=80	Сталь 45	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат без корки
14	110	102f9	370	300	Rz=40	ВТ8	σ_{ϵ} =1100МПа	Поковка з коркою
15	95	88e8	490	420	Rz=20	ВЧ50-7	НВ=220	Виливок з коркою
16	160	154d7	550	500	Ra=1.25	Сталь ХВГ	σ_{ϵ} =800МПа	Прокат з коркою
17	120	115h9	620	550	Rz=40	ВТ3-1	σ_{ϵ} =950МПа	Поковка без корки

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	110	100f7	500	420	Ra=2.5	Сталь ХН35ВТЮ	σ_{ϵ} =900МПа	Прокат з коркою
19	100	92h8	700	600	Ra=1.25	СЧ21	НВ=200	Виливок без корки
20	45	43f9	480	420	Rz=40	Сталь 30ХГСА	σ_{ϵ} =800МПа	Прокат без корки
21	75	70U8	640	560	Ra=2.5	ВТ20	σ_{ϵ} =1100МПа	Поковка без корки
22	110	106h11	500	420	Rz=80	Сталь 45	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат з коркою
23	145	140h9	650	550	Rz=20	Сталь ХВГ	σ_{ϵ} =800МПа	Прокат з коркою
24	35	32f11	480	410	Rz=80	ЛС59-1Т	НВ=100	Виливок з коркою
25	120	112d8	720	650	Ra=1.25	Сталь 14Х17Н2	σ_{ϵ} =1200МПа	Прокат без корки
26	185	180h8	550	400	Ra=3.2	Сталь 50	σ_{ϵ} =650МПа	Виливок з коркою
27	30	28h11	270	200	Rz=80	Сталь 40Х	σ_{ϵ} =820МПа	Прокат з коркою
28	120	114f9	470	400	Ra=1.6	СЧ 15	НВ=190	Виливок без корки
29	106	100h9	490	400	Ra=1.25	Бронза АЖН-11-6-6	НВ=180	Виливок з коркою
30	110	104d9	620	500	Rz=20	Сталь 18ХА	σ_{ϵ} =850МПа	Прокат з коркою
31	75	70h8	490	370	Ra=3.2	Сталь 45	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат без корки
32	52	50h7	500	420	Ra=1.25	Ст5	σ_{ϵ} =550МПа	Прокат з коркою
33	35	32d8	350	300	Ra=2.5	Сталь ШХ 15	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат з коркою
34	160	155f9	460	350	Rz=20	СЧ 24	НВ=220	Виливок без корки
35	108	102h9	400	300	Rz=40	СЧ 21	НВ=220	Виливок з коркою
36	47	42f11	420	350	Rz=80	Сталь 20Х4	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат з кіркою
37	53	50f9	390	300	Ra=3.2	Сталь 45ХН	σ_{ϵ} =650МПа	Прокат без корки
38	157	150f8	470	400	Ra=3.2	СЧ 24	НВ=200	Виливок з коркою
39	128	120h9	450	370	Rz=40	СЧ 12	НВ=180	Виливок без корки
40	210	200h9	620	500	Rz=20	Сталь 40Х	σ_{ϵ} =850МПа	Прокат з коркою

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при обточуванні до упору (заготовка закріплена в патроні і притиснута заднім центром)

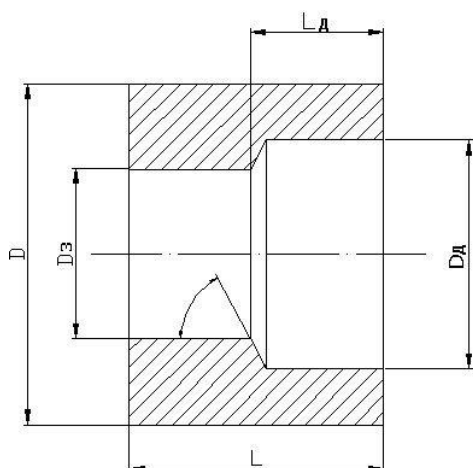


Варіант	Розміри заготовки й деталі, мм				Шорсткість поверхні, мкм	Заготовка		
	D _з	D _д	L	L _д		Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки й стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	130	125h7	360	250	Rz=80	СЧ 28	НВ=240	Виливок без корки
2	70	66h11	450	300	Ra=1.25	Сталь ХВГ	$\sigma_s=800$ МПа	Прокат без корки
3	62	58U7	480	350	Rz=40	Сталь 12Х18Н9Т	$\sigma_s=950$ МПа	Поковка з коркою
4	50	46d8	350	300	Ra=2.5	ЛМЦОС-38-2	НВ=110	Виливок з коркою
5	110	100e8	420	360	Rz=40	Сталь 50	$\sigma_s=650$ МПа	Поковка з коркою
6	85	78h8	520	420	Ra=2.5	Сталь Г13	$\sigma_s=900$ МПа	Виливок без корки
7	50	46f8	350	230	Ra=3.2	БрАЖ-9-4	НВ=120	Виливок з коркою
8	40	32f9	600	50	Rz=20	ЛАЖ60-1	НВ=110	Виливок без корки
9	130	122h7	380	320	Rz=80	Сталь У8А	$\sigma_s=750$ МПа	Прокат з коркою
10	140	135d7	300	200	Ra=1.25	Сталь ХН60ВТ	$\sigma_s=850$ МПа	Прокат без корки
11	160	155e8	520	400	Rz=20	СЧ 24	НВ=220	Виливок з коркою
12	105	97h11	400	320	Rz=80	ВТ8	$\sigma_s=1100$ МПа	Прокат з коркою
13	125	118f9	600	400	Ra=3.2	Сталь ШХ 15	$\sigma_s=900$ МПа	Поковка з коркою
14	95	90m9	480	350	Ra=1.25	СЧ 15	НВ=190	Виливок без корки
15	126	120h8	360	300	Rz=40	Сталь 45	$\sigma_s=750$ МПа	Прокат без корки
16	60	50d8	600	520	Rz=80	Сталь ХН77ТЮР	$\sigma_s=900$ МПа	Прокат з коркою

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	85	78h7	450	400	Ra=1.6	ВТ3-1	$\sigma_{\epsilon}=950\text{МПа}$	Поковка без корки
18	90	80d9	400	300	Rz=20	Сталь ХВГ	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Прокат без корки
19	100	96h8	300	240	Rz=40	ВТ20	$\sigma_{\epsilon}=1100\text{МПа}$	Прокат без корки
20	110	10d9	480	400	Ra=2.5	СЧ 21	НВ=200	Виливок без корки
21	85	80e8	270	200	Rz=40	Ст 3	$\sigma_{\epsilon}=650\text{МПа}$	Прокат з коркою
22	100	95d9	400	310	Ra=3.2	СЧ 28	НВ=220	Виливок з коркою
23	105	100f11	600	550	Rz=60	ЛС 59-1Т	НВ=100	Виливок з коркою
24	90	85h7	450	400	Ra=1.25	14Х17Н2	$\sigma_{\epsilon}=1200\text{МПа}$	Прокат без корки
25	85	82d8	400	320	Rz=20	ХН35ВТЮ	$\sigma_{\epsilon}=900\text{МПа}$	Прокат з коркою
26	95	90e8	270	200	Ra=3.2	Сталь 40Х	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Поковка з коркою
27	108	100h11	350	250	Rz=40	СЧ 18	НВ=190	Виливок з коркою
28	130	125d8	450	370	Ra=3.2	СЧ 21	НВ=200	Виливок без корки
29	60	58e9	300	200	Rz=40	Сталь 45	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат з коркою
30	50	44f9	350	250	Ra=2.5	Сталь 20	$\sigma_{\epsilon}=500\text{МПа}$	Прокат з коркою
31	74	70h7	290	180	Rz=80	Сталь 18ХА	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Поковка з коркою
32	92	85h8	450	250	Rz=40	Ст 5	$\sigma_{\epsilon}=550\text{МПа}$	Прокат без корки
33	155	145d8	480	280	Rz=80	СЧ 15	НВ=190	Виливок з кіркою
34	120	115e8	290	200	Rz=20	ЛМЦОС-38-2	НВ=110	Виливок без корки
35	36	34h9	350	300	Rz=40	Сталь ШХ 15	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Прокат з коркою
36	44	40f11	300	240	Ra=1.25	Сталь 38ХА	$\sigma_{\epsilon}=680\text{МПа}$	Прокат без корки
37	75	70h8	270	200	Ra=1.6	Сталь 50	$\sigma_{\epsilon}=650\text{МПа}$	Виливок з коркою
38	115	110d7	500	300	Rz=40	БрАЖ-9-4	НВ=140	Виливок з коркою
39	73	70e8	450	320	Ra=3.2	Сталь 40Х	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Прокат без корки
40	104	100u8	400	280	Ra=1.25	Сталь 45	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Поковка без корки

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при розточуванні до упору (заготовка закріплена в трикулачковому патроні; $D_1=1,5D_3$)

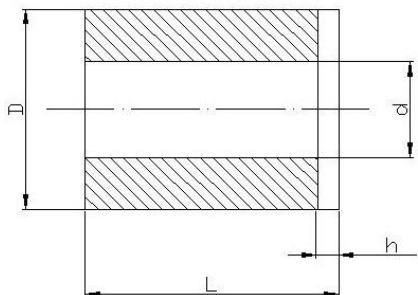


Варіант	Розміри заготовки й деталі, мм				φ, град	Шорсткість поверхні, мкм	Заготовка		
	D _д	D _з	L	L _д			Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки й стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	92Н8	88	100	60	60	Ra=2.5	Сталь ХН35ВТЮ	$\sigma_{\epsilon}=950\text{МПа}$	Прокат без корки
2	105D7	100	126	120	45	Ra=1.25	ВТ20	$\sigma_{\epsilon}=1100\text{МПа}$	Штамповка з коркою
3	120E8	116	160	100	90	Rz=80	Сталь У8А	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат без корки
4	85Н9	80	140	90	90	Ra=2.5	Сталь 50	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат з коркою
5	117Н8	110	145	80	45	Rz=40	СЧ28	НВ=200	Виливок без корки
6	95L7	87	140	80	75	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	НВ=110	Виливок з коркою
7	75Н9	70	130	90	45	Ra=1.25	Сталь 12Х18Н9Т	$\sigma_{\epsilon}=950\text{МПа}$	Прокат з коркою
8	80F8	74	160	120	90	Rz=20	Сталь ХВГ	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Штамповка з коркою
9	100Н11	92	180	220	75	Ra=2.5	Сталь ШХ15	$\sigma_{\epsilon}=900\text{МПа}$	Штамповка без корки
10	78D9	70	120	100	45	Rz=40	Сталь У8А	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат без корки
11	75F8	80	125	80	90	Rz=80	СЧ24	НВ=220	Виливок з коркою
12	130Н7	120	160	70	90	Ra=1.25	Сталь ХН60ВТ	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Виливок без корки
13	108D7	100	140	100	45	Rz=20	Сталь Ст 3	$\sigma_{\epsilon}=550\text{МПа}$	Прокат без корки
14	90Н7	83	126	85	60	Ra=2.5	СЧ15	НВ=190	Виливок з коркою
15	96U8	88	130	150	90	Rz=20	ВТ3-1	$\sigma_{\epsilon}=950\text{МПа}$	Поковка з коркою
16	66E7	60	150	130	45	Rz=80	ЛАЖ60-1	НВ=110	Виливок з коркою
17	82Н9	78	110	120	90	Ra=1.25	ВТ20	$\sigma_{\epsilon}=1100\text{МПа}$	Штамповка з коркою

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	94D8	88	150	105	75	Rz=40	Сталь 45	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат без корки
19	100D7	95	140	125	45	Rz=20	БрАЖ9-4	НВ=120	Виливок з коркою
20	115F9	108	160	150	60	Ra=2.5	Сталь ХН78Т	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Штамповка з коркою
21	130E8	120	170	95	45	Rz=40	СЧ21	НВ=200	Виливок без корки
22	80Н7	76	120	50	75	Ra=2.5	Сталь 14Х17Н2	$\sigma_{\epsilon}=1200\text{МПа}$	Прокат без корки
23	112D9	104	140	100	60	Ra=1.25	Сталь 40Х	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат з коркою
24	120F8	116	160	140	90	Rz=80	ЛС59-ІТ	НВ=100	Прокат без корки
25	130Н11	124	180	100	45	Rz=20	СЧ28	НВ=190	Виливок з коркою
26	36E7	34	100	100	90	Ra=3.2	Сталь 45	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Поковка з коркою
27	70D8	65	120	90	45	Ra=1.25	СЧ18	НВ=180	Виливок з коркою
28	110U7	104	125	150	60	Rz=40	Сталь ШХ15	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Поковка з коркою
29	40F9	38	65	110	45	Ra=2.5	Сталь Ст 5	$\sigma_{\epsilon}=550\text{МПа}$	Прокат без корки
30	82Н11	80	130	150	75	Rz=40	БрАЖ9-4	НВ=140	Виливок без корки
31	135E8	127	205	200	90	Rz=80	Сталь 20ХН	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Поковка без корки
32	44D9	40	90	90	45	Rz=20	СЧ21	НВ=180	Виливок з коркою
33	87Н9	80	140	125	90	Ra=3.2	Сталь ХВГ	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Поковка з коркою
34	76E8	70	90	150	75	Ra=1.6	БрАЖ9-4	НВ=120	Виливок без корки
35	52Н11	47	105	100	90	Rz=40	Сталь Ст 3	$\sigma_{\epsilon}=500\text{МПа}$	Виливок без корки
36	92D7	86	135	170	60	Rz=80	СЧ24	НВ=220	Виливок з коркою
37	117E8	110	190	220	75	Ra=2.5	СЧ15	НВ=190	Виливок без корки
38	56Н8	50	75	150	90	Rz=40	Сталь 40Х	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Прокат без корки
39	105Н7	100	230	200	75	Rz=20	Сталь ХВГ	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Поковка з коркою
40	60F9	55	90	150	90	Ra=3.2	Сталь 9ХС	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Прокат без корки

Таблиця 2.4 - Підрізування торця (заготовка закріплена в трикулачковому патроні за діаметром D)

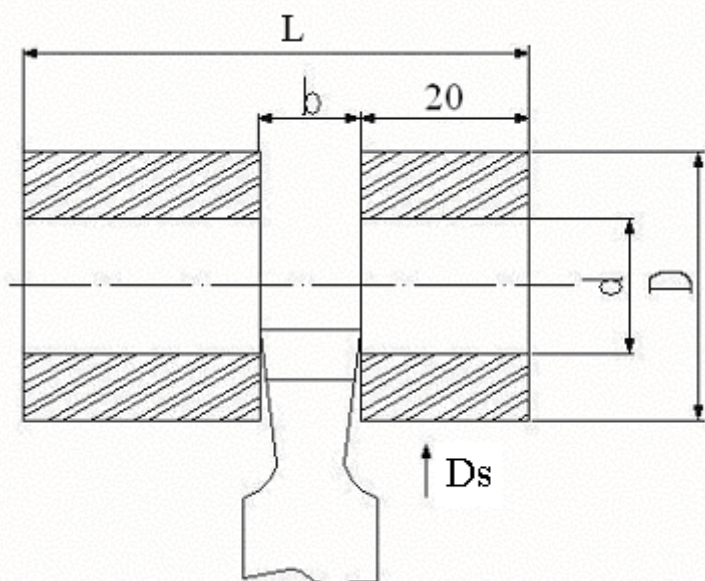


Варіант	Розміри заготовки й деталі, мм				Шорсткість поверхні, мкм	Заготовка		
	D	d	L	h		Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки й стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	105	35	80	4	Rz=20	Сталь 50	σ_{ϵ} =650МПа	Прокат без корки
2	140	80	80	2	Ra=2.5	ВТ8	σ_{ϵ} =1100МПа	Поковка з коркою
3	95	25	50	4	Ra=1.25	Сталь ХН35ВТЮ	σ_{ϵ} =900МПа	Прокат з коркою
4	85	25	70	6	Rz=40	СЧ28	НВ=200	Поковка без корки
5	112	40	60	5	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	НВ=110	Виливок з коркою
6	105	60	85	3	Ra=2.5	Сталь 12Х18Н9Т	σ_{ϵ} =950МПа	Прокат з коркою
7	60	10	65	4	Ra=2.5	Сталь ШХ15	σ_{ϵ} =900МПа	Штамповка без корки
8	110	60	85	4	Ra=1.25	Сталь ХВГ	σ_{ϵ} =800МПа	Штамповка з коркою
9	80	30	45	3	Rz=20	БрАЖ-9-4	НВ=120	Штамповка без корки
10	90	40	70	5	Rz=80	ЛАЖ60-1	НВ=110	Виливок з коркою
11	130	80	50	2	Ra=1.25	Сталь У8А	σ_{ϵ} =750МПа	Прокат без корки
12	100	50	80	4	Rz=40	СЧ24	НВ=220	Виливок з коркою
13	95	15	45	5	Rz=20	Сталь ХН60ВТ	σ_{ϵ} =850МПа	Поковка з коркою
14	80	20	50	4	Ra=2.5	СЧ15	НВ=190	Виливок з коркою
15	120	60	80	6	Ra=1.25	Ст 3	σ_{ϵ} =500МПа	Прокат без корки
16	78	10	60	4	Ra=1.25	ВТ3-1	σ_{ϵ} =950МПа	Поковка з коркою

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	90	20	50	2	Rz=80	ВТ20	$\sigma_{\epsilon}=1100\text{МПа}$	Штамповка з коркою
18	120	50	50	3	Ra=2.5	Сталь 45	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат без корки
19	105	30	60	3	Rz=40	Сталь ХВГ	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Штамповка з коркою
20	95	15	80	3	Rz=20	КЧ50-7	НВ=200	Виливок з коркою
21	110	70	60	5	Ra=1.25	ЛС59-1Т	НВ=220	Виливок без корки
22	92	30	45	3	Rz=80	Сталь 14Х17Н2	НВ=100	Прокат без корки
23	140	80	50	3	Rz=20	Сталь 40Х	$\sigma_{\epsilon}=1200\text{МПа}$	Прокат з коркою
24	115	60	65	6	Ra=2.5	Ст 3	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Прокат без корки
25	88	30	50	2	Ra=1.25	Сталь 45	$\sigma_{\epsilon}=500\text{МПа}$	Прокат з коркою
26	62	10	75	4	Rz=40	Сталь 20	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Штамповка з коркою
27	75	35	65	2	Ra=1.25	СЧ28	$\sigma_{\epsilon}=650\text{МПа}$	Штамповка без корки
28	132	40	80	5	Ra=2.5	СЧ21	НВ=200	Виливок з коркою
29	85	45	90	3	Rz=40	Сталь ХВГ	НВ=180	Виливок без корки
30	94	10	85	4,5	Rz=80	БрАЖ-9-4	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Поковка з коркою
31	180	50	50	2,5	Rz=20	Сталь 45	НВ=120	Виливок без корки
32	100	35	60	5	Ra=2.5	Сталь 40ХН	$\sigma_{\epsilon}=750\text{МПа}$	Прокат без корки
33	88	30	58	3	Ra=1.6	СЧ12	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Поковка з коркою
34	95	15	70	8	Ra=3.2	Сталь 18ХГН	НВ=160	Виливок з коркою
35	90	30	64	3	Rz=80	СЧ24	$\sigma_{\epsilon}=800\text{МПа}$	Поковка з коркою
36	65	20	85	4	Ra=3.2	Ст 3	$\sigma_{\epsilon}=550\text{МПа}$	Прокат без корки
37	80	40	95	3	Ra=2.5	Сталь 50	$\sigma_{\epsilon}=650\text{МПа}$	Виливок з коркою
38	120	55	75	4	Ra=1.6	Ст 3	$\sigma_{\epsilon}=500\text{МПа}$	Поковка без корки
39	130	45	70	3	Rz=40	Сталь 9ХС	$\sigma_{\epsilon}=850\text{МПа}$	Поковка з коркою
40	150	50	80	2	Rz=20	СЧ21	НВ=20	Виливок з коркою

Таблиця 2.5 - Вихідні дані для розрахунку режиму різання при відрізуванні деталі (заготовка закріплена в трикулачковому патроні)



Варіант	Розміри заготовки й деталі, мм				Шорсткість поверхні, мкм	Заготовка		
	D	d	L	b		Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки й стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	120	80	100	5	Rz=80	Сталь 40ХН	$\sigma_s=850\text{МПа}$	Прокат без корки
2	75	35	75	4	Rz=40	СЧ 21	НВ=200	Виливок з коркою
3	80	40	80	5	Rz=20	Сталь 14Х17Н2	$\sigma_s=1100\text{МПа}$	Прокат з коркою
4	90	50	130	4	Rz=80	ЛС59-1Т	НВ=100	Виливок з коркою
5	65	15	145	4	Rz=40	Сталь ШХ15	$\sigma_s=850\text{МПа}$	Прокат без корки
6	105	60	135	4	Rz=80	Сталь 35	$\sigma_s=650\text{МПа}$	Прокат без корки
7	140	50	140	5	Rz=40	Сталь 9ХС	$\sigma_s=800\text{МПа}$	Прокат з коркою
8	100	30	125	4	Rz=60	Сталь 45	$\sigma_s=750\text{МПа}$	Прокат без корки
9	125	45	145	4	Rz=80	ВТ20	$\sigma_s=900\text{МПа}$	Поковка з коркою
10	90	30	132	5	Rz=40	Сталь 65М	$\sigma_s=900\text{МПа}$	Прокат з коркою
11	50	0	140	4	Rz=40	ЛАЖ60-1	НВ=110	Виливок з коркою
12	40	0	130	4	Rz=60	ВТ8	$\sigma_s=950\text{МПа}$	Прокат без корки
13	55	25	125	3	Rz=40	Сталь 30ХГСА	$\sigma_s=800\text{МПа}$	Прокат з коркою

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	60	20	132	3	Rz=60	Д16Т	$\sigma_{\delta}=500\text{МПа}$	Прокат без корки
15	48	0	125	3	Rz=80	ХН78Т	$\sigma_{\delta}=800\text{МПа}$	Прокат з коркою
16	75	25	106	4	Rz=80	40Х	$\sigma_{\delta}=850\text{МПа}$	Поковка з коркою
17	82	32	115	5	Rz=40	СЧ21	НВ=220	Виливок з коркою
18	90	40	110	5	Rz=60	БрАж-9-4	НВ=120	Виливок з коркою
19	55	10	215	4	Rz=40	Ст 3	$\sigma_{\delta}=550\text{МПа}$	Прокат з коркою
20	70	20	110	5	Rz=80	СЧ 24	НВ=220	Виливок без корки
21	60	15	120	4	Rz=20	Сталь ХН35ВТЮ	$\sigma_{\delta}=900\text{МПа}$	Прокат з коркою
22	50	10	151	3	Rz=60	ХВГ	$\sigma_{\delta}=800\text{МПа}$	Поковка з коркою
23	80	0	120	4	Rz=40	СЧ 21	НВ=180	Виливок з коркою
24	75	20	140	3	Rz=40	Г13	$\sigma_{\delta}=800\text{МПа}$	Виливок без корки
25	65	15	175	5	Rz=80	ВТЗ-1	$\sigma_{\delta}=950\text{МПа}$	Поковка з коркою
26	45	0	150	3	Rz=80	Сталь 40	$\sigma_{\delta}=550\text{МПа}$	Прокат без корки
27	72	28	118	4	Rz=40	СЧ 24	НВ=220	Виливок без корки
28	35	40	130	3	Rz=80	БРАЖ-9-4	НВ=140	Виливок без корки
29	54	40	145	4	Rz=40	Ст 3	$\sigma_{\delta}=550\text{МПа}$	Прокат з коркою
30	80	30	125	5	Rz=20	Сталь 45	$\sigma_{\delta}=750\text{МПа}$	Поковка без корки
31	75	15	135	5	Rz=60	Сталь 20ХН	$\sigma_{\delta}=750\text{МПа}$	Прокат без корки
32	40	0	110	5	Rz=80	Сталь 40Х	$\sigma_{\delta}=850\text{МПа}$	Прокат без корки
33	60	20	115	3	Rz=40	Сталь ХВГ	$\sigma_{\delta}=800\text{МПа}$	Прокат з коркою
34	55	15	115	3	Rz=20	СЧ 21	НВ=200	Виливок з коркою
35	65	15	120	4	Rz=80	БРАЖ-9-4	НВ=140	Виливок без корки
36	75	20	120	4	Rz=80	Сталь 50	$\sigma_{\delta}=650\text{МПа}$	Прокат без корки
37	80	50	150	3	Rz=20	Сталь ХВГ	$\sigma_{\delta}=800\text{МПа}$	Поковка з коркою
38	60	10	130	4	Rz=40	Сталь 65Г	$\sigma_{\delta}=700\text{МПа}$	Прокат з коркою
39	65	15	140	5	Rz=80	Сталь 9ХС	$\sigma_{\delta}=850\text{МПа}$	Прокат без корки

3 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ

Практичне заняття 3

Мета роботи: для заданих умов обробки визначити режим різання, що враховує можливості верстата й інструмента й забезпечує високу продуктивність. Вихідні дані взяті з таблиць 3.1 і 3.2. Алгоритм розрахунку наведений на рисунку 3.1.

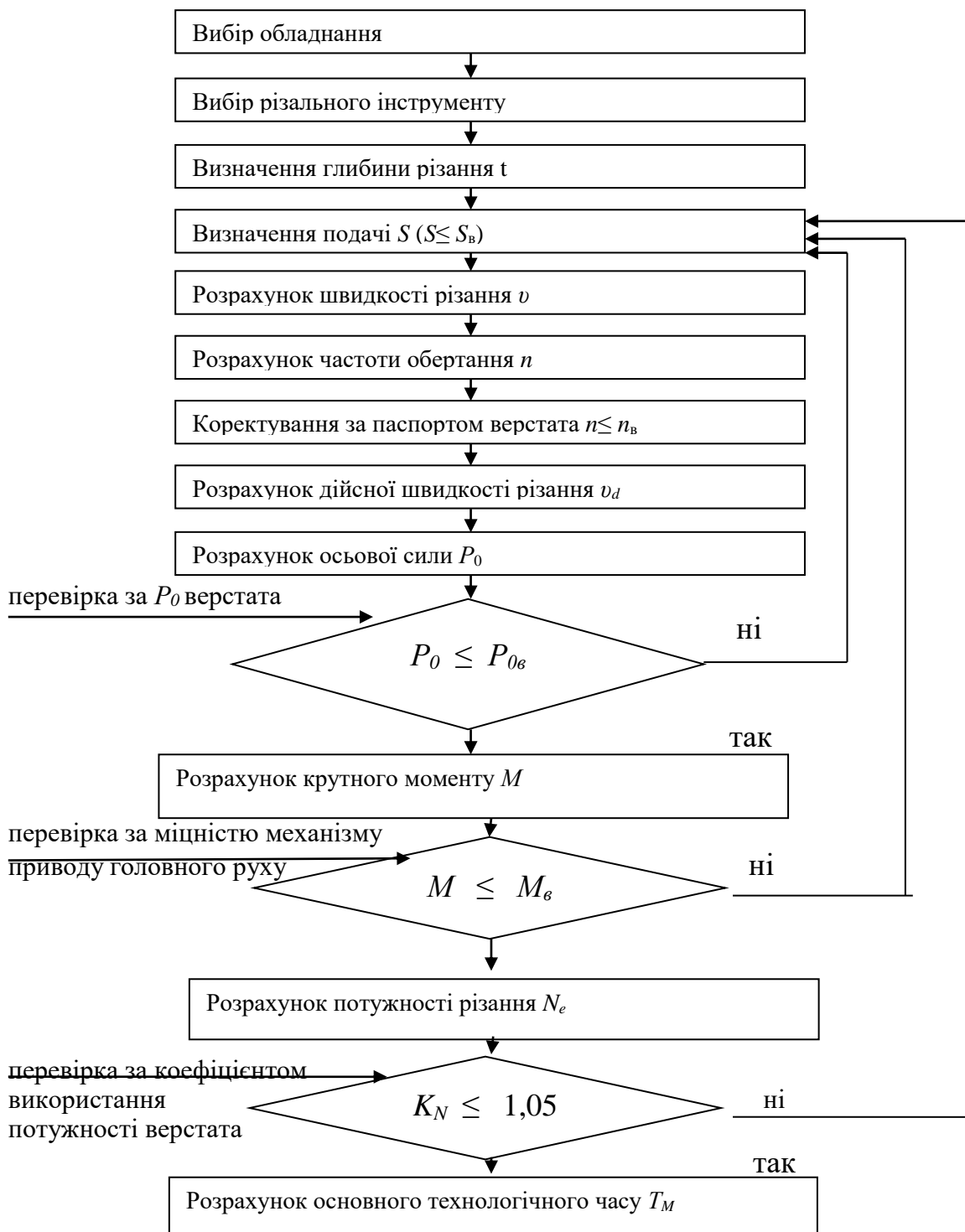


Рисунок 3.1 – Алгоритм розрахунку режиму різання при свердлінні (розсвердлюванні)

3.1 Вибір устаткування

Модель верстата вибирають залежно від діаметра й довжини оброблюваного отвору, а також розмірів оброблюваної деталі за таблицями [1, табл.11, с.20; 2, табл.12...13, с.22...23; 3, табл.12, с.28; додаток В]. Варто пам'ятати, що в маркуванні верстата дві останні цифри позначають максимальний діаметр свердління. Необхідно вказати основні показники обраної моделі верстата.

3.2 Вибір різального інструменту

Матеріал різальної частини свердла вибирають залежно від властивостей оброблюваного матеріалу за таблицями [1, табл.2...3, с.115...118; 2, табл.5...6, с.148...151; 3, табл.2 і 3, с.178...185]. При цьому необхідно прагнути застосовувати інструментальні матеріали, що забезпечують більш високі швидкості різання.

Розміри свердла вибирають за таблицями [1, табл.40, с.137; 2, табл.40, с.197; 3, табл.45 і 46, с.219...227] залежно від вибраного матеріалу різальної частини. Необхідно вказати номер ГОСТ і відповідні розміри свердла.

Геометричні параметри свердла й форми заточення вибирають за таблицями [1, табл.43...45, с.151...152; 2, табл.43...46, с.200...204; 3, табл.47...50, с.228...229] залежно від діаметра свердла, фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу й стану поверхневого шару, а також матеріалу різальної частини інструмента. Студент повинен виконати ескіз свердла із вказівкою форми заточення й основних геометричних параметрів свердла.

3.3 Визначення глибини різання

При діаметрі отвору $D \leq 30$ мм свердління здійснюють за один прохід.

При діаметрі отворів $D > 30$ мм свердління здійснюють за два проходи, причому діаметр свердла для першого проходу вибирають у діапазоні $D = 15...30$ мм.

Глибина різання при свердлінні

$$t = \frac{D}{2}. \quad (3.1)$$

Глибина різання при розсвердлінні

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (3.2)$$

де d – діаметр попередньо просвердленого отвору.

Подальший розрахунок елементів режиму різання варто робити аналітичним шляхом для першого проходу й табличним – для другого.

3.4 Визначення подачі

Максимально припустимі подачі при свердлінні різних матеріалів наведені в таблицях [1, табл.25...26, с.277; 2, табл.27, с.433; 3, табл.35, с.381].

Вплив обмежуючих факторів на подачу враховується коефіцієнтами, наведеними в примітці до таблиці. Отриману подачу необхідно скорегувати за паспортом верстата, приймаючи найближче менше значення.

3.5 Визначення швидкості різання

Швидкість різання розраховують за формулою

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{X_v} S^{Y_v}} K_v, \quad (3.3)$$

де значення постійної C_v і показників ступеня X_v , Y_v , C_v і m визначають за таблицями [1, табл. 28...29, с.278...279; 2, табл.29, с.435; 3, табл.38, с.383].

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, що враховує відмінність заданих умов від табличних, визначають як добуток коефіцієнтів:

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{l_v}, \quad (3.4)$$

де K_{M_v} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, вибирають за таблицями [1, табл. 1...4, с. 261...264; 2, табл.9...13, с.423...425; 3, табл.1...4, с.358...360];

K_{U_v} – коефіцієнт, що враховує марку інструментального матеріалу, вибирають за таблицями [1, табл. 6, с. 263; 2, табл. 15, с. 426; 3, табл. 6, с. 361];

K_{l_v} – коефіцієнт, що враховує глибину отвору, вибирають за таблицями [1, табл. 31, с. 280; 2, табл. 30, с. 436; 3, табл. 41, с. 385].

За отриманими значеннями v визначають частоту обертання свердла:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} . \quad (3.5)$$

Отримане n коректують за паспортом верстата, приймаючи найближче менше значення n_{ε} . Визначають дійсну швидкість різання:

$$V_{\delta} = \frac{\pi D n_{\varepsilon}}{1000} . \quad (3.6)$$

3.6 Визначення крутного моменту й осьової сили

При свердлінні

$$M = 9,8 C_m D^{q_m} S^{Y_m} K_p ; \quad (3.7)$$

$$P_0 = 9,8 C_p D^{q_p} S^{Y_p} K_p . \quad (3.8)$$

При розсвердлінні

$$M = 9,8 C_m D^{q_m} t^{X_m} S^{Y_m} K_p ; \quad (3.9)$$

$$P_0 = 9,8 C_p D^{q_p} t^{X_p} S^{Y_p} K_p . \quad (3.10)$$

Значення постійних C_m і C_p й показників ступеня вибирають за таблицями [1, табл. 32, с. 281; 2, табл. 9...10, с. 264...265; 3, табл. 42, с. 385]. Поправковий коефіцієнт $K_p = K_{mp}$ вибирають за таблицями [1, табл. 9...10, с. 264...265; 2, табл. 21...23, с. 430; 3, табл. 9 і 10, с. 362...363].

3.7 Перевірка обраних режимів різання

3.7.1 Перевірка за міцністю механізму подач верстата

Перевірка полягає в порівнянні P_0 з її максимальним значенням на верстаті $P_{0\varepsilon}$. При цьому має виконуватися нерівність

$$P_0 \leq P_{0\varepsilon} . \quad (3.11)$$

Якщо $P_0 \geq P_{0\varepsilon}$, то варто зменшити значення подачі.

3.7.2 Перевірка за потужністю приводу верстата

Ефективну потужність різання визначають за формулою

$$N_e = \frac{M\eta_\epsilon}{9750} \cdot \quad (3.12)$$

Визначають коефіцієнт використання верстата за потужністю

$$K_N = \frac{N_e}{N_{\text{дв}}\eta} \cdot \quad (3.13)$$

Величина K_N повинна бути менше або дорівнювати одиниці. Допускається перевантаження не більше ніж на 5%. Якщо перевантаження верстата за потужністю перевищує 6%, варто зменшити V_ϵ .

3.7.3 Перевірка за міцністю механізму приводу головного руху

Перевірка полягає в порівнянні розрахункової величини крутного моменту із припустимим значенням на верстаті M_ϵ :

$$M \leq M_\epsilon. \quad (3.14)$$

$$M_\epsilon = 9750 \frac{N_{\text{дв}} \cdot \eta_\epsilon}{n_{\epsilon_{\text{min}}}} \cdot \quad (3.15)$$

Якщо $M > M_\epsilon$, варто зменшити значення подачі.

3.8 Визначення основного часу

$$T_o = \frac{l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}}}{\eta_\epsilon S_\epsilon} \cdot \quad (3.16)$$

де l – довжина отвору, мм;

$l_{\text{вп}}$ – довжина шляху врізання, мм;

$l_{\text{вп}} = 0,3 D$ – при одинарному заточенні свердла;

$l_{\text{вп}} = 0,4 D$ – при подвійному заточенні свердла;

$l_{\text{пер}} = (1 \dots 2)$ мм – довжина перебігу, мм.

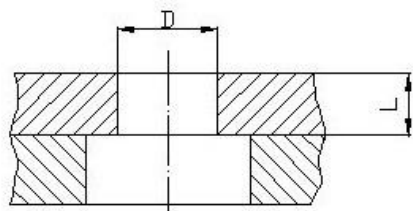
Зміст звіту

- 1 Ескіз обробки із вказівкою розмірів оброблюваного отвору.
- 2 Модель і паспортні дані обраного верстата.
- 3 Вид, розміри, матеріал різальної частини, геометричні параметри й ескіз різального інструменту.
- 4 Розрахунок глибини різання.
- 5 Вибір величини подачі з коректуванням за паспортом верстата.
- 6 Розрахунок швидкості різання й частоти обертання свердла з коректуванням за паспортом верстата.
- 7 Розрахунок осьової сили і крутного моменту та порівняння їх із припустимими значеннями на верстаті.
- 8 Розрахунок ефективної потужності й коефіцієнта використання верстата за потужністю.
- 9 Розрахунок основного часу.
- 10 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Як визначити глибину різання при свердлінні (розсвердлінні)?
- 2 Порядок розрахунку режиму різання при свердлінні (розсвердлінні).
- 3 Які елементи режиму різання впливають на осьову силу й крутний момент?
- 4 Від чого залежить потужність різання?
- 5 Як розрахувати основний технологічний час?
- 6 Від чого залежать геометричні параметри й матеріал різальної частини свердла?
- 7 Від яких факторів режиму різання залежить швидкість різання?
- 8 Які фактори враховують при виборі поправкових коефіцієнтів на швидкість різання при свердлінні?
- 9 Які фактори враховують при виборі поправкових коефіцієнтів на осьову силу при свердлінні?
- 10 Які фактори враховують при розрахунку основного технологічного часу при свердлінні наскрізних і глухих отворів?

Таблиця 3.1– Вихідні дані для розрахунку режиму різання при свердлінні наскрізного отвору



Варіант	Розміри отвору, мм		Заготовка	
	D	l	Матеріал	Механічні властивості
1	2	3	4	5
1	26,0	75	Сталь ШХ15	$\sigma_B = 900$ МПа
2	32,0	110	Бр АЖ-9-4	HB = 100
3	25,0	90	Сталь 12Х18Н9Т	$\sigma_B = 950$ МПа
4	17,5	90	Сталь 30ХГСА	$\sigma_B = 800$ МПа
5	12,5	70	СЧ15	HB=170
6	32,0	120	ВЧ60-2	HB=250
7	16,5	80	Сталь ХН77ТЮР	$\sigma_B = 900$ МПа
8	14	74	Бр АЖ 9-4	HB=140
9	27,5	130	Сталь 14Х17Н2	$\sigma_B = 1200$ МПа
10	20,0	65	Сталь 50	$\sigma_B = 700$ МПа
11	13,0	100	Сталь х78Т	$\sigma_B = 700$ МПа
12	13,5	120	Бр ОФ4-0,25	HB= 140
13	16	60	18Х2Н4ВА	$\sigma_B = 1000$ МПа
14	18,5	90	СЧ15	HB= 170
15	12	75	12Х18Н9Т	$\sigma_B = 750$ МПа
16	20	90	СЧ 15	HB= 150

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
17	22	105	Сталь 30ХМЮА	$\sigma_B=1100$ МПа
18	28	140	Сталь У8А	$\sigma_B = 800$ МПа
19	30	125	Сталь 40ХС	$\sigma_B= 800$ МПа
20	23	80	БрАМЦ9-2	НВ= 140
21	15,5	75	Сталь 40ХНВА	$\sigma_B=1000$ МПа
22	14,0	100	ВЧ50-7	НВ= 200
24	20,5	100	Сталь 40ХГ	
25	30,0	150	Сталь 12ХН3А	$\sigma_B= 900$ МПа
26	32,0	90	Сталь 45	$\sigma_B= 750$ МПа
27	22,0	105	Сталь 40ХС	$\sigma_B. = 800$ МПа
28	27,5	120	СЧ18	НВ = 170
29	20,0	110	Сталь 20ХГНР	$\sigma_B=1200$ МПа
30	22,0	70	Сталь Г13	$\sigma_B= 800$ МПа
31	18,0	75	30ХГСА	$\sigma_B= 800$ МПа
32	14,0	60	Сталь 65Г	$\sigma_B=750$ МПа
33	28,0	95	СЧ 28	НВ = 190
34	10,5	70	Сталь 45	$\sigma_B=-\sigma 700$ МПа
35	19,0	75	Сталь ХГВ	$\sigma_B= 800$ МПа
36	30,0	120	Бр ОЦ 4-3	НВ = 150
37	24,0	80	Сталь ХН70ВМТЮ	$\sigma_B=1200$ МПа
38	28,0	120	Сталь ХН77ТЮР	$\sigma_B=1000$ МПа
39	15,0	100	ЛС 59-ІТ	НВ = 100
40	30,5	75	СЧ 32	НВ = 220

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
41	29,5	60	Сталь 4ХІ7Н2	$\sigma_B = 1200$ МПа
42	26,0	65	ВЧ 60-2	НВ = 250
43	14,0	95	Сталь ШХ 15	$\sigma_B = 800$ МПа
44	25,0	90	Сталь 50	$\sigma_B = 750$ МПа
45	21,0	60	Сталь 9ХС	$\sigma_B = 800$ МПа
46	24,0	150	СЧ28	НВ = 220
47	16,0	80	Сталь ХВГ	$\sigma_B = 800$ МПа
48	20,0	140	ВЧ45-5	НВ = 160
49	19,5	80	Сталь ХВСГ	$\sigma_B = 800$ МПа
50	20,5	110	Сталь У7А	$\sigma_B = 750$ МПа
51	30,0	110	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа
52	10,0	20	Сталь 35	$\sigma_B = 600$ МПа
53	24,5	90	СЧ 18	НВ = 180
54	18,5	55	Сталь 40Х	$\sigma_B = 750$ МПа
55	24,0	100	Сталь ХВГ	$\sigma_B = 800$ МПа
56	13,5	40	Сталь 40	$\sigma_B = 750$ МПа
57	22,5	85	КЧ-45-6	НВ = 220
58	19,0	80	СЧ 36	НВ = 240
59	32,0	120	Сталь 38ХА	$\sigma_{Bt} = 700$ МПа
60	24,5	100	СЧ 21	НВ = 200
61	13,0	60	Бр АЖ 9-4	НВ = 140
62	30,0	70	Сталь Ст 3	$\sigma_B = 550$ МПа
63	21,0	80	Сталь Ст 5	$\sigma_B = 600$ МПа

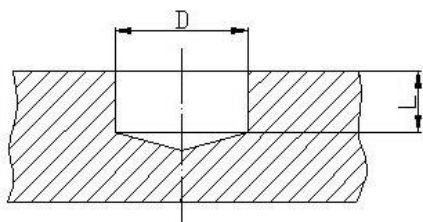
Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
64	26,5	85	СЧ 32	НВ = 220
65	16,0	60	Сталь 20	$\sigma_B = 600$ МПа
66	20,0	120	СЧ 24	НВ = 220
67	18,0	110	Сталь 50	$\sigma_B = 700$ МПа
68	30,5	90	Сталь 35	$\sigma_B = 550$ МПа
69	23,0	95	СЧ 32	НВ = 220
70	10,5	50	Бр АЖ 9-4	НВ = 150
71	28,5	60	КЧ 37-12	НВ = 180
72	16,5	40	Сталь 40	$\sigma_B = 550$ МПа
73	33,0	140	СЧ 21	НВ = 180
74	25,0	70	Сталь ХВГ	$\sigma_B = 800$ МПа
75	14,5	35	Сталь Ст 3	$\sigma_B = 650$ МПа
76	34,0	95	КЧ-45-6	НВ = 220
77	20,5	80	СЧ 18	НВ = 180
78	27,0	55	Сталь 45	$\sigma_B = 700$ МПа
79	32,5	120	Сталь 20	$\sigma_B = 550$ МПа
80	12,5	50	Бр АЖ 9-4	НВ = 130
81	23,5	45	КЧ-37-12	НВ = 240
82	35,0	70	Сталь 40Х	$\sigma_B = 750$ МПа
83	17,0	45	СЧ 15	НВ = 170
84	18,0	70	СЧ 40	НВ = 240
85	25,5	72	Сталь 50	$\sigma_B = 700$ МПа
86	15,0	70	ЛК 80-3	НВ = 110

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
87	33,5	140	СЧ 24	НВ = 200
88	21,5	55	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа
89	29,0	100	Сталь 20	$\sigma_B = 550$ МПа
90	11,0	35	СЧ 12	НВ = 160
91	34,0	60	КЧ 30-6	НВ = 140
92	31,5	100	Сталь 30Х	$\sigma_B = 700$ МПа
93	17,5	85	ЛКС 80-3-3	НВ = 120
94	27,6	70	СЧ 32	НВ = 220
95	15,5	60	Сталь 30Л	$\sigma_B = 500$ МПа
96	29,5	80	Сталь 45ХН	$\sigma_B = 700$ МПа
97	22,0	200	Сталь 40Х	$\sigma_B = 700$ МПа
98	18,0	54	Бр АЖ 9-4	НВ = 140
99	26,0	65	СЧ 18	НВ = 180
100	12,0	30	Сталь 45	$\sigma_B = 750$ МПа

Таблиця 3.2 - Вихідні дані для розрахунку режиму різання при свердлінні глухого отвору



Варіант	Розміри отвору, мм		Заготовка	
	D	l	Матеріал	Механічні властивості
1	2	3	4	5
1	14,0	85	Сталь 45	$\sigma_B = 750$ МПа
2	20,5	95	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа
3	32,0	80	СЧ 18	НВ 170
4	23,5	55	Сталь 20ХГН	$\sigma_B = 1200$ МПа
6	17,0	40	Сталь ІЗОХГСА	$\sigma_B = 800$ МПа
6	25,5	60	Сталь 65М	$\sigma_B = 800$ МПа
7	33,6	70	Сталь Г13	$\sigma_B = 850$ МПа
8	28,0	105	СЧ 28	НВ 190
9	34,0	40	Сталь 45	$\sigma_B = 700$ МПа
10	17,5	75	ХН60 ВТ	$\sigma_B = 800$ МПа
11	15,0	100	БрОЦ 4-3	НВ 150
12	22,0	35	ХН 70 МТ	$\sigma_B = 1200$ МПа
13	26,0	28	ХН 77ТЮР	$\sigma_B = 1000$ МПа
14	32,0	30	СЧ 32	НВ 220
15	16,5	100	СЧ 20	НВ 180
16	26,0	32	Сталь 4ХІ7Н2	$\sigma_B = 1200$ МПа

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
17	34,0	50	БрОЦ 4-3	HB 150
18	27,0	110	СтальШХ15	$\sigma_B=850$ МПа
19	12,5	20	Сталь 50	$\sigma_B=700$ МПа
20	20,0	80	Сталь9ХС	$\sigma_B=800$ МПа
21	11,0	70	Сталь ХВГ	$\sigma_B =750$ МПа
22	27,5	24	СтальХВСГ	$\sigma_B=800$ МПа
23	29,5	70	СтальУ8А	$\sigma_B=750$ МПа
24	19,5	50	Сталь Г13	$\sigma_B=750$ МПа
25	12,0	40	СЧ38	HB 260
26	23,0	70	Сталь 60	$\sigma_B = 700$ МПа
27	20,0	100	СЧ 32	HB 220
28	16,0	20	Сталь40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа
29	21,0	50	Сталь 40	$\sigma_B = 650$ МПа
30	13,0	60	Сталь ШХ15	$\sigma_B = 900$ МПа
31	35,0	65	Бр ОЦ 4-3	HB 140
32	18,0	100	І2ХІ8Н9Т	HB= 950 МПа
33	15,0	80	3ОХГСА	$\sigma_B = 800$ МПа
34	21,5	105	СЧ І5	HB 170
35	32,0	68	СЧ 20	HB 190
36	22,5	180	ВЧ 60-2	HB 250
37	30,0	75	ХН 77ТЮ	$\sigma_B = 900$ МПа
38	24,0	48	Бр АЖ 9-4	HB 140
39	10,0	70	І4ХІ7Н2	$\sigma_B =1200$ МПа

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
40	19,5	100	Сталь 50	$\sigma_B = 700$ МПа
41	13,5	50	Сталь 45Х	$\sigma_B = 750$ МПа
42	19,0	80	Сталь ХН78Т	$\sigma_B = 700$ МПа
43	24,5	110	Бр ОФ 4-0,25	НВ 140
44	32,0	50	Бр Б 2,5	НВ 120
45	26,5	75	В8А	$\sigma_B = 800$ МПа
46	30,5	50	Бр АМЦ9-2	НВ 160
47	28,0	30	ВЧ 50-7	НВ 210
48	10,5	40	Сталь ХВГ	$\sigma_B = 800$ МПа
49	28,5	90	Сталь 40Х	$\sigma_B = 700$ МПа
50	33,0	45	Сталь 12ХН3А	$\sigma_B = 900$ МПа
51	20,0	35	Сталь 50	$\sigma_B = 650$ МПа
52	16,5	60	СЧ 32	НВ 220
53	25,0	40	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа
54	34,0	75	Сталь 40	$\sigma_B = 600$ МПа
55	27,0	100	Бр ОФ 4-0,25	НВ 160
56	12,5	20	СЧ 28	НВ 220
57	11,0	50	Сталь 45	$\sigma_B = 700$ МПа
58	31,5	125	Бр АЖ 9-4	НВ 13
59	27,5	65	Сталь 45	$\sigma_B = 700$ МПа
60	30,0	100	СЧ-40	НВ= 240
61	19,5	40	Сталь Ст 3	$\sigma_B = 550$ МПа
62	12,0	30	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
63	23,0	100	СЧ 12	НВ=160
64	20,0	45	Сталь 30Х	$\sigma_B = 700$ МПа
65	16,0	48	Сталь 35	$\sigma_B = 600$ МПа
66	21,0	100	СЧ 32	НВ 220
67	13,0	25	Сталь 40Х	$\sigma_B = 750$ МПа
68	35,0	80	КЧ 36-10	НВ 165
69	18,0	70	Бр АЖ 9-4	НВ 140
70	15,0	24	Сталь 40	$\sigma_B = 650$ МПа
71	21,5	52	СЧ 36	НВ 220
72	32,0	80	СЧ 21	НВ 200
73	22,5	110	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа
74	30,0	120	Сталь Ст 3	$\sigma_B = 550$ МПа
75	24,0	75	СЧ 40	НВ 240
76	10	60	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 800$ МПа
77	19,5	30	ЛА 77-12	НВ 150
78	13,5	40	Сталь 40	$\sigma_B = 600$ МПа
79	19,0	90	СЧ 18	НВ 180
80	24,5	30	Сталь 40ХН	$\sigma_B = 750$ МПа
81	31,8	85	КЧ 45-8	НВ 220
82	26,5	95	СЧ 15	НВ 170
83	30,5	85	Сталь 50	$\sigma_B = 700$ МПа
84	28	55	Сталь 50	$\sigma_B = 700$ МПа

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
85	10,5	40	Сталь 20	$\sigma_B = 500$ МПа
86	28,5	60	КЧ 30-6	НВ 140
87	33	150	Бр АЖ 9-4	НВ 140
88	14	105	Сталь 30	$\sigma_B = 500$ МПа
89	20,5	40	Сталь 40	$\sigma_B = 600$ МПа
90	32,5	75	СЧ 19	НВ 180
91	23,5	90	КЧ 37-12	НВ 160
92	17,0	35	Бр ОЦ 4-3	НВ 140
93	25,5	80	Сталь 30	$\sigma_B = 550$ МПа
94	33,5	105	Сталь 38ХА	$\sigma_B = 580$ МПа
95	29,0	70	Сталь Ст 5	$\sigma_B = 600$ МПа
96	34,0	180	Сталь 20	$\sigma_B = 480$ МПа
97	17,5	75	Сталь 45ХН	$\sigma_B = 780$ МПа
98	15,5	70	СЧ 18	НВ 180
99	22,0	75	Сталь 40	$\sigma_B = 600$ МПа
100	26,0	110	СЧ 24	НВ 220

4 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ

Практичне заняття 4

Мета роботи: для заданих умов фрезерування розрахувати режим різання з урахуванням можливостей верстата й інструмента й максимальної продуктивності фрезерування. Вихідні дані взяти з таблиць 4.1... 4.5. Алгоритм розрахунку наведений на рисунку 4.1.

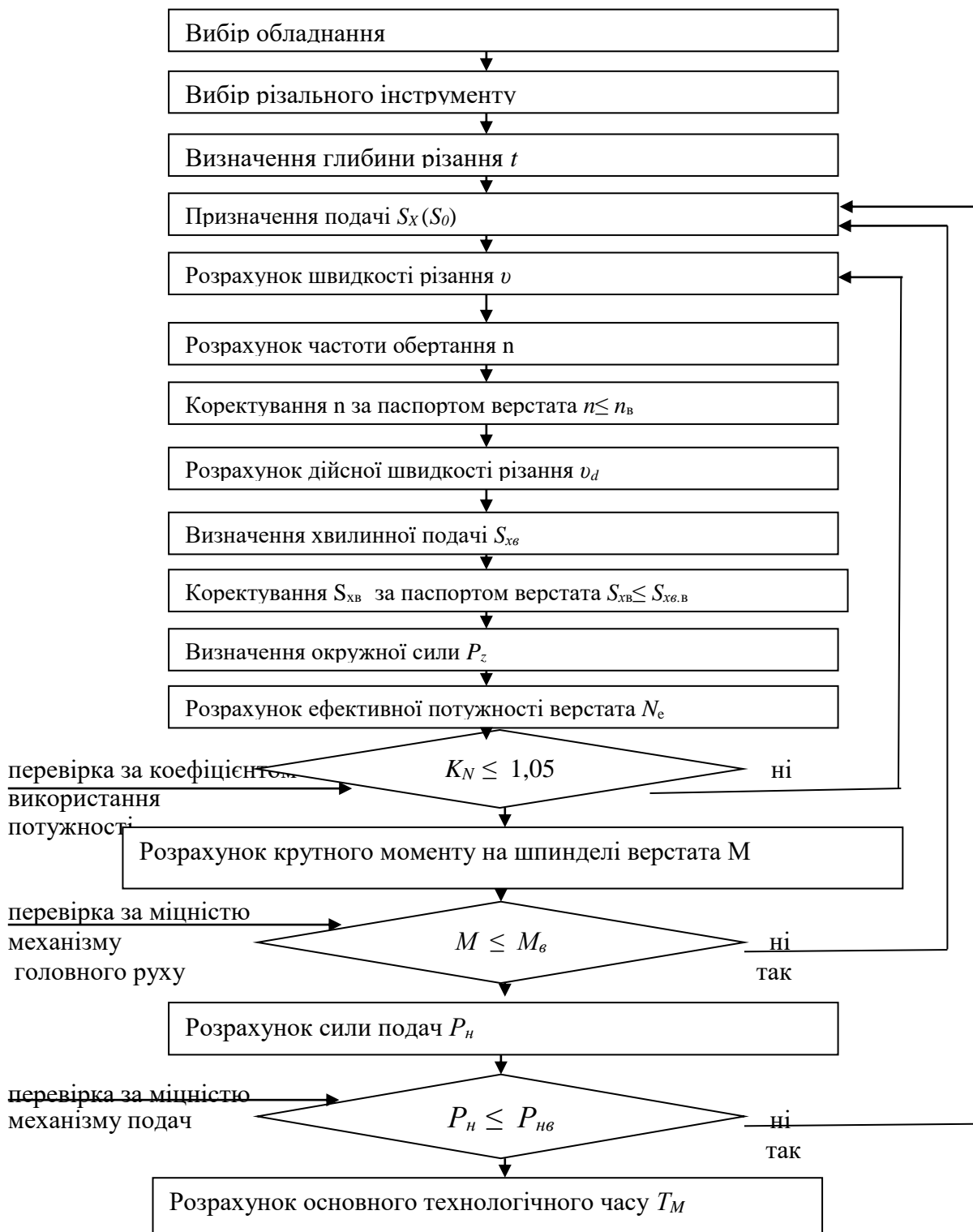


Рисунок 4.1 – Алгоритм розрахунку режиму різання при фрезеруванні

4.1 Вибір устаткування

Модель верстата вибирають залежно від виду фрезерування й типу виробництва. При крупносерійному і масовому типах виробництва рекомендується застосовувати менш універсальні, але більш автоматизовані фрезерні верстати. В інших випадках рекомендується застосовувати універсальні й широкоуніверсальні верстати, що забезпечують виконання більш широкого кола робіт.

Модель верстата вибирають залежно від розмірів заготовки й глибини різання за таблицями [1, табл.37...40, с.51...54 ; 2, табл.38...42, с.56...61; 3, табл.47...51, с.75...82; додаток В].

4.2 Вибір різального інструменту

Необхідно вибрати матеріал різальної частини фрези, геометричні параметри й габаритні розміри відповідно до ГОСТ. Тип фрези зазначений у завданні.

Матеріал різальної частини фрези вибирають залежно від властивостей оброблюваного матеріалу й виду фрезерування за таблицями [1, табл.2...3, с.115...118; 2, табл.5...6, с.148...151; 3, табл.2 і 3, с.178...185]. Перевагу варто віддавати матеріалам, що забезпечують більш високі швидкості різання.

Габаритні розміри фрези вибирають у такий спосіб.

При циліндричному фрезеруванні діаметр фрези вибирають залежно від глибини різання, а довжину фрези – від ширини фрезерування:

при $t \leq 5 \text{ мм}$ – $D_{fp} = 60...90 \text{ мм}$;

$5 < t < 8 \text{ мм}$ – $D_{fp} = 90...110 \text{ мм}$;

$8 < t < 12 \text{ мм}$ – $D_{fp} = 110...160 \text{ мм}$.

Ширина фрези повинна бути на 5...10 мм більше ширини оброблюваної поверхні.

При торцевому фрезеруванні діаметр фрези розраховують за формулою

$$D_{fp} = (1,2...1,6)B, \quad (4.1)$$

де B – ширина фрезерування.

При роботі кінцевими (або шпонковими) фрезами діаметр фрези дорівнює ширині оброблюваного паза.

Кількість зубців:

– для фрез із дрібним зубцем – $z = 2\sqrt{D_\phi}$;

– для фрез із великим зубцем – $z = 1,2\sqrt{D_\phi}$.

Визначивши габаритні розміри фрези за таблицями [1, табл.65...101, с.174...179; 2, табл.76, с.237...247; 3, табл.74...108, с.256...273] або за ГОСТ, вибирають фрезу, розміри якої збігаються або близькі до розрахункового.

Геометричні параметри фрези вибирають за таблицями [2, табл.77...83, с.247...250; додаток Г, табл. Г.3...Г.6] залежно від властивостей оброблюваного й інструментального матеріалів і типу фрези.

4.3 Призначення глибини різання й ширини фрезерування

Глибину різання по можливості встановлюють максимальною, рівною припуску на обробку, за винятком випадків підвищених вимог до точності й шорсткості обробленої поверхні, коли обробку роблять у два або більше проходи.

Кількість проходів і глибину різання для кожного проходу визначають так само, як і при точінні. При розрахунку глибини різання й ширини фрезерування необхідно особливу увагу звернути на їхнє взаємне розташування при різних видах фрезерування [1, рис.3, с.282; 2, рис.5, с.437; 3, рис.3, с.402].

4.4 Призначення подачі

При чорновому фрезеруванні подачу призначають на 1 зубець фрези S_z за таблицями [1, табл. 33...38...38, с.282...286; 2, табл.32...36, с.438...440; 3, табл.76...80, с.282...286] залежно від типу фрези, її розмірів і матеріалу різальної частини, від глибини різання, жорсткості технологічної системи й потужності верстата.

При чистовому фрезеруванні подачу вибирають на один оборот фрези S_o за таблицями [1, табл. 37, с. 285; 2, табл. 36, с. 440; 3, табл. 79, с. 405] залежно від шорсткості обробленої поверхні, матеріалу різальної частини фрези й матеріалу оброблюваної деталі, з наступним визначенням S_z :

$$S_z = \frac{S_o}{z}.$$

4.5 Розрахунок швидкості різання

Швидкість різання розраховують за формулою

$$V = \frac{C_v D_{cp}^{q_v}}{T^m t^{x_v} S_Z^{y_v} B^{u_v} Z^{p_v}} K_v . \quad (4.2)$$

Значення постійного коефіцієнта C_v й показників ступеня q_v , m , x_v , y_v , u_v , p_v визначають за таблицями [1, табл. 39, с. 286...290; 2, табл.37, с.441...443; 3, табл.81, с.407...410].

Значення періоду стійкості T визначають за таблицями [1, табл.40, с.290; 2, табл.38, с.444; 3, табл. 82, с.411] залежно від типу фрези і її діаметра.

Величину поправкового коефіцієнта на швидкість різання, що враховує відмінні від табличних умови різання, визначають за формулою

$$K_v = K_{m_v} K_{n_v} K_{u_v} . \quad (4.3)$$

Значення коефіцієнтів K_{m_v} , K_{n_v} , K_{u_v} вибирають за таблицями [1, табл. 1...6...6, с.261...263; 2, табл.9...15, с.424...426; 3, табл.1...6, с.358...361].

4.6 Визначення частоти обертання шпинделя

Частоту обертання шпинделя (хв^{-1}) визначають за формулою

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{cp}} . \quad (4.4)$$

Коректують значення n за паспортом верстата. Варто приймати найближче менше значення $n_g \leq n$.

За прийнятим значенням n_g визначають дійсну швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi D_{cp} n_g}{1000} . \quad (4.5)$$

4.7 Визначення величини хвилинної подачі

Визначають розрахункове значення хвилинної подачі (мм/хв):

$$S_{xв} = S_z z n_в. \quad (4.6)$$

Коректують значення $S_{xв}$ за паспортом верстата. Варто брати найближче менше значення $S_{xвст} \leq S_{xв}$.

За прийнятим значенням $S_{xв}$ визначаємо дійсне значення подачі на зуб фрези:

$$S_{z_0} = \frac{S_{xв}}{z n_в} \quad (4.7)$$

4.8 Визначення величини окружної сили

Величину окружної сили різання при фрезеруванні розраховують за формулою

$$P_z = \frac{9,8 C_p t^{x_p} S_{z_0}^{y_p} B^{u_p} z}{D_{\phi}^{q_p} n_в^{w_p}} K_p. \quad (4.8)$$

Значення постійної C_p й показників ступенів знаходимо за таблицями [1, табл. 41, с. 291; 2, табл. 39, с. 445; 3, табл. 83, с. 421].

Поправковий коефіцієнт $K_p = K_{m_p}$ визначають за таблицями [1, табл. 9 і 10, с. 264; 2, табл. 21...23...23, с.430; 3, табл.9 і 10, с.362].

4.9 Перевірка розрахованих режимів різання за лімітуючими факторами

4.9.1 Перевірка за потужністю приводу головного руху

Сутність перевірки полягає в тому, що визначають ефективну потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z V_{z_0}}{60 \cdot 1020}. \quad (4.9)$$

Коефіцієнт використання верстата за потужністю:

$$K_N = \frac{N_e}{N_{\text{дв}} \cdot \eta} \quad (4.10)$$

Величина коефіцієнта K_N повинна бути менше або дорівнювати одиниці, допускається перевантаження не більше ніж на 5%. У противному випадку роблять коректування швидкості різання за формулою

$$V_{\text{кор}} = \frac{N_{\text{дв}} \eta 60 \cdot 1020}{P_z}, \quad (4.11)$$

а також коректування частоти обертання шпинделя й величини хвилинної подачі.

4.9.2 Перевірка за міцністю приводу головного руху

Визначають величину крутного моменту на шпинделі:

$$M = \frac{P_z D_{\phi}}{2 \cdot 1000} \quad (4.12)$$

Розрахункове значення M порівнюють із припустимим значенням величини моменту на шпинделі верстата. При цьому повинна виконуватися нерівність

$$M \leq M_{\text{в}}.$$

У противному випадку коректують величину подачі, зменшуючи її:

$$M_{\text{в}} = \frac{9750 N_{\text{дв}}}{n_{\text{в}_{\text{min}}}}.$$

4.9.3 Перевірка за міцністю механізму подач

Визначають величину сили P_H , подоланої механізмом подач при різанні:

- при зустрічному циліндричному фрезеруванні

$$P_H = (1,0 \dots 1,2) P_z; \quad (4.13)$$

- при попутному циліндричному фрезеруванні

$$P_H = (0,8 \dots 0,9) P_z; \quad (4.14)$$

- при симетричному торцевому фрезеруванні

$$P_H = (0,3...0,4)P_z; \quad (4.15)$$

- при несиметричному зустрічному торцевому фрезеруванні

$$P_H = (0,6...0,9)P_z; \quad (4.16)$$

- при несиметричному попутному торцевому фрезеруванні

$$P_H = (0,15...0,3)P_z. \quad (4.17)$$

Отримане значення сили P_H порівнюють із припустимим значенням цієї сили на верстаті. При цьому повинна виконуватися нерівність

$$P_H < P_{H\epsilon}.$$

У протилежному випадку зменшують значення подачі.

4.10 Визначення основного часу

Основний технологічний час при фрезеруванні визначається за формулою

$$T_o = \frac{L}{S_{x\epsilon\epsilon}}. \quad (4.18)$$

$$L = l + l_{ep} + l_{nep}, \quad (4.19)$$

де l – довжина фрезерованої деталі, мм;

l_{nep} – довжина перебігу фрези, мм; $l_{nep} = 1...5$ мм;

l_{ep} – довжина врізання, мм.

При торцевому фрезеруванні “зміщеним” методом

$$l_{ep} = 0,3 \cdot D_\phi. \quad (4.20)$$

При чистовому торцевому фрезеруванні

$$l_{ep} = D_\phi. \quad (4.21)$$

При фрезеруванні циліндричними й дисковими фрезами

$$l_{ep} = \sqrt{t(D_\phi - t)}. \quad (4.22)$$

При фрезеруванні кінцевою фрезою паза

$$l_{ep} = D_\phi / 2. \quad (4.23)$$

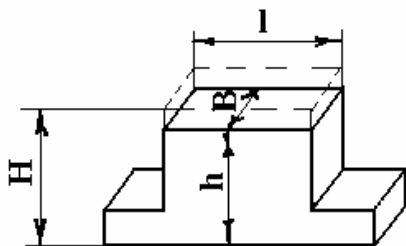
Зміст звіту

- 1 Ескіз обробки із вказівкою розмірів оброблюваної деталі.
- 2 Модель і паспортні дані обраного верстата.
- 3 Вид, розміри, матеріал різальної частини, геометричні параметри й ескіз різального інструменту.
- 4 Розрахунок глибини різання.
- 5 Величина подачі з коректуванням за паспортом верстата.
- 6 Розрахунок швидкості різання й частоти обертання шпинделя з коректуванням за паспортом верстата.
- 7 Розрахунок окружної сили.
- 8 Перевірка розрахованих режимів різання за лімітуючими факторами.
- 9 Розрахунок основного часу.
- 10 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Як вибрати діаметр торцевої фрези?
- 2 Як призначають подачу при чорновому фрезеруванні?
- 3 Як розрахувати швидкість різання при фрезеруванні?
- 4 За якими лімітуючими факторами перевіряють розрахований режим різання?
- 5 Як розрахувати основний час?
- 6 Як вибирають матеріал і геометричні параметри фрез?
- 7 Які фактори впливають на вибір поправкових коефіцієнтів на швидкість різання при фрезеруванні?
- 8 Які фактори впливають на вибір поправкових коефіцієнтів на окружну силу при фрезеруванні?
- 9 Як визначити величину крутного моменту на шпинделі верстата?
- 10 Від яких факторів залежить довжина врізання при різних видах фрезерування?

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при фрезеруванні площини торцевою фрезою

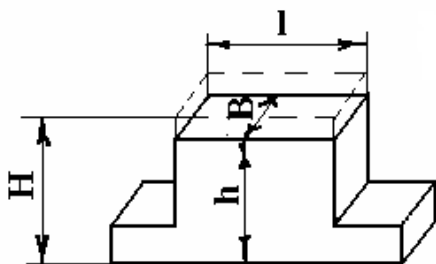


Варіант	Розміри деталі, мм				Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Заготовка		
	H	h	l	B		Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки і стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	95	90	480	100	Ra=2,5	30ХГСА	$\sigma_B=900$ МПа	Поковка з коркою
2	104	100	550	140	Rz 40	Г13	$\sigma_B=800$ МПа	Виливок з коркою
3	130	125	380	150	Rz 80	ХВГ	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка з коркою
4	100	97	420	105	Ra 3,2	Сталь 45	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
5	130	125	360	80	Rz 60	14Х17Н2	$\sigma_B=1200$ МПа	Поковка з коркою
6	108	104	315	100	Rz 20	СЧ 24	НВ 240	Виливок з коркою
7	175	171	350	150	Rz 80	СЧ 28	НВ 220	Виливок з коркою
8	155	148	500	120	Ra=2,5	ХН77ТЮ	$\sigma_B=900$ МПа	Поковка без корки
9	208	200	400	100	Rz 20	12Х18Н9Т	$\sigma_B=950$ МПа	Поковка з коркою
10	104	100	360	85	Ra=2,5	ЛАЖ 60-1	НВ 110	Виливок без корки
11	155	147	400	90	Ra=1,6	ЛМЦОС-38-2	НВ 110	Виливок без корки
12	207	202	260	140	Rz 20	ЛС59-1Т	НВ 110	Виливок з коркою
13	96	90	400	120	Rz 80	Д16Т	$\sigma_B=400$ МПа	Прокат з коркою
14	120	115	450	150	Ra=3,2	ХН78Т	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка з коркою
15	75	70	350	100	Rz 40	СЧ 15	НВ 220	Виливок з коркою
16	145	141	420	130	Rz20	ВЧ 50-7	НВ 190	Виливок з коркою
17	200	194	300	100	Ra=2,5	ШХ 15	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою
18	145	135	400	80	Rz 60	40Х	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка з коркою
19	100	96	250	120	Ra=1,6	9ХС	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою
20	126	120	300	100	Ra=2,5	СЧ 15	НВ 180	Виливок з коркою
21	150	146	350	120	Rz=20	ХВГ	$\sigma_B=750$ МПа	Прокат з коркою

Продовження таблиці 4.1

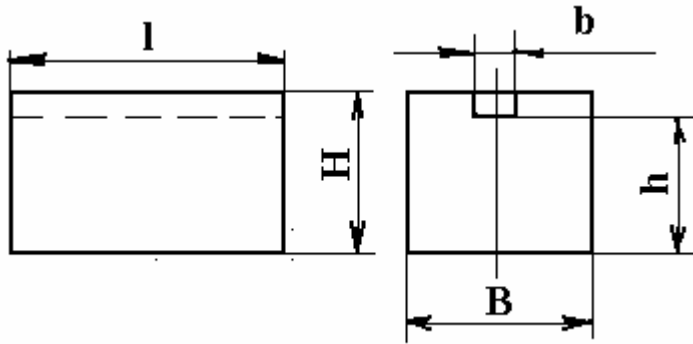
1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	200	195	430	145	Rz 40	ВЧ 50-7	НВ 200	Виливок з коркою
23	125	118	280	70	Rz 80	БрАЖ9-4	НВ 120	Виливок з коркою
24	140	134	400	85	Ra=2,5	СЧ 15	НВ 190	Виливок з коркою
25	100	95	300	120	Rz 20	Сталь 50	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
26	156	150	500	130	Rz 40	СЧ 28	НВ 220	Виливок з коркою
27	175	171	400	100	Ra=3,2	Сталь 45	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
28	102	100	450	140	Rz 20	СЧ 15	НВ 190	Виливок без корки
29	135	130	520	125	Ra=3,2	Сталь 40Х	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою
30	100	96	400	75	Rz 40	Сталь 45Х	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
31	105	103	375	70	Ra=3,2	КЧ 46-6	НВ 220	Виливок без корки
32	95	90	450	110	Rz 20	СЧ 15	НВ 170	Виливок без корки
33	200	196	480	150	Ra=2,5	Сталь 20	$\sigma_B=480$ МПа	Поковка без корки
34	148	145	300	100	Rz 80	БрОЦ4-3	НВ 140	Виливок з коркою
35	74	70	315	70	Rz 20	Ст 5	$\sigma_B=550$ МПа	Поковка з коркою
36	120	114	365	80	Rz 60	Сталь 45ХН	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
37	96	90	425	100	Ra=3,2	Ст 3	$\sigma_B=400$ МПа	Поковка з коркою
38	207	200	500	150	Rz 80	ХВГ	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
39	156	150	600	80	Rz 60	9ХС	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка без корки
40	106	100	480	80	Ra=3,2	18ХН	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
41	126	120	300	120	Ra=2,5	СЧ 15	НВ 170	Виливок без корки
42	237	230	600	180	Rz 40	БрАЖ9-4	НВ 140	Виливок з коркою
43	153	150	450	120	Rz 80	ЛМЦОС-38-2	НВ 110	Виливок з коркою
44	217	210	550	160	Rz 20	Сталь 45	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка з коркою
45	125	120	500	100	Rz 80	Сталь 40Х	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою
46	135	130	620	110	Ra=3,2	ХВГ	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
47	95	91	550	80	Rz 20	Сталь 20	$\sigma_B=500$ МПа	Поковка з коркою
48	146	140	720	170	Ra=3,2	СЧ 15	НВ 170	Виливок з коркою
49	125	118	650	130	Ra=2,5	БрАЖ9-4	НВ 120	Виливок з коркою
50	155	153	800	120	Rz 20	Сталь 40Х	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при фрезеруванні площини циліндричною фрезою



Варіант	Розміри деталі, мм				Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Заготовка		
	H	h	l	B		Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки і стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	105	101	50	120	Ra=3,2	Сталь 50	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
2	75	68	600	85	Rz 40	СЧ 25	НВ 190	Виливок з коркою
3	85	80	450	80	Ra=2,5	БрАЖ9-4	НВ 120	Виливок без корки
4	105	102	320	130	Rz 80	КЧ 50-4	НВ 220	Виливок з коркою
5	165	158	540	140	Ra=3,2	ХВГ	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
6	125	121	450	150	Ra=1,6	СЧ 21	НВ 180	Виливок з коркою
7	95	90	550	95	Rz 80	9ХС	$\sigma_B=850$ МПа	Виливок без корки
8	85	78	380	105	Ra=3,2	40Х	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
9	140	136	600	100	Rz 20	ШХ15	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою
10	185	181	500	120	Rz 40	ВЧ 50-7	НВ 160	Виливок з коркою
11	185	178	470	130	Ra=1,6	СЧ 15	НВ 220	Виливок без корки
12	140	134	400	105	Rz 80	ХН78Т	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка з коркою
13	105	102	550	150	Ra=3,2	Д16Т	$\sigma_B=850$ МПа	Прокат без корки
14	140	137	300	120	Rz 80	ЛС59-1Т	НВ 100	Виливок з коркою
15	150	145	550	140	Rz 40	ЛМЦОС-38-2	НВ 110	Виливок без корки
16	135	128	350	170	Rz 80	ЛАЖ60-1	НВ 110	Виливок з коркою
17	142	140	580	105	Rz 40	12Х18Н9Т	$\sigma_B=950$ МПа	Поковка з коркою
18	135	130	390	120	Ra=3,2	ХН77ТЮР	$\sigma_B=900$ МПа	Поковка без корки
19	115	110	350	100	Rz 20	СЧ 28	НВ 220	Виливок з коркою
20	155	150	280	110	Rz 40	СЧ 24	НВ 180	Виливок без корки
21	110	103	520	120	Ra=2,5	14Х17Н2	$\sigma_B=1200$ МПа	Поковка з коркою
22	80	76	290	90	Ra=3,2	Сталь 45	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
23	175	171	640	115	Rz=80	ХВГ	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою
24	115	108	250	85	Rz=40	СЧ 15	НВ 180	Виливок з коркою
25	125	118	370	130	Rz=20	Сталь 45	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при фрезеруванні паза дисковою фрезою ($B=0,3l$)

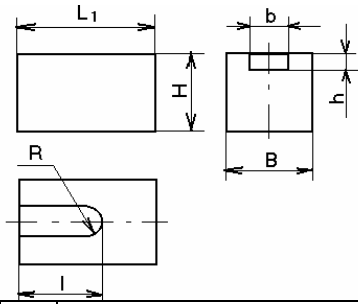


Варіант	Розміри деталі, мм				Шорсткість обробленої поверхні, мкм	Заготовка		
	H	h	l	B		Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки і стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	250	246	400	10	Rz 80	Сталь 45	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка з коркою
2	185	180	160	15	Rz 40	ХВГ	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою
3	190	178	320	8	Rz 80	Г13	$\sigma_B=800$ МПа	Виливок без корки
4	160	150	250	10	Ra 2,5	СЧ 28	НВ 220	Виливок з коркою
5	155	145	210	16	Ra 1,6	БрАЖ9-4	НВ 120	Виливок без корки
6	210	205	400	15	Ra 1,25	ЛС 95-ПТ	НВ 100	Виливок без корки
7	165	150	350	15	Rz 40	30ХГСА	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
8	150	142	420	28	Ra 2,5	ЛАЖ 60-1	НВ 110	Виливок з коркою
9	160	155	300	26	Rz 40	ШХ 15	$\sigma_B=950$ МПа	Поковка без корки
10	200	188	250	15	Rz 80	ВЧ 50-7	НВ 220	Виливок без корки
11	120	112	300	12	Ra 1,6	40Х	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
12	185	170	400	18	Rz 80	65М	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою
13	205	195	290	24	Ra 2,5	У10А	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка без корки
14	230	210	400	16	Ra 2,5	9ХС	$\sigma_B=900$ МПа	Поковка з коркою
15	200	190	350	20	Ra 1,6	45Х	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
16	150	145	280	22	Rz 40	38ХН	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
17	225	218	320	15	Rz 80	Сталь 50	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
18	120	115	290	20	Ra 2,5	ШХ 15	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою
19	148	140	350	18	Ra 1,6	ВЧ 60-2	НВ 200	Виливок без корки
20	160	155	200	16	Rz 40	20Х	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
21	235	220	350	14	Rz 80	У8А	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	190	185	400	15	Ra 2,5	СЧ 15	НВ 180	Виливок з коркою
23	125	120	300	20	Ra 1,6	40ХН	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка з коркою
24	90	82	250	18	Rz 20	50ХГ	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Виливок з коркою
25	140	135	220	10	Ra 2,5	Бр0Ц4-3	НВ 140	Виливок без корки
26	195	175	500	20	Ra 3,2	Сталь 40Х	$\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	Поковка з коркою
27	200	185	470	10	Ra 2,5	СЧ 18	НВ 180	Виливок з коркою
28	170	150	450	15	Ra 3,2	СЧ 15	НВ 200	Виливок без корки
29	150	140	350	18	Rz 80	Сталь 45	$\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Виливок з коркою
30	165	160	300	32	Rz 40	Сталь 20	$\sigma_{\text{в}}=500$ МПа	Поковка без корки
31	210	200	470	12	Rz 40	СЧ 24	НВ 220	Виливок з коркою
32	155	145	370	10	Rz 80	ХВГ	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка з коркою
33	160	150	510	8	Rz 20	БрАЖ9-4	НВ 140	Виливок без корки
34	190	178	30	16	Rz 40	9ХС	$\sigma_{\text{в}}=850$ МПа	Поковка без корки
35	185	180	390	14	Rz 60	Сталь 50	$\sigma_{\text{в}}=650$ МПа	Виливок з коркою
36	250	245	520	24	Ra 3,2	СЧ 15	НВ 170	Виливок без корки
37	235	230	440	26	Rz 80	ЛМЦОС 38-2	НВ 110	Виливок без корки
38	148	142	42	32	Rz 40	ШХ 15	$\sigma_{\text{в}}=850$ МПа	Поковка з коркою
39	215	107	600	28	Ra 3,2	Бр0Ц4-3	НВ 150	Виливок з коркою
40	226	218	430	10	Rz 60	38ХН	$\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Поковка з коркою
41	240	230	400	10	Ra 6,3	КЧ 45-6	НВ 220	Виливок без корки
42	205	200	270	25	Rz 20	18ХН	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка з коркою
43	230	220	670	12	Rz 40	Сталь 35	$\sigma_{\text{в}}=500$ МПа	Виливок з коркою
44	205	195	450	18	Rz 40	СЧ 40	НВ 240	Виливок з коркою
45	186	170	400	16	Rz 80	БрАЖ9-4	НВ 140	Виливок без корки
46	180	170	500	12	Rz 20	ХВГ	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка без корки
47	155	145	700	18	Ra 3,2	Сталь 45	$\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Поковка без корки
48	210	205	320	10	Rz 20	СЧ 15	НВ 180	Виливок без корки
49	150	140	420	20	Ra 3,2	Сталь 45	$\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Поковка без корки
50	225	218	520	16	Rz 20	9ХС	$\sigma_{\text{в}}=850$ МПа	Поковка без корки

Таблиця 4.4 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при фрезеруванні паза кінцевою фрезою ($H=3h$, $R=b/2$)

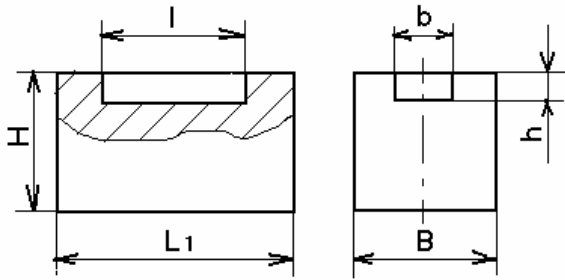


Варіант	Розміри деталі, мм					Заготовка		
	L ₁	B	l	b	h	Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки і стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	420	100	200	36	25	ХВГ	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою
2	550	160	250	40	15	БрАЖ9-4	НВ 120	Виливок без корки
3	280	190	175	45	20	СЧ 28	НВ 220	Виливок з коркою
4	480	175	270	32	12	ЛС 59-ІТ	НВ 100	Виливок без корки
5	50	125	250	24	20	СЧ 15	НВ 190	Виливок з коркою
6	495	105	240	26	10	Г13	$\sigma_B=800$ МПа	Виливок без корки
7	360	80	260	30	20	ЛАЗЖ60-1	НВ 110	Виливок з коркою
8	295	125	200	20	40	ШХ15	$\sigma_B=950$ МПа	Поковка з коркою
9	335	205	300	40	20	Сталь 45	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
10	310	160	250	30	25	40Х	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
11	470	250	280	25	15	ЛС59-ІТ	НВ 100	Виливок з коркою
12	290	70	150	32	20	ВЧ 30-6	НВ 190	Виливок без корки
13	370	105	285	16	25	65Г	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою
14	275	100	120	20	35	9ХС	$\sigma_B=900$ МПа	Поковка з коркою
15	400	95	210	40	20	45Х	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
16	380	80	220	18	30	38ХН	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою
17	250	125	200	28	20	У10А	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою
18	260	100	130	32	10	Д16Т	$\sigma_B=400$ МПа	Поковка без корки
19	295	120	245	20	15	ШХ15	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5		7	8	9
20	405	80	285	22	15	ВЧ 50-7	НВ 200	Виливок з коркою
21	315	100	205	28	12	20Х	$\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	Поковка з коркою
22	350	150	190	45	20	СЧ 15	НВ 180	Виливок з коркою
23	290	105	110	38	25	В8А	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка з коркою
24	300	180	150	23	14	40ХН	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка без корки
25	380	155	250	35	20	ВЧ 60-2	НВ 220	Виливок з коркою
26	250	150	75	18	12	СЧ 15	НВ 180	Виливок з коркою
27	270	100	170	22	15	Сталь 30	$\sigma_{\text{в}}=550$ МПа	Поковка без корки
28	320	170	200	16	10	СЧ 18	НВ 180	Виливок без корки
29	260	95	170	28	25	Сталь 45	$\sigma_{\text{в}}=680$ МПа	Поковка з коркою
30	375	115	230	15	15	БрАЖ9-4	НВ 140	Виливок без корки
31	450	220	180	42	30	СЧ 15	НВ 170	Поковка з коркою
32	275	135	105	8	10	ВЧ 30-6	НВ 200	Виливок без корки
33	350	200	175	10	8	СЧ 24	НВ 180	Виливок з коркою
34	390	190	195	30	20	40Х	$\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	Поковка з коркою
35	310	160	110	20	15	9ХС	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка без корки
36	295	145	140	40	30	18ХН	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка з коркою
37	335	205	235	12	10	65М	$\sigma_{\text{в}}=850$ МПа	Поковка без корки
38	360	45	180	16	10	ХВГ	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка з коркою
39	510	165	310	18	20	Сталь 50	$\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Поковка з коркою
40	455	185	235	20	18	СЧ 40	НВ 220	Виливок з коркою
41	485	175	255	35	25	Сталь 40	$\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Поковка з коркою
42	390	90	195	30	20	ХВГ	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка без корки
43	450	140	230	35	18	БрАЖ9-4	НВ 140	Виливок без корки
44	435	110	300	25	25	СЧ 28	НВ 200	Виливок з коркою
45	530	180	320	32	30	Сталь 40Х	$\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	Поковка без корки
46	420	150	200	20	15	ХВГ	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка без корки
47	300	220	180	16	12	Сталь 45	$\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Поковка з коркою
48	250	180	170	20	20	СЧ 15	НВ 170	Виливок без корки
49	380	120	220	12	8	Д16Т	$\sigma_{\text{в}}=400$ МПа	Поковка без корки
50	550	200	320	35	15	9ХС	$\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	Поковка без корки

Таблиця 4.5 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при фрезеруванні закритого паза шпонковою фрезою ($l=0,6L$, $B=1,2H$)



Варіант	Розміри деталі, мм				Заготовка		
	L1	H	b	h	Матеріал	Механічні властивості	Вид заготовки і стан поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8
1	245	105	14	6	ХВГ	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка з коркою
2	295	75	15	8	БрАЖ9-4	НВ 120	Виливок без корки
3	345	100	10	5	СЧ 28	НВ 220	Виливок з коркою
4	290	60	8	4	ЛС 59-ІТ	НВ 100	Виливок з коркою
5	310	105	12	8	СЧ 15	НВ 180	Виливок без корки
6	260	100	6	7	БрОЦ4-3	НВ 140	Виливок з коркою
7	190	65	7	5	ВЧ 60-2	НВ 220	Виливок без корки
8	265	70	10	8	40ХН	$\sigma_B=800$ МПа	Штамповка
9	320	80	9	6	В8А	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
10	175	75	8	4	СЧ 15	НВ 190	Виливок з коркою
11	215	95	13	9	20Х	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
12	180	125	10	5	Г13	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
13	150	105	6	3	ЛАЖ 60-1	НВ 110	Виливок без корки
14	250	95	7	6	ШХ 15	$\sigma_B=950$ МПа	Штамповка
15	200	80	8	4	Сталь 45	$\sigma_B=750$ МПа	Виливок з коркою
16	215	105	9	7,5	ВЧ 50-7	НВ 220	Виливок без корки
17	270	75	10	8	ШХ 15	$\sigma_B=800$ МПа	Поковка без корки
18	380	95	11	7	Д16Г	$\sigma_B=400$ МПа	Виливок без корки
19	300	100	15	9	38ХН	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
20	205	120	14	8,5	45 Х	$\sigma_B=750$ МПа	Поковка без корки
21	160	110	13	6,5	9ХС	$\sigma_B=900$ МПа	Виливок з коркою
22	165	75	5	4	40Х	$\sigma_B=700$ МПа	Поковка без корки
23	145	90	4	5	ЛС 59-ІТ	НВ 100	Виливок без корки
24	100	75	6	5	ВЧ 30-6	НВ 190	Виливок з коркою
25	125	107	7	6	65М	$\sigma_B=850$ МПа	Поковка з коркою

5 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ШЛІФУВАННІ

Практичне заняття 5

Мета роботи: для заданих умов шліфування розрахувати режими різання й основний технологічний час.

Вихідні дані взяти з таблиць 5.1...5.4. Алгоритм розрахунку наведений на рисунку 5.1.

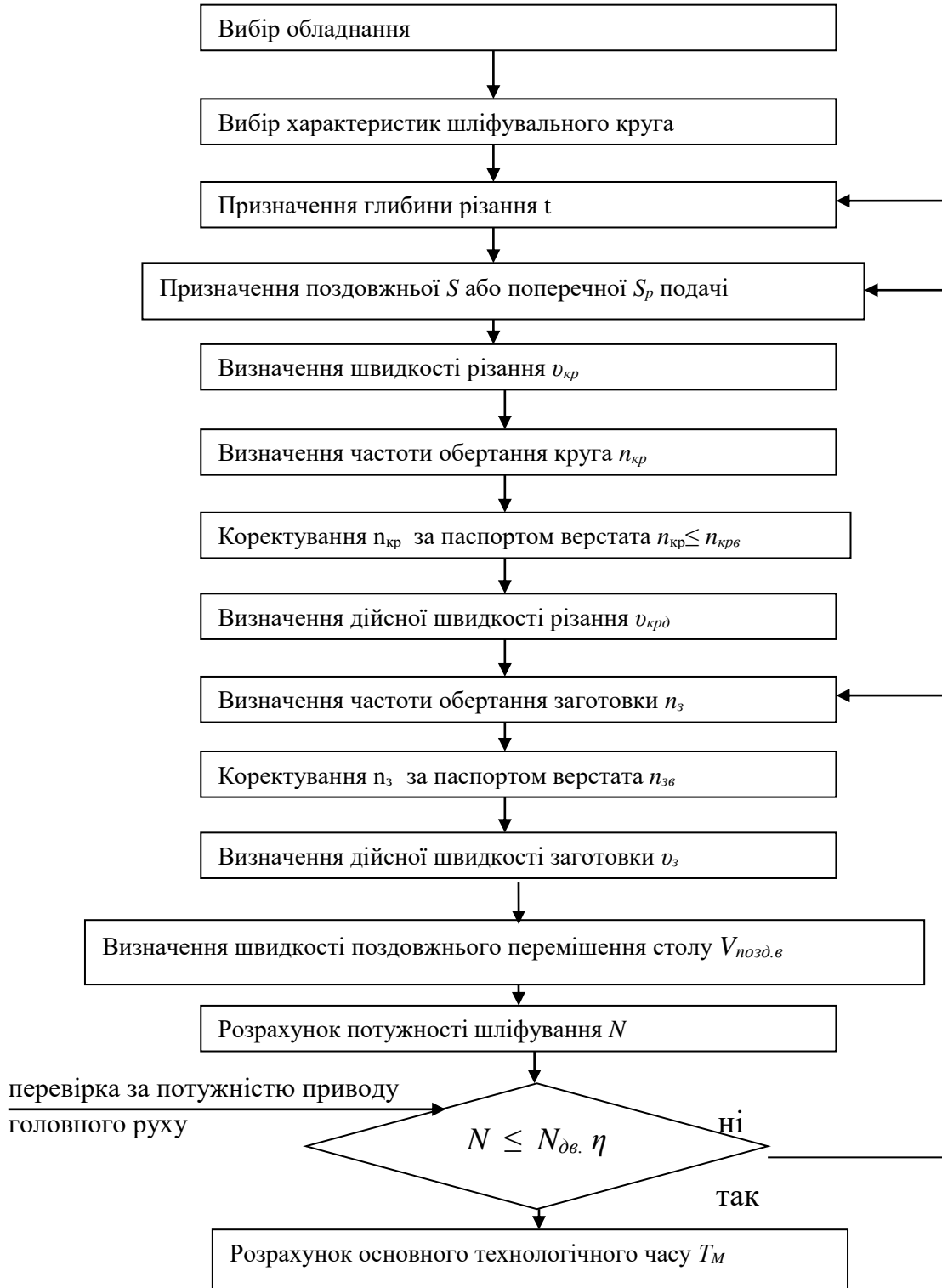


Рисунок 5.1 - Алгоритм розрахунку режиму різання при шліфуванні

5.1 Вибір устаткування

При виборі типу й моделі верстата необхідно враховувати вид шліфування, габаритні розміри деталі, точність розмірів після обробки й шорсткість обробленої поверхні.

Модель верстата вибирають за таблицями [1, табл.18...24; 2, табл.19...25, с.32...40; 3, табл.20...26, с.42...55; додаток В].

Студент повинен надати паспортні дані обраної моделі верстата.

5.2 Вибір характеристик шліфувального круга

Абразивний матеріал вибирають за таблицями [1, с.242...244; 3, с.337...339] залежно від властивостей оброблюваного матеріалу й виду шліфування.

Зернистість абразивного матеріалу вибирають за таблицями [1, табл.161...165, с.245...246; 2, табл.168...169, с.332...333; 3, с.339] залежно від виду шліфування й шорсткості. Студент повинен вибрати розмір зерна основної фракції, а також процентний вміст основної фракції.

Твердість абразивного круга вибирають за таблицями [1, с.247...249; 2, табл.173, с.345; 3, с.343...344; 4, табл.4, с.12...13] залежно від виду шліфування й властивостей оброблюваного матеріалу. При виборі твердості необхідно враховувати, що твердість визначається кількістю й властивостями зв'язки, уведеної до інструменту.

Структуру абразивного інструмента вибирають за таблицями [1, табл.167, с.249; 3, табл.174, с.344].

Зв'язку вибирають за таблицями [1, с.247...248; 2, табл.172, с.344; 3, табл.175, с.347] залежно від виду шліфування. При виборі зв'язки необхідно пам'ятати, що вона визначає точність і твердість абразивного інструмента й дуже впливає на режими, продуктивність і якість обробки.

Форму абразивного інструмента вибирають за таблицями [1, табл.168, с.252...253; 2, табл.170, с.234...239; 3, табл.7, с.17...21] залежно від виду шліфування.

Розміри абразивного інструмента вибирають за таблицями [1, табл.170...171, с.253...254; 2, табл.170, с.234...239; 3, табл.175, с.347; 4, табл.12, с.26...30] з урахуванням обраної моделі верстата.

Після вибору всіх характеристик абразивного інструмента студент повинен дати ескіз даного інструмента і його маркування відповідно до вимог ГОСТ 2424-75.

5.3 Визначення глибини різання

Глибину різання при круглому шліфуванні визначають величиною поперечної подачі, а при плоскому шліфуванні – величиною вертикальної подачі шліфувальної бабки за один хід стола.

Величину рекомендованих подач визначають за таблицями [1, табл.55, с.301...302; 2, табл.69, с.465...466; 3, табл.130, с.438...440] залежно від виду шліфування і якості обробленої поверхні. Отримані значення подач коректують за паспортом верстата, приймаючи найближче менше значення.

5.4 Визначення величини поздовжньої або поперечної подачі

Поздовжню подачу за один оберт виробу при круглому шліфуванні й поперечну подачу за один хід при плоскому шліфуванні визначають за таблицями [1, табл.55, с.301...302 або 2, табл.69, с.465...466; 3, табл.130, с.438...440]. Звичайно поздовжня (поперечна) подача задається в частках ширини шліфувального круга й залежить від характеру шліфування і якості обробленої поверхні.

5.5 Визначення швидкості різання

Швидкість різання визначають залежно від виду шліфування. При звичайному шліфуванні швидкість різання вибирають за таблицями [1, табл.55, с.301...302; 2, табл.69, с.465...466; 3, табл.130, с.438...440]. При швидкісному шліфуванні швидкість різання беруть у діапазоні

$$V_{кр} = 40...80 \text{ м/с.}$$

Після вибору швидкості різання визначають частоту обертання абразивного інструмента (хв^{-1}):

$$n_{кр} = \frac{1000V_{кр} \cdot 60}{\pi D_{кр}} \cdot \quad (5.1)$$

Отримане значення $n_{кр}$ коректують за паспортом верстата, приймаючи найближче менше значення:

$$n_{крв} \leq n_{кр} \cdot$$

Визначають дійсну швидкість різання

$$V_{кр\partial} = \frac{\pi D_{кр} n_{кр\partial}}{60 \cdot 1000} \cdot \quad (5.2)$$

5.6 Визначення частоти обертання заготовки

Для круглошліфувальних верстатів швидкість обертання заготовки вибирають за таблицями [1, табл. 55, с. 301...302; 2, табл. 69, с. 465...466; 3, табл. 130, с. 438...440] залежно від виду шліфування й виду оброблюваного матеріалу. Знаючи V_3 , можна визначити частоту її обертання

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3}, \quad (5.3)$$

яку варто скорегувати за паспортом верстата, приймаючи найближче менше значення:

$$n_{3\partial} \leq n.$$

Дійсна швидкість обертання заготовки

$$V_3 = \frac{\pi D_3 n_{3\partial}}{1000} \cdot \quad (5.4)$$

Для плоскошліфувальних верстатів швидкість поздовжнього руху стола вибирають за даними довідників. У сучасних плоскошліфувальних верстатах швидкість руху стола регулюється безступінчасто. Знаючи швидкість руху стола й довжину ходу, варто визначити кількість подвійних ходів стола за хвилину.

5.7 Визначення швидкості поздовжнього переміщення стола

Знаючи величину поздовжньої подачі S_{np} й частоту обертання заготовки $n_{3\partial}$, необхідно визначити швидкість переміщення стола (для випадку круглого шліфування), м/хв:

$$V_{np\partial} = \frac{n_{3\partial} S_{np}}{1000} \cdot \quad (5.5)$$

Отримане значення узгоджують із паспортом верстата. Якщо швидкість регулюється на верстаті ступінчасто, варто прийняти найближче менше значення.

5.8 Визначення потужності різання

Ефективну потужність різання визначають із урахуванням виду шліфування за однією з наступних емпіричних залежностей [1, с.300 або 2, с.469; 3, с.438]:

– при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею:

$$Ne = C_N V_3^r t^x s^y d^q ; \quad (5.6)$$

– при шліфуванні периферією круга з радіальною подачею (врізне шліфування):

$$Ne = C_N V_3^r s^y d^q b^z ; \quad (5.7)$$

– при шліфуванні торцем круга:

$$Ne = C_N V_3^r t^x b^z , \quad (5.8)$$

де d – діаметр шліфування, мм;

b – ширина шліфування, мм, рівна довжині деталі при круглому врізному шліфуванні й поперечному розмірі поверхні деталі при шліфуванні торцем кола.

Значення постійних коефіцієнтів і показників ступеня, що входять до зазначених залежностей, визначають за таблицями [1, табл.56, с.303; 2, табл.70, с.468; 3, табл.131, с.441].

5.9 Перевірка режимів різання

Перевірку здійснюють за потужністю приводу головного руху:

$$Ne \leq N_{\text{дв}} \eta , \quad (5.9)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність верстата;

$\eta = 0,75 \dots 0,85$ – ККД верстата.

5.10 Визначення основного часу

При круглому зовнішньому і внутрішньому шліфуванні основний (машинний) час визначається за формулою

$$T_o = \frac{Lh}{n_{зг} St} K, \quad (5.10)$$

де L – довжина ходу стола, мм; при перебігу круга на кожному сторону, який дорівнює $0,5\hat{A}_e$, $L=l+B_k$, тут l – довжина шліфованої деталі, мм;

h – припуск на сторону, мм;

K – коефіцієнт точності, що враховує час на “виходжування”, тобто шліфування без поперечної подачі. При попередньому шліфуванні $K=1,2$, а при чистовому – $K=1,4$.

При плоскому шліфуванні основний час визначають за формулою

$$T_o = \frac{HLh}{1000V_o stm} K, \quad (5.11)$$

де H – переміщення круга за напрямком поперечної подачі, мм,

$$H = b + B_k + 5,$$

де b – сумарна ширина поверхонь шліфованих деталей, що встановлені на столі;

B_k – ширина круга, м;

L – довжина поздовжнього ходу стола, мм,

$$L = l_1 + (10...15),$$

де l_1 – сумарна довжина деталей, установлених на столі;

h – припуск на обробку, мм;

V_o – швидкість руху деталі (стола), м/хв;

S – поперечна подача круга, мм/хід;

t – глибина шліфування (вертикальна подача), мм;

m – кількість деталей, одночасно встановлених на столі верстата;

K – коефіцієнт точності, що враховує час на “виходжування”, тобто шліфування без поперечної подачі. При попередньому шліфуванні $K=1,2$, а при чистовому – $K=1,4$.

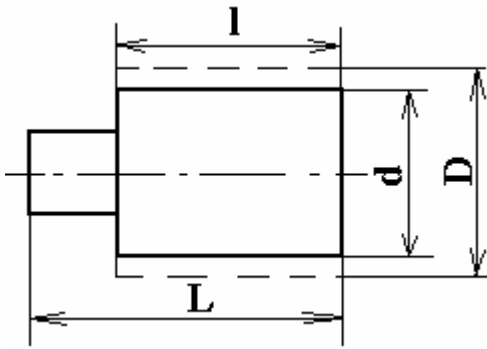
Зміст звіту

- 1 Ескіз обробки із вказівкою розмірів оброблюваної деталі.
- 2 Модель і технічні характеристики обраного верстата.
- 3 Вид, розміри, матеріал різальної частини, геометричні параметри й ескіз різального інструменту.
- 4 Розрахунок глибини різання.
- 5 Величина поздовжньої й поперечної подачі.
- 6 Вибір швидкості різання з коректуванням за паспортом верстата.
- 7 Розрахунок частоти обертання заготовки (швидкості поздовжнього переміщення стола) з коректуванням за паспортом верстата.
- 8 Розрахунок потужності й перевірка за потужністю головного приводу.
- 9 Розрахунок основного часу.
- 10 Висновки.

Контрольні запитання

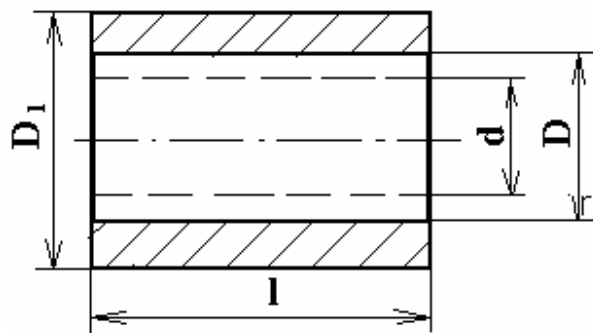
- 1 Як вибирають характеристики шліфувального круга?
- 2 Як вибирають глибину різання при шліфуванні?
- 3 Як визначають величини поздовжньої або поперечної подачі?
- 4 Від яких факторів залежить потужність різання?
- 5 Від яких факторів залежить основний час?
- 6 Як вибирають тип і матеріал круга при шліфуванні?
- 7 Як вибирають діаметр круга при внутрішньому шліфуванні?
- 8 За яким фактором здійснюють перевірку режиму різання при шліфуванні?
- 9 Як визначити величину переміщення круга за напрямком поздовжньої подачі?

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при круглому зовнішньому шліфуванні (заготовка встановлена в центрах)



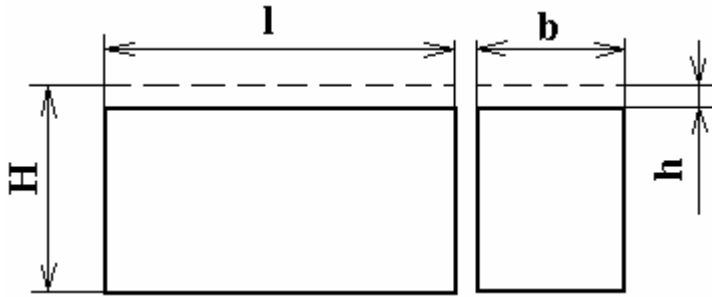
Варіант	Розміри деталі, мм				Шорсткість обробленої поверхні R_a , мкм	Заготовка	
	D	d	L	l		Матеріал	Твердість HRC_s
1	2	3	4	5	6	7	8
1	27	26	350	300	1,6	Сталь 65Г	45
2	55,8	55	420	350	1,25	Сталь 40ХС	50
3	60,5	60	400	320	1,6	Сталь Р6М5	62
4	30,6	30	480	400	1,6	Сталь 45	48
5	66	65	380	350	1,25	Сталь 12ХН3А	45
6	42,8	42	550	470	2,0	Сталь У10А	60
7	52,6	50	400	300	1,25	Сталь ШХ15	54
8	38,8	38	350	300	0,8	Сталь 50	50
9	35,6	35	300	250	1,25	Сталь ХВГ	54
10	42,6	42,1	450	380	1,6	Сталь Р6М3	60
11	56	55	500	450	1,6	Сталь Р9К10	62
12	30,8	30	320	250	0,63	В2Ф	58
13	44,8	44	250	190	1,25	Сталь В12А	62
14	20,3	20	350	300	2,0	Сталь 45Х	54
15	25,4	25	420	350	0,8	Сталь 30ХГСА	54
16	36	35	380	320	0,63	Сталь 38ХН	45
17	42,5	42	570	500	1,6	Сталь 9ХС	58
18	31,2	30,2	450	400	1,25	Сталь 45	45
19	70,7	70	280	200	1,6	Сталь ШХ15	60
20	37	36	430	280	1,25	Сталь Р6М5	60
21	59	58,5	350	300	0,8	Сталь Р6М5К5	62
22	45,4	45	440	280	1,25	Сталь У8А	58
23	45,4	45	290	250	1,6	Сталь ХВГ	56
24	69	68,2	520	450	1,25	Сталь 40Х	50
25	48,5	48	420	350	0,63	Сталь 30ХГСА	48

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при внутрішньому шліфуванні (деталь установлена в патроні)



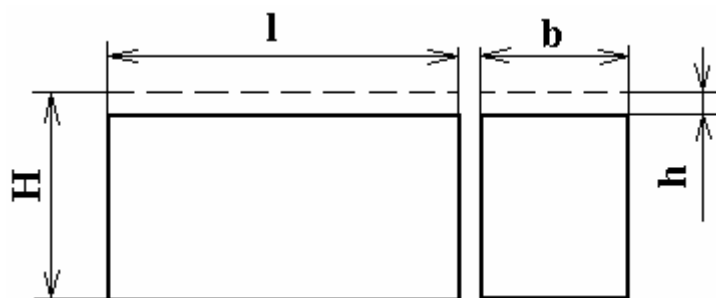
Варіант Т	Розміри деталі, мм				Шорсткість обробленої поверхні R_n , мкм	Заготовка	
	D	d	l	L		Матеріал	Твердість HRC_s
1	2	3	4	5	6	7	8
1	160	159	75	250	1,6	Сталь 65Г	45
2	110	109,2	150	180	1,25	Сталь 40ХС	50
3	130	128,8	200	280	1,6	Сталь Р6М5	62
4	75	74,5	50	170	1,25	Сталь Р6М5	60
5	70	68,9	120	200	1,6	Сталь У10А	62
6	115	114	120	180	1,25	Сталь ШХ15	60
7	120	118,5	80	140	2,0	Сталь 45	45
8	125	124,2	150	260	2,0	Сталь Г13	42
9	110	109,4	90	130	0,63	Сталь 40Х	48
10	65	64,5	120	250	0,8	СЧ40	НВ 240
11	50	49,6	80	220	1,25	Сталь Р18	62
12	80	79,5	50	120	0,63	Сталь Р9К10	62
13	95	94,2	70	140	0,8	Сталь У8А	60
14	90	89,4	95	150	1,25	Сталь 50	48
15	140	139	120	180	0,63	Сталь ХВГ	54
16	105	103,8	120	180	1,6	Сталь Р6М3	60
17	135	134	85	300	0,8	ВЧ 45-5	НВ 170
18	78	77	150	160	2,0	Сталь 40ХС	50
19	96	95	65	140	0,63	Сталь Р6М5К5	62
20	150	148	120	220	0,63	Сталь 65Г	62
21	72	71,4	65	300	1,25	ВЧ 50-7	НВ 160
22	112	111,2	80	250	0,8	Сталь 45	50
23	92	91,4	85	150	1,6	СЧ 28	НВ 220
24	118	117,2	120	300	1,25	Сталь ХВГ	48
25	60	59,2	180	120	0,63	СЧ 15	НВ 220

Таблиця 5.3 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при шліфуванні площини периферією круга



Варіант	Розміри деталі, мм				Шорсткість обробленої поверхні R_a , мкм	Заготовка	
	L	b	H	h		Матеріал	Твердість HRC_s
1	2	3	4	5	6	7	8
1	610	150	25,8	0,85	2,5	Сталь ХВСГ	62
2	340	180	40	0,35	2,5	СЧ 25	НВ 180
3	575	220	75	1,2	0,63	Сталь Р9К10	58
4	400	150	65,5	0,5	0,8	Сталь 45Х	44
5	360	240	62,9	0,9	1,25	Сталь 30ХГСА	54
6	240	125	21,8	0,3	1,6	Сталь 38ХН	45
7	290	100	38,5	0,85	2,5	Бр0Ц4-3	НВ 130
8	450	125	17,3	1,15	0,63	Сталь 9ХС	62
9	580	165	22	0,5	1,6	Сталь ХВГ	58
10	370	160	40	0,4	2,0	12ХН3А	55
11	490	105	28,5	0,5	2,5	Сталь 65М	60
12	300	120	10	0,3	0,8	Сталь ШХ15	44
13	480	150	40	0,5	1,6	Сталь Р6М5	64
14	320	140	32	0,85	1,25	ВЧ 50-7	НВ 200
15	240	200	18,5	0,55	0,63	СЧ 28	НВ 170
16	460	125	12,3	0,3	0,8	Сталь 40Х	40
17	300	80	16,5	0,5	2,5	СЧ 36	НВ200
18	350	160	45	0,25	1,25	Сталь Р18	64
19	470	250	16,5	0,3	2,5	Сталь 38ХМЮА	58
20	580	225	25,4	0,25	2,0	Сталь У10А	50
21	250	95	32,6	0,6	1,25	Сталь 50	35
22	560	260	18	0,65	1,6	Сталь Р6М5	60
23	220	70	21,4	0,4	0,63	Сталь 60С2	58
24	640	250	32,7	0,7	1,25	ВЧ 50-7	НВ 220
25	270	175	50,6	0,6	1,6	БрАЖ9-4	НВ 120

Таблиця 5.4 – Вихідні дані для розрахунку режиму різання при шліфуванні площини торцем кола



Варіант	Розміри деталі, мм				Шорсткість обробленої поверхні, R_a , мкм	Заготовка	
	L	b	H	h		Матеріал	Твердість HRC_s
1	2	3	4	5	6	7	8
1	245	175	60	1,05	1,25	Сталь 40X	50
2	460	170	25	0,75	2,5	СЧ 28	НВ 190
3	350	160	45,3	0,3	0,63	Сталь P18	62
4	580	200	35,4	0,45	1,25	Сталь У10А	60
5	470	250	20,4	0,4	0,63	Сталь 38ХМЮА	54
6	250	125	42,8	0,8	0,3	Сталь Р6М5	62
7	560	215	30,2	0,2	0,63	Сталь 60С2	54
8	240	80	12,5	0,25	0,32	ВЧ 50-7	НВ 200
9	580	300	28,5	0,4	2,5	БрАЖ9-4	НВ 120
10	645	125	20	0,45	1,25	Сталь ХВСГ	54
11	325	150	22	1,0	0,63	Сталь 45Х	54
12	570	240	30,5	0,45	1,25	СЧ 15	НВ 180
13	440	180	17,5	0,5	0,63	Сталь Р9К10	62
14	380	145	50	0,75	0,32	Сталь 9ХС	54
15	320	100	15	0,4	1,25	Сталь 38ХН	48
16	450	150	35	0,85	0,63	БрОЦ4-3	НВ 130
17	275	125	70	0,7	2,5	Сталь ХВГА	45
18	375	150	30	1,0	1,25	Сталь 45	48
19	410	125	40	0,25	0,32	Сталь 65Г	48
20	250	105	21	0,55	0,63	Сталь Р6М5К5	62
21	400	150	15,5	0,45	1,25	СЧ 24	НВ 180
22	560	135	15,3	0,25	2,5	Сталь Р6М5	60
23	250	105	40	0,5	0,63	Сталь 50	52
24	480	250	25	0,75	1,25	Сталь ШХ15	54
25	300	120	50	1,25	0,32	ВЧ 60-2	НВ 220

6 РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РІЗАННЯ

Практичне заняття 6

Мета роботи: для заданих умов обробки визначити оптимальний режим різання з урахуванням заданих лімітуючих факторів.

6.1 Стислі теоретичні відомості

Оптимальним (раціональним) режимом різання називають такий, котрий при виконанні всіх вимог, висунутих до якості обробленої деталі, забезпечує при мінімальній собівартості операції максимально можливу для даної собівартості продуктивність.

При призначенні режиму різання для конкретної технологічної операції насамперед виникає питання: що доцільніше збільшувати – глибину різання за рахунок зменшення подачі, або навпаки – працювати з більшим перерізом шару, що зрізується, і меншою швидкістю різання, або збільшувати швидкість за рахунок зменшення глибини різання й подачі.

6.2 Формування технічних обмежень

6.2.1 Лімітуючими факторами при призначенні режиму різання при точінні є: максимальні сили різання, які допускаються міцністю й жорсткістю різця; сила різання, яка допускається жорсткістю деталі; сила, яка допускається міцністю пластини із твердого сплаву; сила, яка допускається міцністю механізму подач верстата; потужність різання й шорсткість обробленої поверхні. Лімітуючим фактором є подача S при заданій глибині різання.

а) Сила, яка допускається міцністю державки різця

$$P_{zn} \leq \frac{[\sigma_u]W}{l}, \quad (6.1)$$

де P_{zn} – сила, яка допускається міцністю державки різця;

$[\sigma_u]$ – напруження, що допускаються на згин матеріалу державки різця:

– для сирової сталі марок 45, 40Х, $[\sigma_u] = 2400 \text{ МПа}$;

– для загартованої сталі, $[\sigma_u] = 4000 \text{ МПа}$;

W – момент опору перерізу державки різця:

$$W = \frac{BH^2}{6} \quad \text{– для державки прямокутного перерізу;}$$

- для державки квадратного перерізу, $W = \frac{H^3}{6}$;
 - для державки круглого перерізу, $W = 0,1 d^3$;
- l – виліт різця, $l = 1,5 H$.

Подача, яка допускається міцністю державки різця,

$$S_{np} \leq \left(\frac{[\sigma_u] W}{C_{Pz} t^{X_{Pz}} V^{n_{Pz}} K_p l} \right)^{\frac{1}{Y_{Pz}}}; \quad (6.2)$$

де C_{Pz} , X_{Pz} , N_{Pz} , Y_{Pz} – вибирають за таблицями [1, табл. 22, с. 273; 2, табл. 20, с. 42; 3, табл. 22, с. 372];

K_p – вибирають за таблицями [1, табл. 9, 10, 23, с. 264...275; 2, табл. 21...24, с. 420...431; 3, табл. 9, 10 і 23, с. 362 і 374].

б) Сила, яка допускається жорсткістю різця,

$$P_{жз} \leq \frac{3EI_p [f_p]}{l^3}, \quad (6.3)$$

де E – модуль пружності матеріалу державки різця, для сталі $E = 2 \cdot 10^5$ Н/мм²;

I_p – момент інерції перерізу державки;

– для державки прямокутного перерізу, $I_p = BH^3/12$;

– для державки квадратного перерізу, $I_p = H^4/12$;

– для державки круглого перерізу, $I_p = 0,05 d^4$;

$[f_p]$ – величина, що допускається на прогин вершини різця;

l – виліт різця, $l = 1,5 H$.

Подача, яка допускається жорсткістю державки різця,

$$S_{жр} \leq \left(\frac{3EI_p [f_p]}{C_{Pz} t^{X_{Pz}} V^{n_{Pz}} K_p l^3} \right)^{\frac{1}{Y_{Pz}}}. \quad (6.4)$$

в) Сила різання, яка допускається жорсткістю деталі.

$$P_{ужз} = f \frac{70EI}{L^3} \text{ – деталь установлена в центрах;}$$

$P_{уж} = f \frac{130EI}{L^3}$ – деталь установлена в патроні й підтиснута центром;

$P_{уж} = f \frac{3EI}{L^3}$ – деталь установлена в патроні,

де L – довжина деталі (заготовки), мм;

E – модуль пружності; $E=2 \times 10^5 \text{Н/мм}^2$ – для сталі;

$E=1,55 \times 10^5 \text{Н/мм}^2$ – для чавуну;

I – момент інерції поперечного перерізу деталі, мм^4 ; для круга $I=0,05D^4$,

f – припустима стріла прогину, мм;

$$f = 0,25\Delta,$$

де Δ – поле допуску на дану операцію, мм.

Подача, яка допускається жорсткістю деталі,

$$S_{ж\delta} \leq \left(\frac{P_{уж}}{C_{P_y} t^{X_{P_y}} V^{n_{P_y}} K_p} \right)^{\frac{1}{Y_{P_y}}}. \quad (6.5)$$

г) Сила різання, яка допускається міцністю пластини твердого сплаву,

$$P_{znn} = 333,2t^{2.77} C^{1.36} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0.8}, \quad (6.6)$$

де C – товщина пластини, мм; $C = 4,76; 6,35; 7,94$ мм.

д) Подача, яка допускається міцністю пластини твердого сплаву,

$$S_{nl} = \left(\frac{333,2t^{0.77} C^{1.35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0.8}}{C_{P_z} t^{X_{P_z}} V^{n_{P_z}} K_p} \right)^{\frac{1}{Y_{P_z}}}. \quad (6.7)$$

е) Подачу, яка допускається заданою жорсткістю обробленої поверхні, визначають за формулою

$$S_R = \left(\frac{R_{zd} c_s r^{0,5}}{t^{0,7} \varphi^{0,25} \varphi_1^{0,25}} \right)^{1,43} . \quad (6.8)$$

де R_{zd} – припустима шорсткість поверхні, мкм;
 C_s – постійний коефіцієнт, $C_s = 0,008$.

6.2.2 Лімітуючими факторами при призначенні подачі при свердлінні є: обмеження за міцністю механізму подач верстата, обмеження за жорсткістю свердла й обмеження за міцністю свердла.

а) Подача, яка допускається міцністю механізму подачі верстата,

$$S_{mv} = \left(\frac{[P_g]}{10C_p D^{q_p} K_p} \right)^{\frac{1}{Y_p}} . \quad (6.9)$$

де $[P_g]$ – сила, яка допускається міцністю механізму подачі верстата, Н;

D – діаметр свердла, мм;

C_p, q_p, Y_p – постійний коефіцієнт і показники ступеня, вибирають за таблицями [1, табл.32, с.282; 2, табл.31, с.436; 3, табл.42, с.385];

$K_p = K_{mp}$ – поправковий коефіцієнт, вибирають за таблицями [1, табл.9...10, с.264...265; 2, табл.21...23, с.430; 3, табл.9,10, с.363].

б) Подача, яка допускається жорсткістю свердла,

$$S_{жв} \leq \left(\frac{K_y EI}{L_{св}^2 10C_p D^{q_p} K_p} \right)^{\frac{1}{Y_p}} , \quad (6.10)$$

де K_y – коефіцієнт стійкості, для спіральних свердел $K_y = 2.46$;

E – модуль пружності матеріалу свердла;

I – момент інерції свердла, $J = 0,039D^4$, мм⁴;

$L_{св}$ – довжина свердла, мм.

в) Подача, яка допускається міцністю свердла,

$$S_{св} \leq \left(\frac{[\sigma_{\epsilon}] 0,02 D^3}{1,73 \times 10 C_m D^{q_m} K_p K_{зм}} \right)^{\frac{1}{Y_m}}, \quad (6.11)$$

де $[\sigma_{\epsilon}]$ – тимчасовий опір матеріалу свердла, МПа;

C_m, q_m, Y_m – постійний коефіцієнт і показники ступеня, вибирають за таблицями [1, табл. 32, с. 281 або 2, табл. 31, с. 436];

$K_{зм}$ – коефіцієнт запасу міцності, $K_{зм} = 1,5 \dots 2,0$.

Отримані значення подачі порівнюють із нормативною й вибирають найменше значення. Далі визначають швидкість і потужність різання.

6.2.3 Лімітуючим фактором при призначенні режиму різання при фрезеруванні є сила, яка допускається міцністю механізму подач верстата.

Подача, яка допускається міцністю механізму подач верстата,

$$S_{мл} \leq \left(\frac{[P_{\epsilon}]}{C_p t^{x_p} D^{1-q_p} z^{u_p} B^{t_p} K_p} \right)^{\frac{1}{Y_p}}, \quad (6.12)$$

де $[P_{\epsilon}]$ – сила, яка допускається міцністю механізму подач верстата, Н;

D – діаметр фрези, мм;

Z – кількість зубів фрези;

B – ширина фрезерування;

$C_p, X_p, q_p, Y_p, u_p, t_p$ – постійний коефіцієнт і показники ступеня, визначають за таблицями [1, табл. 41, с. 291; 2, табл. 39, с. 445; 3, табл. 83, с. 412];

$K_p = K_{мп}$ – поправковий коефіцієнт, визначають за таблицями [1, табл. 9 і 10, с. 264; 2, табл. 21...23, с. 430; 3, табл. 9 і 10, с. 362].

Обмеження за міцністю фрези, міцністю твердосплавної пластини, жорсткістю різального інструменту й оброблюваної деталі, як правило, не враховуються при вирішенні завдань оптимізації.

Отримане значення подачі порівнюють із нормативною й вибирають менше значення. Далі визначають швидкість і потужність різання.

6.3 Типове завдання

При точінні на верстаті І6К20 вала діаметром 30 мм і довжиною 300 мм необхідно вибрати оптимальний режим різання й визначити фактор, що лімітує подачу. Обробку роблять у центрах. Оброблюваний матеріал – сталь 45, глибина різання – 2,0 мм (по корці), шорсткість обробленої поверхні – $Rz=60$ мкм. Лімітуючі фактори: жорсткість різця $f_p = 0,05$ мм, жорсткість деталі $f_p = 0,1$ мм і міцність механізму подачі.

Вирішення завдання

1 За таблицями [1, табл.11...16, с.266...269; 2, табл.2, с.418; 3, табл. 11...16, с.364...367] визначаємо: нормативне значення подачі $S_n=0,4$ мм/об й розміри державки різця $H \times B = 20 \times 20$ мм.

2 Визначаємо подачу, яка допускається жорсткістю державки різця, за формулою

$$S_{жр} \leq \left(\frac{3I_p E f_p l}{C_{Pz} t^X P_z V^{n_{Pz}} K_p l^3} \right)^{Y_{Pz}} \leq \left[\frac{3 \frac{20^4}{12} (2 \cdot 19^5) \cdot 0,05}{300 \cdot 2 \cdot 60^{-0,15} \cdot 1 \cdot (1,5 \cdot 20)^3} \right]^{\frac{1}{0,75}} \leq 7,52 \text{ мм / об} .$$

Значення C_{Pz} , X_{Pz} , n_{Pz} , Y_{Pz} – визначають за таблицями [1, табл. 22, с. 273; 2, табл. 20, с. 429; 3, табл. 9,10 і 23, с. 362, 363 і 374]:

$$C_{Pz} = 300; X_{Pz} = 1; Y_{Pz} = 0,75; n_{Pz} = -0,15.$$

Значення K_p визначають за таблицями [1, табл.9, 10, 23, с.264, 265, 275; 2, табл.21...24, с.430...431; 3, табл.9,10 і 23, с.362, 363 і 374]:

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} K_{r_p} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Беремо за таблицями [2, табл. 30, с. 188] наступні геометричні параметри різця: $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 25^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $r = 0$ мм. Матеріал різальної частини – твердий сплав Т5К10 [2, табл.6, с.148].

Для вибору фактора, що лімітує подачу, беремо $V = 60$ м/хв.

3 Визначаємо подачу, яка допускається жорсткістю деталі,

$$S_{\text{жсд}} \leq \left(\frac{P_{\text{ужс}}}{C_{P_y} t^{X_{P_y}} V^{n_{P_y}} K_p} \right)^{\frac{1}{Y_{P_y}}}$$

При обробці деталі в центрах $P_{\text{ужс}} = \frac{70EI}{L^3} [f_y]$.

$$S_{\text{жсд}} \leq \left(\frac{70EI[f_y]}{L^3 C_{P_y} t^{X_{P_y}} V^{n_{P_y}} K_p} \right)^{\frac{1}{Y_{P_y}}}$$

Значення C_{P_y} і показників ступеня визначають за таблицями [1, табл.22, с.273 або 2, табл. 20, с.429]. $C_{P_y}=243$; $X_{P_y}=0,9$; $Y_{P_y}=0,6$; $n_{P_y}=-0,3$.

Значення K_{P_y} визначають за таблицями [1, табл.9, 10, 23, с.264, 265, 275; 2, табл.21...24, с. 430...431];

$$K_{P_y} = \left(\frac{750}{750} \right)^{1,35} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,$$

$$S_{\text{жсд}} \leq \left(\frac{0,1 \cdot 70 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 30^4}{300^3 \cdot 243 \cdot 2^{0,4} \cdot 60^{-0,3} \cdot 1} \right)^{\frac{1}{0,6}} \leq 40,5 \text{ мм/об.}$$

4 Визначаємо подачу, яка допускається шорсткістю оброблюваної поверхні:

$$S_R \leq \left(\frac{R_{zd} C_S r^{0,5}}{t^{0,7} \varphi^{0,25} \varphi_1^{0,25}} \right)^{1,43} \leq \left(\frac{60 \cdot 0,008 \cdot 1,0^{0,5}}{2^{0,7} \cdot 45^{0,25} \cdot 45^{0,25}} \right)^{1,43} \leq 1,01 \text{ мм/об.}$$

5 Визначаємо подачу, яка допускається міцністю механізму подачі:

$$S_{\text{мв}} \leq \left(\frac{[P_{\text{мл}}]}{C_{P_x} t^{X_{P_x}} V^{n_{P_x}} K_{P_y}} \right)^{\frac{1}{Y_{P_x}}} \leq \left(\frac{3600}{10 \cdot 339 \cdot 2^1 \cdot 60^{-0,4} \cdot 1} \right)^{\frac{1}{0,5}} \leq 7,45 \text{ мм/об.},$$

де $[P_{\text{мл}}] = 3600$ Н – сила, яка допускається міцністю механізму подачі верстата 16K20.

Значення C_{p_x} і показників ступеня визначають за таблицями [1, табл. 22, с. 273; 2, табл. 20, с. 429]:

$$C_{p_x} = 339; X_{p_x} = 1; Y_{p_x} = 0,5; n_{p_x} = -0,4.$$

Значення K_{p_x} визначають за таблицями [1, табл. 9.. 10, с.264, 265; 2, табл.21...24, с.430...431]:

$$K_{p_x} = \left(\frac{750}{750} \right)^1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

6 Порівнюючи отримані значення подач, установлюємо, що мінімальною є нормативна подача $S_n = 0,4$ мм/об. Коректуємо S_n за паспортом верстата: $S = 0,39$ мм/об.

7 Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot X_v \cdot S^{Y_v}} k_v = \frac{350 \cdot 0,46}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,39^{0,35}} = 88,9 \text{ м/хв.}$$

Значення C_v і показники ступеня визначають за таблицями [1, табл.17, с.269...270 або 2, табл.8, с.422; 3, табл.17, с.367].

$$C_v = 350; X_v = 0,15; Y_v = 0,15; m = 0,2.$$

Період стійкості різця беремо $T = 60$ хв.

Поправковий коефіцієнт k_v визначаємо за формулою

$$k_v = k_{m_v} k_{\gamma_v} k_{u_v} k_{\phi_v} k_{\phi_{1v}} k_{r_v} k_{q_v} k_{\sigma_v},$$

$$k_v = \left(\frac{750}{750} \right)^1 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,46.$$

Значення складових k_v визначаємо за таблицями [1, табл.1...10, с.261...271; 2, табл.9...17, с.424...427; 3, табл.1...8, с.358...362, табл.18, с.369].

8 Розраховуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 88,9}{3,14 \cdot 30} = 943,7 \text{ хв}^{-1}.$$

9 Коректуємо n за паспортом верстата, беручи найближче менше значення $n_B = 800 \text{ хв}^{-1}$

10 Дійсна швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 800}{1000} = 75,4 \text{ м/хв}.$$

11 Визначаємо потужність різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{1020 \times 60},$$

$$P_z = C_{p_z} t^{X_{p_z}} S^{Y_{p_z}} V^{P_{p_z}} K_p = 3000 \cdot 2^1 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 75,4^{-0,15} \cdot 1 = 6410 \text{ Н}.$$

12 Виконуємо перевірку за потужністю.

Ефективна потужність верстата

$$N_{\text{эф}} = N_{\text{дв}} \times \eta = 10 \text{ кВт} \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}.$$

Відповідь: оптимальним є режим різання зі значеннями $S=0,39 \text{ мм/об}$ і $V=75,4 \text{ м/хв}$, що забезпечує шорсткість обробленої поверхні $Rz=60 \text{ мкм}$. Факторів, що лімітують подачу, немає.

6.4 Завдання для самостійного рішення

6.4.1 На токарному верстаті роблять напівчистову ($Rz=20 \text{ мкм}$) обробку валика з важкооброблюваної сталі 12Х18Н9Т. Глибина різання $t=2,0 \text{ мм}$.

Необхідно:

а) визначити марку твердого сплаву матеріалу різця і його хімічний склад;

б) за нормативними матеріалами вибрати оптимальні режими різання, що забезпечують заданий період стійкості;

в) розрахувати силу різання P_z і потужність різання.

6.4.2 Для операції чорнового фрезерування плоскої поверхні зі сталі 45 ($\sigma_b = 750$ МПа) шириною $B=90$ мм (припуск на обробку $h=4$ мм, заготовка – поковка, обробка з застосуванням МОР) необхідно вирішити наступні питання:

а) призначити конструктивні й геометричні параметри циліндричної фрези зі швидкорізальної сталі, враховуючи необхідність забезпечення рівномірного фрезерування;

б) призначити режим різання, умовно приймаючи, що верстат має безступінчасте регулювання частоти обертання й подач у межах $n=32,5...1600$ хв⁻¹, $S_{хв}=25...1250$ мм/хв; $N_{дв}=7$ кВт, $\eta=0,9$, жорсткість технологічної системи – підвищена.

6.4.3 Знайти оптимальні умови свердління сталеві деталі НВ 250 на верстаті 2Р53. Діаметр свердління 24 мм, довжина свердління 40 мм, $Rz=20$ мкм, точність JT12, МОР. Як зміняться ці умови, якщо деталь буде виготовлена із сірого чавуну?

6.4.4 Для операції свердління наскрізного отвору в заготовці зі сталі 45 без корки ($\sigma_b=750$ МПа) для різі М 24-6Н ($l=80$ мм, НВ=220) розробити наступні питання:

а) вибрати свердло зі швидкорізальної сталі;

б) призначити табличним методом режим різання.

Обробка виконується із МОР на універсальному свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті зі ЧПУ мод 6Б76ПФ2 ($N_{дв}=2,2$ кВт, $\eta=0,95$, $n=40...2000$ хв⁻¹ ($\varphi=1,26$), $S_{хв}=2,5...1600$ мм/хв ($\varphi_{1сн}=1,6$), припустиме осьове зусилля $P_o=6000$ Н).

6.4.5 Виникла виробнича необхідність в обробці зовнішнім точінням загартованих сталевих деталей типу вал ($HRC_E=54$), на бічній поверхні яких, крім того, є прямокутний паз глибиною 10мм і шириною 10 мм. Точіння необхідно виконати прохідним різцем із твердосплавною пластиною ($H \times B = 25 \times 20$ мм, товщина пластини 6мм). Геометричні параметри різальної частини різця: $\varphi = 45^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $\gamma = -10^\circ$.

Необхідно табличним методом визначити подачу, якщо відомо, що діаметр деталі до обробки дорівнює 95 мм. Обробку варто зробити за один прохід до діаметра 87 мм без МОР. Довжина обробки – 85 мм, виліт різця – 30 мм, припустимий прогин різця з умови міцності державки – $f=0,1$ мм.

Визначити, чи відповідає призначена подача умовам жорсткості різця, міцності пластини твердого сплаву й, якщо необхідно, відкоригувати її.

Зміст звіту

- 1 Умова завдання.
- 2 Необхідні розрахункові формули.
- 3 Результати розрахунку.
- 4 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Що називають оптимальним режимом різання?
- 2 Що є лімітуючими факторами при призначенні режиму різання при точінні?
- 3 Як формуються технічні обмеження?
- 4 Від яких факторів залежить сила, яка допускається міцністю державки різця?
- 5 Від яких факторів залежить сила, яка допускається жорсткістю різця?
- 6 Від яких факторів залежить сила, яка допускається міцністю пластини твердого сплаву?
- 7 Що є лімітуючими факторами при призначенні режиму різання при свердлінні?
- 8 Що є лімітуючим фактором при призначенні режиму різання при фрезеруванні?
- 9 Від яких факторів залежить подача, яка допускається міцністю механізму подачі верстата?
- 10 Від яких факторів залежить подача, яка допускається жорсткістю свердла?
- 11 Від яких факторів залежить подача, яка допускається міцністю свердла?
- 12 Від яких факторів залежить подача, яка допускається міцністю механізму подачі фрезерного верстата?
- 13 Які фактори впливають на подачу, яка допускається шорсткістю оброблюваної поверхні?

7 ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РІЗАННЯ, ЩО ВИКЛЮЧАЄ НЕБЕЗПЕКУ ВИРИВУ Й БРАК ДЕТАЛІ

Практичне заняття 7

Мета роботи: розрахунок оптимального режиму різання, що виключає небезпеку вириву оброблюваної деталі і її брак за рахунок зменшення складових сил різання.

7.1 Типове завдання

Виключити небезпеку вириву оброблюваної деталі із сірого чавуну твердістю HB 260 при наскрізному свердлінні свердлами з різальною частиною зі швидкорізальної сталі P6M5 діаметром $d = 16\text{мм}$ зі стандартним заточенням $2\varphi = 116^\circ$ за рахунок зменшення осьової складової сили різання P_0 на 25...30%. На скільки допускається збільшити швидкість різання, щоб стійкість інструмента зменшилася не більш ніж в 2 рази? Режим різання: $V = 17,3\text{м/хв}$, $S = 0,4\text{мм/об}$, довжина проходу $-l = 32\text{мм}$.

Поправковий коефіцієнт на осьову складову наведений у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Поправкові коефіцієнти на P_0

2φ	116.....118	120.....130	100.....115
$k_{2\varphi}$	1,32	1,32	0,87

Вирішення завдання

Зобразимо схему наскрізного свердління (рис.7.1). Визначимо фактори, що дозволяють виключити небезпеку вириву.

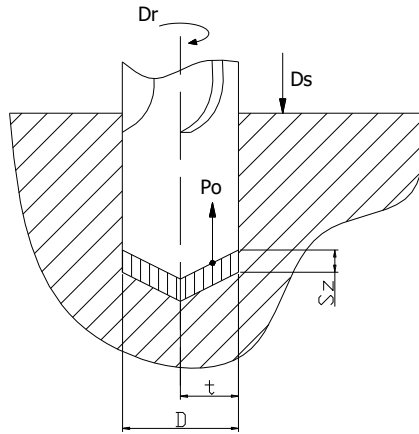


Рисунок 7.1 - Схема наскрізного свердління

Залежність осьової складової сили від різних факторів [1, 2].

$$P_0 = 10C_p d^q S^y k_p k_{\varphi_p} . \quad (7.1)$$

1 Знайдемо значення осьової складової сили різання, при якій можливий вирив деталі.

Значення C_p й показників ступеня виберемо за таблицями [1, табл. 9, 32, с. 264, 281; 2, табл. 21, 22 с. 430, табл. 31, с. 436; 3, табл. 42, с. 385]:

$$C_p = 42,7; q = 1; y = 0,8; K_p = K_{MP} = \left(\frac{260}{190} \right)^{0,6} = 1,21 ,$$

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 16 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,21 \cdot 1,32 = 5242,7 \text{ Н} .$$

2 Визначимо період стійкості інструмента, при якому може виникнути вирив деталі:

$$T = \frac{(C_v k_v)^{1/m} d^{q/m}}{v^{1/m} S^{y/m}} = \frac{(17,1 \cdot 0,67)^8 \cdot 16^2}{17,3^8 \cdot 0,4^{3,2}} = 189,4 \text{ хв} .$$

Значення постійного коефіцієнта й показників ступеня визначаємо за таблицями [1, табл.28, с.278; 2 табл.28, с.434; 3, табл.39, с.383]:

$$C_v = 17,1; q = 0,25; y = 0,4; m = 0,125 ,$$

$$k_v = k_{Mv} k_{uv} k_{lv} = \left(\frac{190}{260} \right)^{1,3} \cdot 1 \cdot 1 = 0,67 .$$

3 Визначимо значення осьової складової P_0 і стійкості T , при яких виключається небезпека вириву.

При цьому зменшення стійкості припустиме не більш ніж в 2 рази.

Складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 0,7P_0 = (10C_P d^q K_P K_{\varphi_P}) S^{0,8} = K_1 S^{0,8}, \\ 0,5T = \frac{[(C_V k_V)^{1/m} d^{q/m}]}{v^8 S^{4,4}} = \frac{K_2}{v^8 S^{4,4}}, \end{cases}$$

де $K_1 = 10C_P d^q K_P K_{\varphi_P}$ $K_2 = [(C_V k_V)^{1/m} d^{q/m}]$.

Аналіз системи рівнянь показує, що зменшення осьової складової можливо тільки за рахунок зменшення подачі. Обчислимо значення S , при якому P_0 зменшується на 30%:

$$S^{0,8} = \frac{0,7P_0}{1091,21}; \quad S = 0,26 \text{ мм/об.}$$

Тоді, щоб стійкість T зменшилася не більш ніж в 2 рази, швидкість різання допускається збільшити до значення $V = 23,4 \text{ м/хв}$:

$$94,72 = \frac{(17,1 \cdot 0,67)^8 \cdot 16^2}{v^8 \cdot 0,26^{4,4}}; \quad v = 23,4 \text{ м/хв.}$$

Відповідь: для виключення небезпеки вириву варто зменшити подачу до $S = 0,26 \text{ мм/об}$. При цьому осьова складова сили різання зменшиться на 30%. При цьому зменшенні S допускається збільшення швидкості до $v = 23,4 \text{ м/хв}$, що зменшує період стійкості в 2 рази: $T = 94,72 \text{ хв}$.

7.2 Завдання для самостійного рішення

7.2.1 Виключити брак (бочкоподібність) при поздовжньому точінні на верстаті 16К20 сталевого ($\sigma_s = 750 \text{ МПа}$) вала діаметром $d = 55^{+0,45} \text{ мм}$ і довжиною 1200 мм із заготовки діаметром $D = 60 \text{ мм}$ і довжиною 1200 мм. Брак виникає під дією сили різання й зниженої жорсткості оброблюваної деталі.

Діючий режим різання: $V = 215 \text{ м/хв}$, $S = 0,34 \text{ мм/об}$, $t = 2,5 \text{ мм}$. Довжина проходу з урахуванням врізання й перебігу різця $L = 1206,5 \text{ мм}$. Період стійкості різця $T = 60 \text{ хв}$. Різець: Т15К6 ($H \times B = 25 \times 16$); $\gamma = \alpha = \alpha_1 = \varphi_1 = 10^\circ$; $\lambda = 0$; $\varphi = 45^\circ$; $r_g = 1,0 \text{ мм}$.

7.2.2 Виключити брак (бочкоподібність), що виникає при зовнішньому поздовжньому точінні (швидкість різання $V = 21,3 \text{ м/хв}$, подача $S = 0,39 \text{ мм/об}$, глибина різання $t = 2,5 \text{ мм}$, основний час $T_o = 2,47 \text{ хв}$).

Характеристики вала: $\sigma_g = 750 \text{ МПа}$, діаметр після обробки $d = 55^{-0,45} \text{ мм}$, діаметр заготовки $D = 60 \text{ мм}$, довжина заготовки й вала $l = 1200 \text{ мм}$, довжина проходу з урахуванням врізання й перебігу $L = 1206,5 \text{ мм}$.

Різець: Т15К6 ($H \times B = 25 \times 16$); $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = \alpha = \gamma = 10^\circ$; $\lambda = 0$; $\varphi = 45^\circ$; $r_g = 0,5 \text{ мм}$. Верстат 16К20, обробка в центрах.

Брак виключити за рахунок зменшення сили різання шляхом зміни режиму різання й періоду стійкості інструмента при збереженні продуктивності обробки (машинного часу). Прогин виробу, який допускається при обробці, $-f_g \leq 0,2 \text{ мм}$.

7.2.3 Знайти оптимальний варіант обробки деталі із чавуну НВ 150 діаметром $d = 75 \text{ мм}$ і довжиною $l = 400 \text{ мм}$ різцем ВК8 на верстаті 16К20. Глибина різання $t = 4,5 \text{ мм}$. Обмежуючі фактори: шорсткість $R_z = 40 \text{ мкм}$, період стійкості, потужність.

Як розрахувати подачу, яка допускається одночасно стійкістю й потужністю верстата? Показати графічно сутність одночасної подачі $S_{\text{одн}}$.

7.2.4 Чи досить потужності головного двигуна верстата мод. 16Б05А для того, щоб зробити обробку заготовки діаметром $d = 75 \text{ мм}$ з легованої сталі 40Х13 (HRC, 48...52) при частоті обертання шпинделя $n = 400 \text{ хв}^{-1}$, подачі $S = 0,12 \text{ мм/об}$, глибині різання $t = 0,5 \text{ мм}$. Обробка виконується різцем з надтвердого матеріалу (композит 01) з геометричними параметрами: $\gamma = -10^\circ$, $\alpha = \alpha_1 = 15^\circ$; $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$, $r_g = 0,6 \text{ мм}$. ККД верстата $\eta = 0,97$, коефіцієнт допустимого перевантаження $k_i = 1,05$.

7.2.5 Розрахувати площу перерізу державки токарного прохідного різця із пластиною із твердого сплаву Т15К6, призначеного для чорнової обробки вала діаметром 100 мм зі сталі 45 ($\sigma_s = 750 \text{ МПа}$). Геометрія різця: $\varphi = 45^\circ, \gamma = 0, \alpha = 8^\circ, \lambda = 0^\circ, r_s = 1,0 \text{ мм}$. Діаметр заготовки – 110 мм, подача $S = 0,8 \text{ мм/об}$, швидкість різання $V = 120 \text{ м/хв}$, виліт різця $l = 50 \text{ мм}$. Матеріал державки – сталь 50, $\sigma_s = 650 \text{ МПа}$, $\sigma_u = 2000 \text{ МПа}$. Прогин різця, що допускається, $f = 0,1 \text{ мм}$. Площу перерізу розрахувати для квадратної й прямокутної державок.

7.2.6 До механічного цеху для виготовлення певних деталей надійшла нова марка конструкційного матеріалу. Для виконання практичних розрахунків необхідно:

а) Установити емпіричну залежність складової сили різання P_z від елементів режиму різання. Дані експерименту наведені в таблиці 7.2. Завдання вирішити графоаналітичним методом.

Таблиця 7.2 - Дані експерименту*

$S, \text{мм/об}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,2	1,6
$t, \text{мм}$	3	5	7	10	5	5	5
$P_z, \text{Н}$	1490	2380	3500	4700	2800	3800	4700

*Дані отримані при $\varphi = 45^\circ$.

б) Визначити значення поправкових коефіцієнтів, що відбивають вплив головного кута в плані φ на P_z . Дані для розрахунку наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Дані для розрахунку**

$\varphi, \text{град}$	30	45	60	90
$P_z, \text{Н}$	2570	2380	2237	2118

**Дані отримані при $t = 5 \text{ мм}$ і $S = 0,6 \text{ мм/об}$.

7.2.7 Відповідно до вимог креслення певна група деталей повинна виготовлятися з нової марки конструкційного матеріалу.

Для практичних розрахунків необхідно:

а) Установити приватну емпіричну залежність складової сили різання P_Z від глибини різання t . Дані експерименту наведені в таблиці 7.4. Завдання вирішити графо-аналітичним способом.

Таблиця 7.4 - Дані для розрахунку

$t, мм$	3	5	7	10	Примітка
$P_Z, Н$	1490	2380	3500	4700	$S = 0,6 мм/об$

б) Установити узагальнену залежність P_Z від подачі й глибини різання за умови, що часткова залежність P_Z від S має вигляд: $P_Z = 3370,0 \cdot S^{0,66}$, залежність отримана при $t = 5 мм$.

Зміст звіту

- 1 Умова завдання.
- 2 Необхідні розрахункові формули.
- 3 Результати розрахунку.
- 4 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Яка складова сили різання впливає на точність обробки при точінні?
- 2 Які обмеження використовують як обмеження при виборі оптимального режиму різання?
- 3 Як розрахувати площу перерізу державки токарного прохідного різця?
- 4 Який з елементів режиму різання найбільше впливає на складову сили різання P_Z ?
- 5 Яке призначення поправкових коефіцієнтів?
- 6 Які ви знаєте методи підвищення стійкості різального інструменту?

8 ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОШУВАННЯ, ПЕРІОДУ СТІЙКОСТІ Й ВИТРАТИ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Практичне заняття 8

Мета роботи: визначити оптимальний період стійкості інструмента й швидкість різання, що забезпечують оптимальний ресурс інструмента, а також витрату (потребу) інструмента для обробки заданої кількості виробів.

8.1 Стислі теоретичні відомості

Завдання з визначення зношування й стійкості інструмента пов'язані з використанням залежності періоду стійкості від швидкості різання $T=f(v)$, що має складний багатоекстримальний характер. У виробничих умовах, де обробка ведеться на досить високих швидкостях, для опису залежності швидкості різання застосовують наступну формулу

$$V = \frac{C_v}{T^m}, \quad (8.1)$$

де C_v – постійна, що характеризує вплив параметрів оброблюваного й інструментального матеріалів, геометрію різальної частини інструмента й інші умови;

m – показник відносної стійкості.

При експлуатації інструмента через його зношування настає такий момент, коли подальше різання інструментом повинне бути припинене, а інструмент відправлений на переточування (відновлення). Момент затуплення інструмента встановлюють за допомогою критерію зношування. Інструмент вважають затупленим, коли зношування задньої поверхні досягає значення, рівного оптимальному зношуванню. Під оптимальним зношуванням розуміють таке, при якому повний період стійкості різального інструменту досягає максимальної величини. Повний період стійкості різального інструменту визначають за формулою

$$\sum T = TK, \quad \text{або} \quad \sum T = T(k_1 + 1), \quad (8.2)$$

де T – період стійкості інструмента;

K – кількість періодів стійкості;

k_1 – кількість переточувань або переустановлювань.

Величину зношування h_3 , при якому сумарний період стійкості найбільший, визначають у такий спосіб (рис.8.1). На рисунку 8.1 зображене зношене лезо інструмента зі зношуванням h_3 . Щоб інструмент став знову працездатним, із задньої поверхні при переточуванні повинен бути зішліфований шар твердого сплаву h_3 товщиною $(h+\Delta h)$.

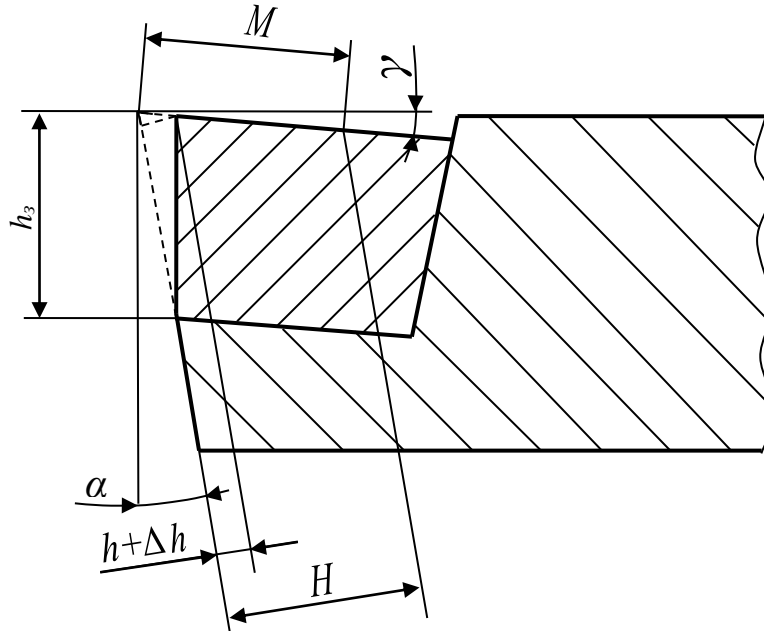


Рисунок 8.1 - Схема переточування інструмента при зношуванні тільки задньою поверхнею

Товщина шару

$$h = h_3 \frac{\operatorname{tg} \alpha \cos(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}. \quad (8.3)$$

Уведемо позначку

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha \cos(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma} = C,$$

тоді $h = Ch_3$. Додатковий шар $\Delta h = 0,1 \dots 0,15 \text{ мм}$ вміщує допуск на заточування та шар твердого сплаву, який знімають для видалення дефектів, що утворюються під зношеною частиною задньої поверхні.

Розмір M , що вимірюється уздовж передньої поверхні, називається допустимою величиною сточування.

Розмір H , перпендикулярний до задньої поверхні та відповідний допустимій величині сточування, дорівнює

$$H = M \cos(\alpha + \gamma). \quad (8.4)$$

Кількість переточувань k , що допускається, і повний період стійкості, відповідно, дорівнюють

$$k = \frac{H}{h + \Delta h}; \quad \Sigma T = \left(\frac{HT}{h + \Delta h} + 1 \right). \quad (8.5)$$

Оптимальне зношування, при якому $\Sigma T = \Sigma T_{\max}$, відповідає такій точці кривої зношування, у якій інтенсивність наростання зношування

дорівнює $\frac{h_3 + \Delta h/C}{T} = \operatorname{tg} \Psi$ (рис. 8.2).

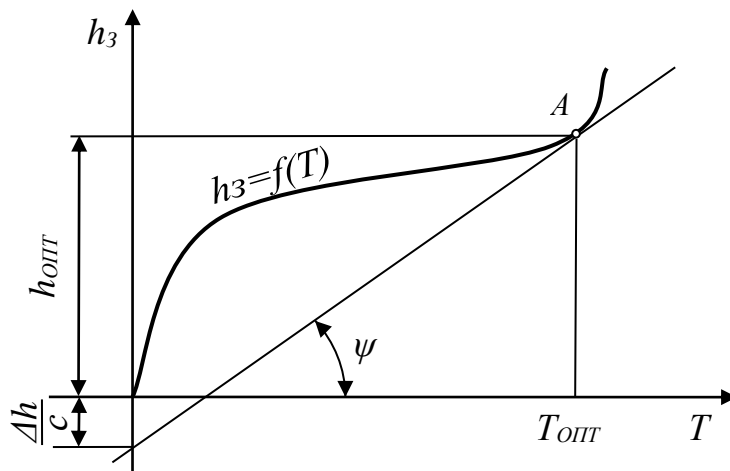


Рисунок 8.2 - Схема визначення оптимального зношування

Кількість деталей n , оброблених за період стійкості, визначають за формулою

$$n = \frac{T}{T_o}, \quad (8.6)$$

де T_o – основний технологічний (машинний) час.

Кількість необхідного інструмента для обробки заданої кількості виробів Q :

$$A = \frac{T_o Q}{\Sigma T} K_y, \quad (8.7)$$

де $\Sigma T = (k+1)T$ – повний період стійкості інструмента;

k – кількість можливих переточувань інструмента за обмежуючим розміром;

K_y – коефіцієнт, що враховує випадкові втрати інструмента:

$$K_y = 1,05 \dots 1,3.$$

Величини припустимого зношування, сточування за одне переточування й додатковий припуск на заточення наведені в таблицях [2, табл.7...14, с.152...162].

8.2 Типове завдання

Виникла виробнича необхідність в обробці зовнішнім точінням загартованих сталевих деталей типу вал ($HRC_E 50 \dots 52$), на бічній поверхні яких, крім того, є поздовжній паз глибиною 10 мм і шириною 10 мм. Точіння необхідно зробити поздовжнім (прохідним) різцем із твердосплавною пластиною Т15К6 (ГОСТ 18878-73), $HxV=25x16$ мм, товщина пластини $S=6$ мм. Геометричні параметри різальної частини: $\varphi=45^\circ$, $\alpha=20^\circ$, $\gamma=-10^\circ$. Верстат моделі 16К20.

Необхідно табличним методом визначити подачу S , якщо відомо, що діаметр деталі до обробки 95 мм. Обробку необхідно виконати за один прохід до діаметра 87 мм без МОР. Довжина обробки 85 мм. Виліт різця дорівнює 30 мм. Припустимий прогин різця з умови міцності державки $f \leq 0,1$ мм.

Визначити, чи відповідає призначена подача умовам жорсткості різця, міцності пластини твердого сплаву, і зробити, якщо необхідно коректування. Визначити швидкість різання, що відповідає нормативному періоду стійкості різця. Розрахувати кількість деталей, оброблених за період його стійкості, а також розрахувати потребу в інструменті, якщо необхідно обробити 1000 штук деталей.

Вирішення завдання

1 Визначаємо глибину різання

$$t = \frac{95 - 87}{2} = 4,0 \text{ мм}.$$

2 Призначаємо табличним методом величину подачі.

Для діаметра вала 95 мм і перерізу державки різця 25x16 табличне значення подачі $S = 0,6$ мм/об.

При обробці переривчастих поверхонь табличне значення подачі варто множити на 0,75...0,85. При обробці загартованих сталей з $HRC_E 44 \dots 56$

значення подачі варто множити на 0,8 [2, табл. 2, с.418; 3 табл.1, с.364].
Тоді

$$S = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,38 \text{ мм/об.}$$

3 Перевіряємо подачу, виходячи з умови жорсткості різця:

$$S_{ЖР} \leq \left(\frac{3EJ_P [f_P]}{C_{Pz} t^{X_{Pz}} V^{n_{Pz}} K_P l^3} \right)^{\frac{1}{Y_{Pz}}},$$

$$S_{ЖР} \leq \left(\frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{16 \cdot 25^3}{12} \cdot 0,1}{300 \cdot 4^1 \cdot 60^{-0,15} \cdot 1,25 \cdot 30^3} \right)^{\frac{1}{0,75}} \leq 0,76 \cdot 10^3 \text{ мм/об.}$$

За таблицями [2, табл. 20, с. 429] визначаємо:

$$C_{Pz} = 300; \quad X_{Pz} = 1; \quad Y_{Pz} = 0,75; \quad n_{Pz} = -0,15.$$

Поправковий коефіцієнт K_P визначають за формулою

$$K_P = K_{mn} K_{\varphi} K_{\gamma} K_{\lambda} K_{\eta} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1,25.$$

Значення $K_{mn}, K_{\varphi}, K_{\gamma}, K_{\lambda}, K_{\eta}$ визначаємо за таблицями [2, табл. 21...24...24, с.430...431; 3, табл.9, 10, 23 с.362, 363, 374].

Швидкість різання приймаємо як 60 хв^{-1} .

4 Перевіряємо подачу, виходячи з міцності пластини твердого сплаву:

$$S_{ПЛ} = \left[\frac{333,2 \cdot t^{0,77} \cdot c^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8}}{C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot V^{n_{Pz}} \cdot K_P} \right]^{\frac{1}{Y_{Pz}}},$$

$$S_{ПЛ} = \left[\frac{333,2 \cdot 4^{0,77} \cdot 6^{1,35} \left(\frac{\sin 60^0}{\sin 45^0} \right)^{0,8}}{300 \cdot 4^1 \cdot 60^{-0,15} \cdot 1,25} \right]^{\frac{1}{0,75}} = 6,32 \text{ мм/об.}$$

Таким чином, жорсткість державки різця й міцність пластини твердого сплаву не є лімітуючими факторами.

Коректуємо подачу за паспортом верстата: $S_g = 0,34 \text{ мм/об.}$

5 Визначаємо швидкість різання для $T = 60 \text{ хв.}$

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} X_v S^{Y_v}} k_v = \frac{350 \cdot 0,79}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} = 145,6 \text{ м/хв.}$$

Значення C_v й показників ступеня визначають за таблицями [2, табл. 8, с. 422; 3, табл. 17, с. 367...368]:

$$C_v = 350; \quad m = 0,2; \quad \chi_v = 0,15 \quad Y_v = 0,35 \dots$$

Поправковий коефіцієнт на швидкість різання визначають за формулою

$$k_V = k_{M_v} k_{u_v} k_{\varphi_v} k_{\varphi_{1v}} k_{r_v} k_{q_v} k_{o_v} \cdot$$

$$k_v = \left(\frac{750}{750} \right) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,79.$$

Значення k визначаємо за таблицями [2, табл. 9...17...17, с. 424...427; 3, табл. 1...8, с. 358...362, табл. 18, с.369].

6 Визначаємо частоту обертання заготовки:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 145,6}{3,14 \cdot 95} = 488 \text{ хв}^{-1}.$$

7 Коректуємо n за паспортом верстата:

$$n_g = 400 \text{ хв}^{-1}.$$

8 Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V_{\delta} = \frac{\pi D n_{\epsilon}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 400}{1000} = 119,3 \text{ м/хв.}$$

9 Кількість деталей, оброблених за період стійкості,

$$N = \frac{T}{T_o} = \frac{60}{0,7} = 85,7 = 85 \text{ шт.}$$

Основний (машинний) час визначають за формулою

$$T_o = \frac{L}{n s} = \frac{91}{400 \cdot 0,34} = 0,7 \text{ хв,}$$

де $L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пр}} = 85 + 4 + 2 = 91 \text{ мм};$

$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 4 \text{ ctg } 45 = 4 \text{ мм}$ – величина врізання;

$l_{\text{пр}} = 2 \text{ мм}$ – величина перебігу.

10 Розраховуємо потребу в інструменті для обробки 10000 деталей:

$$A = \frac{T_M Q}{\Sigma T} K_v = \frac{0,7 \cdot 10000}{(6+1) \cdot 60} \cdot 1,1 = 18,3 = 19 \text{ шт.}$$

$$\Sigma T = (k+1)T; \quad k = \frac{M}{h} = \frac{3,6}{0,6} = 6; \quad K_v = 1,1.$$

Величину припустимого сточування M і величину h визначаємо за таблицями [2, табл. 13, с. 156]:

$$M = (0,6 \dots 0,7) \cdot C = 0,6 \cdot 6 = 3,6 \text{ мм};$$

$$h = (0,2 \dots 0,8) = 0,6 \text{ мм},$$

де $C = 6 \text{ мм}$ – товщина пластини.

Відповідь: подача $S = 0,34 \text{ мм/об}$ відповідає умовам жорсткості різця й міцності пластини. Оптимальною є швидкість різання $V=119,3 \text{ м/хв}$, що відповідає періоду стійкості $T = 60 \text{ хв}$. За період стійкості різця можна обробити 85 деталей. Для обробки 10000 штук деталей необхідно 19 різців.

Зміст звіту

- 1 Умова завдання.
- 2 Необхідні розрахункові формули.
- 3 Результат розрахунку.
- 4 Висновок.

Контрольні запитання

- 1 Як залежить період стійкості інструмента від швидкості різання?
- 2 Назвіть види зношування різального інструменту.
- 3 По яких поверхнях леза зношується інструмент?
- 4 Що таке період стійкості різального інструменту?
- 5 Що таке повний період стійкості різального інструменту?
- 6 Як визначити кількість інструмента, необхідну для обробки заданої кількості виробів?
- 7 Як визначити товщину шару інструмента, що знімається при переточуванні по задній поверхні?
- 8 Як визначити кількість переточувань різального інструменту, що допускається?
- 9 Як визначити оптимальне зношування різального інструменту?

8.3 Завдання для самостійного рішення

8.3.1 У механічному цеху в умовах масового виробництва виконується токарна операція дорогими різцями з напайними пластинами з інструментального матеріалу. Потрібно визначити оптимальний період стійкості різця T_{opt} , використовуючи критерій оптимального зношування й дані, наведені в табл. 8.1. Побудувати графіки залежностей $h_3 = f(\tau)$ і $M = f(h_3)$.

Геометричні параметри різця: $\alpha = 8^\circ$, $\gamma = 0$, повна довжина пластини $l = 20$ мм, припустима величина сточування $2/3l$. Ділянку припрацьовування різця допускається не будувати.

Таблиця 8.1 - Залежність зношування від часу роботи різця

Номер дослідів	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_3 , мм	0,05	0,1	0,11	0,25	0,45	0,7	0,8	1,05	1,4
τ , хв	1	2	3	60	150	250	300	325	330

8.3.2 На ділянці механічного цеху заводу виконується проміжна операція обробки зовнішнім точінням деталей типу вал зі сталі ($\sigma_s = 750$ МПа). Різання виконується на верстаті 16К20 без МОР прохідним різцем зі змінною чотиригранною твердосплавною пластиною марки Т15К6. Геометричні параметри різальної частини стандартні. Діаметр вала до обробки дорівнює 100 мм, довжина після обробки – 120 мм. Обробку

необхідно виконати за один прохід до одержання діаметра 94 мм. Подачу необхідно зазначити $S=0,2 t$.

Необхідно визначити період стійкості різця й швидкість різання, що забезпечує норму змінного виробітку $N_0 = 620$ деталей.

Яка буде середня змінна потреба в інструменті й змінна витрата інструмента при заданих режимах, якщо ступінь використання інструмента $\varepsilon = 1,7$?

На скільки збільшиться стійкість різців, якщо змінну витрату інструмента вдасться знизити на одну третину?

8.3.3 При точінні валиків на автоматичній лінії період стійкості різців T_1 при швидкості різання V_1 не влаштовує виробництво через часті зупинки на заміну інструмента. Необхідно в 1,5 рази підвищити період стійкості інструмента. Як при цьому зміниться швидкість різання? Визначити V_1 і V_2 . Обробляються валики діаметром $d=40$ мм зі сталі 45 різцями із твердого сплаву Т15К6.

8.3.4 В оброблюваних сталевих деталях шляхом свердління необхідно робити наскрізні отвори діаметром 30 мм з попереднім свердлінням діаметром 10 мм. Призначити режими різання (табличним методом) за умови, що величини осьової сили P_o і крутного моменту $M_{кр}$ не повинні перевищувати, відповідно:

- при свердлінні 3300 Н і 11000 Н•м;
- при розсвердленні 4800 Н і 115000 Н•м.

Скільки деталей можна обробити кожним зі свердел до їхніх переточувань, якщо в кожній деталі 4 отвори? Який з параметрів режиму різання необхідно змінити й до якого рівня, щоб період стійкості свердел вирівнявся до більше високого із двох значень?

Вихідні дані: сталь 45, свердло Р6М5, глибина наскрізного отвору – 75 мм.

8.3.5 На підприємстві масового виробництва велика перевитрата твердого сплаву. Поставлено завдання – скоротити витрату сплаву. Перелічте загальні рішення цього завдання.

Одне з рішень – відшукування критерію оптимального зношування. У чому суть?

Виходячи з нормативного зношування різця Т15К6 ($h_s = 0,8$ мм) при обробці деталі зі сталі 45 діаметром 60 мм, довжиною 200 мм, $t = 1,5$ мм, $S = 0,15$ мм/об, побудувати для періоду стійкості різця характерну криву зношування. Яку кількість деталей можна обробити різцем при даному критерію оптимального зношування?

8.3.6 Визначити швидкість головного руху різання й шорсткість поверхні, одержувану в точці найменшого діаметра криволінійного ввігнутого профілю заготовки за умови, що обробка виконується на верстаті зі ЧПУ мод. 16К20ТІ квадратною мінералокерамічною пластиною марки ВОК60 з головним кутом у плані $\varphi=45^{\circ}$ і радіусом при вершині $r=1,2$ мм. Глибина різання $t=1,25$ мм, припуск на обробку однорідний, без включень. Подача $S=0,08$ мм/об. Період стійкості різального інструменту T за умови ймовірності безвідмовної роботи $P=0,5$ становить 20 хв. Прийнята ймовірність безвідмовної роботи для верстата мод. 16К20ТІ за даних умов обробки дорівнює 0,9.

Зношування різальної пластини, яке допускається, по задній поверхні $h_3 = 0,3$ мм.

1. Дослідження імовірнісних експлуатаційних характеристик ріжучих інструментів

Практичне заняття 1

Мета роботи: для заданих значень періоду стійкості різального інструменту визначити статистичні значення показників його надійності, передбачуваний закон розподілу періоду стійкості і зробити висновок про якість інструменту.

Умови завдань для вирішення наведені нижче:

Завдання № 1: Визначити математичне очікування і коефіцієнт варіації періоду стійкості різального інструменту (T_i , хв). Побудувати статистичну криву щільності розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість ріжучого інструменту. Період стійкості має наступні значення: $T_1 = 15$; $T_2 = 19$; $T_3 = 21$; $T_4 = 15$; $T_5 = 22$; $T_6 = 25$; $T_7 = 22$; $T_8 = 30$; $T_9 = 26$; $T_{10} = 24$.

Завдання № 2: Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості (T , хв), отриманого в результаті випробувань партії однотипного інструменту. Побудувати статистичну криву щільності розподілу періоду стійкості. Період стійкості має наступні значення: $T_1 = 15$; $T_2 = 18$; $T_3 = 20$; $T_4 = 45$; $T_5 = 35$; $T_6 = 15$; $T_7 = 20$; $T_8 = 25$; $T_9 = 26$; $T_{10} = 38$; $T_{11} = 15$; $T_{12} = 25$; $T_{13} = 30$; $T_{14} = 32$; $T_{15} = 20$.

Завдання № 3: Для заданих значень періоду стійкості інструменту (T , хв) побудувати статистичну криву ймовірності безвідмовної роботи. Зробити висновок про якість інструменту. Період стійкості має наступні значення: $T_1 = 10$; $T_2 = 25$; $T_3 = 15$; $T_4 = 35$; $T_5 = 30$; $T_6 = 65$; $T_{50} = 22$; $T_8 = 15$; $T_9 = 30$; $T_{10} = 40$; $T_{11} = 25$; $T_{12} = 45$.

Завдання № 4: Для заданих значень періоду стійкості (T , хв) фрез визначити математичне очікування і коефіцієнт варіації. Побудувати

статистичну криву щільності розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість фрез. Період стійкості має наступні значення: $T_1 = 125$; $T_2 = 160$; $T_3 = 185$; $T_4 = 240$; $T_5 = 125$; $T_6 = 90$; $T_7 = 160$; $T_8 = 125$; $T_9 = 185$; $T_{10} = 130$.

Завдання № 5: Для заданих значень періоду стійкості (T , хв) дискових фрез побудувати статистичну криву ймовірності безвідмовної роботи. Зробити висновок про якість фрез. Період стійкості має наступні значення: $T_1 = 90$; $T_2 = 130$; $T_3 = 160$; $T_4 = 130$; $T_5 = 90$; $T_6 = 130$; $T_7 = 160$; $T_8 = 220$; $T_9 = 240$; $T_{10} = 130$.

Завдання № 6: Визначити математичне очікування і коефіцієнт варіації періоду стійкості мітчиків. Побудувати статистичну криву інтенсивності відмов. Зробити висновок про якість мітчиків. Період стійкості має наступні значення:

n_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кількість оброблених отворів	8	11	6	15	30	20	10	15	12	20	10	15

Завдання № 7: Для заданих значень періоду стійкості інструменту (T , хв) побудувати статистичну криву щільності розподілу періоду стійкості. Період стійкості має наступні значення: $T_1 = 10$; $T_2 = 25$; $T_3 = 15$; $T_4 = 28$; $T_5 = 28$; $T_6 = 40$; $T_7 = 38$; $T_8 = 35$; $T_9 = 60$; $T_{10} = 40$.

Завдання № 8: Визначити математичне очікування і коефіцієнт варіації періоду стійкості (T , хв) партії різців, виготовлених з твердого сплаву марки Т5К10 і випробуваних при $t = 5,0$ мм, $S = 0,6$ мм/об, $V = 80$ м/хв. Побудувати криву інтенсивності відмов різців. Зробити висновок про якість різців.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	20	22	40	35	30	20	25	18	50	35	63	20

Завдання № 9: Для заданих значень періоду стійкості інструменту (T_i , хв) побудувати статистичну криву щільності розподілу. Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість інструменту.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	12	15	10	85	50	15	20	60	30	15	40	25

Завдання № 10: Для заданих значень періоду стійкості (T_i , хв) кінцевих фрез побудувати статистичну криву інтенсивності відмов. Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість фрез.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	40	55	60	85	75	40	50	65	70	40	55	50

Завдання № 11: Для заданих значень періоду стійкості інструменту (T_i , хв) побудувати статистичну криву ймовірності безвідмовної роботи. Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість інструменту.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	15	30	40	10	65	80	15	50	25	60	35	30

Завдання № 12: Визначити математичне очікування і коефіцієнт варіації періоду стійкості (T_i , хв) мітчиків М6. Побудувати криву щільності розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість мітчиків.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	6	10	15	8	20	26	10	12	20	12	15	10

Завдання № 13: Визначити математичне очікування і коефіцієнт варіації періоду стійкості (T_i , хв) партії різців, виготовлених з твердого сплаву марки Т15К8 і випробуваних при $t = 2,0$ мм, $S = 0,3$ мм / об, $V = 120$ м / хв. Побудувати криву ймовірності безвідмовної роботи. Зробити висновок про якість різців.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	40	42	60	55	50	40	45	38	70	55	83	40

Завдання № 14: Для заданих значень періоду стійкості (T_i , хв) торцевих фрез $D = 160$ мм визначити його математичне очікування і коефіцієнт варіації. Побудувати статистичну криву щільності розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість фрез.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T_i , хв	120	150	130	90	180	240	210	150	150	180	130

Завдання № 15: Визначити математичне очікування і коефіцієнт варіації періоду стійкості (T_i , хв) ріжучого інструменту. Побудувати статистичну криву інтенсивності відмов інструменту. Зробити висновок про якість інструменту.

№№ П / П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	15	19	22	26	30	25	15	20	21	22	24	21

Завдання № 16: Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості інструменту (T_i , хв), отриманого в результаті випробувань партії однотипного інструменту. Побудувати статистичну криву щільності розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість інструменту.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T_i , хв	15	26	30	20	18	15	25	35	45	15	20	32	35	25	20

Завдання № 17: Для заданих значень періоду стійкості інструменту (T_i , хв) побудувати статистичну криву ймовірності безвідмовної роботи. Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість ріжучого інструменту.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	30	35	40	60	85	32	35	50	115	70	35	45

Завдання № 18: Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості (T_i , хв) інструменту. Побудувати статистичну криву інтенсивності відмов. Зробити висновок про якість інструменту.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_i , хв	15	21	19	15	25	22	22	30	24	26

Завдання № 19: Визначити математичне сподівання і коефіцієнт варіації періоду стійкості (T_i , хв), отриманого в результаті випробувань партії однотипного інструменту. Побудувати статистичну криву ймовірності безвідмовної роботи. Зробити висновок про якість інструменту.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T_i , хв	15	20	18	35	15	45	20	25	26	15	38	25	32	30	20

Завдання № 20: Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості (T_i , хв) фрез. Побудувати статистичну криву ймовірності безвідмовної роботи. Зробити висновок про якість фрез.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_i , хв	185	125	160	240	125	90	125	185	190	130

Завдання № 21: Для заданих значень періоду стійкості (T_i , хв) фасонних фрез побудувати статистичну криву щільності розподілу.

Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості фрез. Зробити висновок про якість ріжучого фрез.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_i , хв	130	90	160	130	130	90	240	160	220	130

Завдання № 22:Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості мітчиків М10. Побудувати статистичну криву щільності розподілу. Зробити висновок про якість мітчиків.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	40	55	30	75	150	100	50	75	60	100	50	75

Завдання № 23: Для заданих значень періоду стійкості інструменту (T_i , хв) побудувати статистичну криву інтенсивності відмов. Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості. Зробити висновок про якість інструменту.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_i , хв	20	50	30	56	56	80	76	70	120	80

Завдання № 24: Визначити математичне сподівання і коефіцієнт варіації періоду стійкості (T_i , хв) партії свердел $\varnothing 12$ мм, виготовлених зі швидкорізальної сталі марки Р6М5. Побудувати статистичну криву щільності розподілу. Зробити висновок про якість свердел.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	40	22	20	35	30	20	18	50	25	35	63	20

Завдання № 25:Для заданих значень періоду стійкості зенкерів $\varnothing 20$ мм побудувати статистичну криву ймовірності безвідмовної роботи. Визначити передбачуваний закон розподілу періоду стійкості зенкерів. Зробити висновок про якість зенкерів.

№№ п / п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , хв	55	60	40	85	75	40	70	50	65	40	55	50

2.2.1 Зміст і порядок виконання роботи

1. Статистичну оцінку показників надійності інструменту (імовірнісних експлуатаційних характеристик) здійснюють за результатами його випробувань. Для періоду стійкості T_i будують варіаційний ряд

(значення періоду стійкості розташовують в порядку зростання). значення T_i заносять в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Варіаційний ряд періоду стійкості інструменту

№№ П / П	1	2	3	...	n-2	n-1	n
T_i	T_1	T_2	T_3	...	T_{n-2}	T_{n-1}	T_n

2. Варіаційний ряд розбивають на інтервали. Число інтервалів розраховують за формулою

$$J = 1 + 3,32 \lg n, \quad (2.21)$$

де n - обсяг випробувань (число вихідних даних).

3. Визначають середнє значення періоду стійкості

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad (2.22)$$

де T_i - поточні значення періоду стійкості.

4. Розраховують середнє квадратичне відхилення періоду стійкості

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}}. \quad (2.23)$$

5. Розраховують коефіцієнт варіації періоду стійкості

$$V_T = \frac{\sigma_T}{\bar{T}}. \quad (2.24)$$

6. Для попереднього визначення закону розподілу періоду стійкості використовують розрахункові значення коефіцієнтів варіації (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3 - Вибір закону розподілу періоду стійкості

Коефіцієнт варіації	Закон розподілу
$V_T \leq 0,33$	Нормальний
$0,3 < V_T < 0,6$	Вейбулла-Гнеденко
$V_T \approx 1,0$	Експонентний

7. Основними показниками надійності різального інструменту є: щільність розподілу періоду стійкості $f(T)$, Ймовірність безвідмовної роботи $P(T)$ і інтенсивність відмов $\lambda(T)$. Значення цих показників розраховують для інтервалів часу від T_j до T_{j+1}

$$T_{j+1} = T_j + \Delta T, \quad (2.25)$$

де ΔT - величина інтервалу.

$$\Delta T = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{J}, \quad (2.26)$$

де $T_{\min} = T_1$ - мінімальне значення періоду стійкості в варіаційному ряду;

T_{\max} - максимальне значення періоду стійкості в варіаційному ряду;

J - кількість інтервалів.

8. Щільність розподілу періоду стійкості визначають за формулою

$$f(T) = \frac{m(T)}{n\Delta T}, \quad (2.27)$$

де, $m(T)$ - число відмов інструменту в інтервалі часу від $\left(T - \frac{\Delta T}{2}\right)$ до $\left(T + \frac{\Delta T}{2}\right)$.

9. Імовірність безвідмовної роботи визначається за формулою

$$P(T) = \frac{n - m(\tau)}{n}. \quad (2.28)$$

10. Інтенсивність відмов (ймовірність відмови в одиницю часу T за умови, що до цього часу відмова не виник) визначають за формулою

$$\lambda(T) = \frac{2m(T)}{(n_j + n_{j+1})\Delta T}, \quad (2.29)$$

де n_j, n_{j+1} - число інструментів, які працюють відповідно на початку і в кінці j -го інтервалу часу ΔT .

11. За результатами розрахунку $f(T), P(T), \lambda(T)$ будують графіки. Результати розрахунку заносять в таблицю 2.4.

2.2.2 Зміст звіту

1 Назва та мета роботи.

2 Вихідні дані і варіаційний ряд періоду стійкості.

3 Результати розрахунку необхідних показників надійності, зведені в таблицю 2.3.

4 Графіки зміни під час розрахованих показників надійності $f(T), P(T), \lambda(T)$.

5 Висновки.

2.2.3 Контрольні питання

1. Що характеризує математичне очікування дискретної випадкової величини?
2. Що характеризує дисперсія випадкової величини?
3. Що характеризує середнє квадратичне відхилення випадкової величини?
4. Чому дорівнює і що характеризує коефіцієнт варіації?
5. Для чого використовують коефіцієнт варіації?
6. Як визначають кількість інтервалів, на яке розбивають варіаційний ряд?
7. Назвіть функції розподілу випадкових величин.
8. Назвіть показники надійності різального інструменту.

ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

3.1 Цілі і завдання роботи

Для умов обробки, прийнятих на попередньому занятті, визначити витрати різального інструменту.

3.2 Порядок виконання

1 Визначають основний час обробки [2], для чого:

а) по карті 7 (для сталі) або 12 (для чавуну) [1] вибирають основну подачу і поправочні коефіцієнти. По карті 8 або 13 вибирають інші поправочні коефіцієнти на подачу. Величину подачі, мм / об, визначають за формулою:

$$S = S_0 \prod_{i=1}^{11} K_{Si} \quad (3.1)$$

де S_0 - основна подача, мм / об;

K_{Si} - поправочні коефіцієнти на подачу;

i - кількість коефіцієнтів ($i = 1 \dots 11$).

Для чистової обробки подачу визначають залежно від шорсткості поверхні (карта 9). Перевіряють, щоб подача була більша за ту, яка допускається міцністю інструменту (карти 7 і 12);

б) вибирають швидкість різання з урахуванням поправочних коефіцієнтів (карти 10,11,14,15);

в) визначають частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \quad (3.2)$$

де v - швидкість різання, м / хв;

D -діаметр обробки, мм;

г) визначають основний час:

$$T_0 = \frac{Li}{nS}, \quad (3.3)$$

де L - довжина робочого ходу інструмента, мм;

i - число проходів;

n - частота обертання шпинделя, хв-1;

S - подача, мм / об.

1 Визначають середнє число періодів стійкості [1, карта 16].

2 Визначають середній період стійкості K , на який розраховані режими різання.

- 3 Визначають витрату пластин, опор, корпусів і інших деталей різців на 1000 годин основного часу (карта 16).
4. Визначають потребу (витрату) в інструменті для обробки заданої партії деталей.
5. Витрата різального інструменту - це кількість ріжучих елементів, необхідних для обробки заданої партії деталей в заданих умовах. Витрата визначають за формулою:

6.

$$R = \frac{T_o A}{TK}, \quad (3.4)$$

де T_o - основний час обробки, хв;

A - кількість деталей в партії, шт .;

T - середній період стійкості, хв;

K - середнє число періодів стійкості.

Роботу виконують відповідно до методичних рекомендацій, викладених в [1,2].

3.3 Зміст звіту

- 1 Вихідні дані.
- 2 Основна подача, поправочні коефіцієнти, величина обраної подачі.
- 3 Швидкість різання з урахуванням поправочних коефіцієнтів.
- 4 Частота обертання шпинделя.
- 5 Основний час обробки.
- 6 Середнє число періодів стійкості Do і середній період стійкості T .
- 7 Витрата пластин і інших елементів на 1000 годин основного часу.
- 8 Витрата різців, необхідних для обробки заданої партії деталей.
- 9 Висновки.

3.4 Контрольні питання

- 1 Які поправочні коефіцієнти враховують при визначенні подачі?
- 2 Які поправочні коефіцієнти враховують при визначенні швидкості різання?
- 3 Які особливості вибору подачі для чорнової і чистової обробки?
- 4 Що таке витрата різального інструменту?
- 5 Від чого залежить витрата різального інструменту?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

ВИБІР КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ РІЗЦІВ

2.1 Цілі і завдання роботи

Для заданих умов обробки вибрати матеріали ріжучої частини, геометричні параметри і конструкцію різця. Вихідні дані взяти з табл. 2.1.

2.2 Порядок виконання

1. Визначають висоту різця (вважати верстати середніми з $ДС \leq 630$ мм, великими з $ДС = 800 \dots 1250$ мм, важкими з $ДС > 1250$ мм).
- 2 Вибирають матеріал ріжучої частини [1, карта 1].
- 3 Визначають форму різця в плані і товщину пластини різця по технологічним критеріям [1, карта 2], критеріями міцності і стійкості інструмента [1, карта 3].
- 4 Вибирають тип пластини і схему кріплення [1, карта 4].
- 5 Вибирають форму передньої поверхні і положення пластини в державці.
- 6 Вибирають геометричні параметри ріжучої частини.
- 7 Виконують ескіз конструкції різця.
- 8 Описують принцип закріплення пластини, його переваги та недоліки.

Роботу виконують відповідно до методичних рекомендацій, наведених в [1].

2.3 Зміст звіту

- 1 Вихідні дані.
- 2 Матеріал ріжучої частини різця.
- 3 Форма різця в плані і товщина пластини за критеріями міцності і стійкості.
- 4 Тип пластини і схема закріплення.
- 5 Геометричні параметри ріжучої частини.
- 6 Ескіз конструкції різця.
- 7 Принцип закріплення пластини, його переваги та недоліки.
- 8 Висновки.

2.4 Контрольні питання.

- 1 Які переваги мають збірні різці перед напайними?
- 2 Від чого залежить вибір інструментального матеріалу?
- 3 Які марки інструментальних матеріалів використовують для обробки сталей?
- 4 Які марки твердих сплавів використовують для обробки чавуну і кольорових металів?
- 5 Назвіть схеми закріплення твердосплавних непереточуваних пластин збірних різців, їх переваги та недоліки.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для вибору конструкцій різців

Різнови д	Умови обробки						Верстат (Т-важкий, Кр-великий, Ср-середній)	Деталь		Число деталей в партії А, дет
	Операція	Група оброблюваного матеріалу	Твердість НВ (HRCe)	Характер обробки	Характер припусків (переривчастий, розривних)	Глибина різання, мм		Діаметр, мм	Довжина, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Поздовжнє гострін	Сталь конструкційна	220	Чорнова	Прерій.	20	Т	1200	800	10
2			170		Непер.	8	Ср	560	140	100
3			270		Прерій.	15	Т	1300	1200	15
4			220		Непер.	10	Ср	400	160	100
5		Сталь інструментальна	300	Напівчистова	Прерій.	5	Ср	280	100	300
6			300	Чистова Ra = 2,5	Непер.	3	Ср	240	150	400
7			280		Непер.	2	Ср	220	160	500
8			200	Чорнова	Прерій.	5	Ср	150	175	150
9	Розточування	Чавун	110				Ср	120	170	400
10			110		Непер.	7	Т	420	400	50
11			180	Чистова		i	Ср	150	200	100
12			210			1.0	кр	300	100	100
ІЗ		Сталь підшипникова	200			2,0	Т	500	280	70
14			200			0,5	Ср	120	100	250

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	Розточування	Сталь підшипникова	240	Чорнова	Прерій.	12	Т	620	500	100

16	Уривок торця		240				Т	1300	200	75
17			240		Неперер.		Ср	450	50	120
18			280				Ср	250	40	130
19		Сталь загартована	(35)	Чистов а Ra = 2,5			Ср	500	100	70
20			(40)				Т	1240	320	40
21			(45)				Т	1500	150	250
22	Продоль-вечотіння		(50)			1,0	Ср	520	500	140
23			(50)			0,5	Т	1350	1200	30
24			(50)	Чистов а Ra = 0,63		0,3	Т	1250	700	20
25		Сталь корозійно стійка	200	Чорнова	Прерій.	5	Ср	310	300	400
26			220			18	Т	1650	750	30
27			200			12	Т	1500	1200	40
28			220	Чистов а Ra = 2,5	Неперер.	5	Ср	450	250	100
29			200			5	Т	1250	450	10
30			220			8	Т	1800	950	40

Продовження таблиці 2.1

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т.2. / под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 496с.
- 2 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т.2./ под ред. А.Н.Малова. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т./ под ред. А.М.Дальского, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – 5-е издание, испр. – М.: Машиностроение –1, 2003. – 944 с.
- 4 Обработка металлов резанием: справочник технолога/ под общ. ред. А.А.Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
- 5 **Нефёдов, Н.А.** Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту/ Н.А.Нефёдов, К.А.Осипов. – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.
- 6 Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: учебник для вузов / П.И.Ящерицин, М.Л.Еременко, Е.Э.Фельдштейн. – Минск: Высшая школа, 1990. – 512с.
- 7 **Гах, В.М.** Обработка труднообрабатываемых материалов: учебное пособие/ В.М.Гах. – Краматорськ: ДГМА, 2007. – 148 с. : ил. – ISBN 978-866-379-191-3
- 8 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник: в 2 т. Т.1./А.Д.Локтев, И.Ф.Гущин, В.А.Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.: ил. – ISBN 5-217-01190-4

ДОДАТКИ

Додаток А

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ МАРОК ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ТОЧІННІ

У зв'язку з різким збільшенням на ринку кількості марок інструментальних матеріалів, ускладнилося завдання їхнього вибору, що спричиняє низький рівень надійності різального інструменту й підвищення витрати дорогих інструментальних матеріалів. Цілі цих рекомендацій – систематизувати останні досягнення у сфері створення нових марок інструментальних матеріалів, а також узагальнити рекомендації й передовий виробничий досвід з їхнього раціонального застосування для обробки матеріалів різанням.

Основною сферою ефективного застосування титановольфрамкових твердих сплавів марок Т5К12, Т5К10, Т14К8, Т15К6 і Т30К4 є обробка сталей вуглецевих, підшипникових та інструментальних (НВ 110...330).

Вольфрамокобальтові тверді сплави марок ВК8, ВК6, ВК4 і ВК3 застосовують при обробці чавунів (НВ 110...270) і мідних сплавів високої твердості (НВ 100...140).

З металокерамічних твердих сплавів з істотно поліпшеною структурою слід зазначити дрібнозернисті (ВК3-М, ВК6-М) і особливо дрібнозернисті (ВК6-ОМ, ВК10-ОМ). Сплави ВК3-М і ВК6-М показали гарні результати при обробці твердих чавунів, кольорових металів з великою стиральною здатністю, загартованих і корозійностійких сталей, а також інших важкооброблюваних матеріалів.

Сплави ОМ мають щільну, особливодрібнозернисту структуру, що дозволяє заточувати й доводити інструмент, виготовлений з них, з найменшим радіусом округлення різальних крайок. Сплав ВК6-ОМ має високу зносостійкість при тонкому точінні й розточуванні жароміцних і корозійностійких сталей і сплавів, чавунів високої твердості, у тому числі ковких, загартованих сталей, алюмінієвих сплавів. Сплав ВК10-ОМ призначений для чорнової й напівчистої обробки корозійностійких сталей, титанових і нікелевих сплавів, особливо на основі вольфраму й молібдену.

Досить ефективна заміна карбиду танталу в сплавах ОМ карбідами хрому. Це забезпечує одержання сплавів із дрібнозернистою структурою й високою зносостійкістю (ВК10-ХОМ).

Уведення до твердого сплаву карбідів танталу й ніобію (ТТ10К8-Б, ТТ7К12) підвищує його міцність. Тому трикарбідні тверді сплави

застосовуються для оснащення інструментів, що працюють з ударами, при нерівномірному припуску й корці.

Поряд зі стандартними твердими сплавами груп ВК, ТК і ТТК зараз знаходять усе більш широке застосування сплави групи МС, виготовлені за технологією шведської фірми Sandvik Coromant. Номенклатура цих сплавів досить різноманітна, і вони можуть використатися при обробці різних матеріалів, замінюючи традиційні марки твердих сплавів. Характерними особливостями сплавів групи МС є однорідність структури, підвищена міцність і висока стабільність різальних властивостей, що особливо важливо в умовах роботи на сучасному автоматизованому встаткуванні.

Основним напрямом підвищення ефективності застосування металокерамічних твердих сплавів є осадження на них одношарових і багатшарових покриттів. Зносостійкі покриття, які осаджуються на тверді сплави, насамперед знижують адгезійну взаємодію з оброблюваним матеріалом, що зменшує інтенсивність адгезійного зношування, а також зменшує силове навантаження на лезо інструмента, у результаті чого зменшується ймовірність його крихкого руйнування. Крім того, зносостійке покриття є ефективним бар'єром для дифузійної взаємодії оброблюваного й інструментального матеріалів. Застосування твердосплавних пластин зі зносостійкими покриттями дозволяє вирішувати цілий комплекс найважливіших завдань, найбільш важливими з яких є: збільшення продуктивності процесів обробки деталей різанням, значне підвищення стійкості й надійності різального інструменту, розширення ефективної області використання твердих сплавів і скорочення номенклатури застосовуваних сплавів стандартних марок.

Як одношарове покриття застосовують в основному карбід титану TiC , а в якості багатшарового – карбід титану TiC , карбонітрид титану $TiCN$ і нітрид титану TiN . Товщина покриття становить 5...8 мкм.

Твердосплавна промисловість випускає наступні марки металокерамічних твердих сплавів зі зносостійкими покриттями:

- МС 2210 (МС 221 + TiC),
- МС 2215 (МС 221 + TiN + $TiCN$ + TiN),
- МС 1460 (МС 146 + TiC),
- МС 1465 (МС 146 + TiC + $TiCN$ + TiN),
- МС 3210 (МС 321 + TiC),
- ВП 1255 (ТТ7К9 + TiC + $TiCN$ + TiN),
- ВП 1325 (Т5К10 + TiC + $TiCN$ + Ti),
- ВП 1455 (ТТ7К12 + TiC + $TiCN$ + TiC),

ВП 3115 (VK6 + TiC + TiCN + TiN),

ВП 3325 (VK8 + TiC + TiCN + TiN).

Найбільш ефективною областю застосування твердих сплавів марок MC 2215, ВП 1255, ВП 1325 і ВП 1455 є обробка складнолегованих сталей і сплавів, при обробці яких сплавами без зносостійкого покриття характерне адгезійне й дифузійне зношування. Сплави ВП 3115 і ВП 3325 рекомендуються в першу чергу для обробки складнолегованих чавунів.

У зв'язку з дефіцитністю вольфраму й кобальту твердосплавна промисловість випускає безвольфрамові тверді сплави на основі карбідів і карбонітридов титану з нікельмолібденовою зв'язкою:

ТН - 20 (79% TiC + 15% Ni + 6% Mo),

КНТ - 16 (74% TiCN + 19,5% Ni + 6,5% Mo).

За твердістю ці матеріали перебувають на рівні вольфрамомісткісних, за міцністними характеристиками, і особливо за модулем пружності, їм поступаються. Безвольфрамові тверді сплави рекомендуються для чистової й напівчистової обробки вуглецевих і малолегованих сталей, чавунів, кольорових металів, неметалічних матеріалів.

Із сучасних інструментальних матеріалів заслуговують на увагу мінералокерамічні тверді сплави на основі оксиду алюмінію Al_2O_3 (різальна кераміка), які за міцністю наближаються до найбільш зносостійких металокерамічних твердих сплавів. Твердосплавна промисловість зараз випускає наступні марки різальної кераміки:

– оксидну В-13 і ВШ-75 (99% Al_2O_3 + 1% MgO);

– оксидно-карбідну ВЗ (60% Al_2O_3 + 40% TiC) і ВОК-60, ВОК-63;

ВОК-71 [60% Al_2O_3 + 39% TiC + 1% (ZrO_2 + HfO)];

– оксидно-нітридну ОНТ-20 (70% Al_2O_3 + 30% TiN).

Основна область застосування цих марок – чистове й напівчистове точіння загартованих сталей і чавунів високої твердості. Ефективна також обробка сталей вуглецевих, підшипникових та інструментальних, сірих чавунів і кольорових металів.

Зносостійкість різальної кераміки до п'яти разів вище, ніж у найбільш зносостійких марок металокерамічних твердих сплавів. При цьому продуктивність може бути підвищена до двох разів, тому що при роботі інструментом з різальної кераміки швидкість різання становить 150... 300 м/хв.

Одним з напрямів підвищення експлуатаційних показників різальних інструментів є підвищення твердості й теплостійкості інструментальних

матеріалів. Найбільш перспективними щодо цього є синтетичні надтверді матеріали на основі штучного алмазу (АС) або нітриду бору (композити).

Завдяки своїй високій твердості синтетичний алмаз відрізняється підвищеною зносостійкістю й забезпечує високу якість обробленої поверхні, однак при підвищеній температурі починається хімічна реакція із залізом, і він втрачає працездатність. Областю ефективного застосування синтетичних алмазів є тонке й чистове точіння титанових сплавів, висококремністих алюмінієвих сплавів, склопластиків і пластмас.

Композити хімічно інертні до заліза й вуглецю, ізотропні (мають однакову міцність у різних напрямках), мають твердість, близьку до твердості алмазу, відрізняються підвищеною теплостійкістю. Рекомендуються наступні області застосування композитів різних марок:

- композити 01 і 02 – тонке й чистове точіння без удару деталей із загартованих сталей твердістю HRC 55...70, чавунів будь-якої твердості з подачею до 0,15 мм/об;

- композит 05 і його модифікації – чистове й напівчистове точіння без удару деталей із загартованих сталей твердістю не вище HRC 60, чавунів будь-якої твердості з подачею до 0,2 мм/об.;

- композити 10 і 09 – тонке, чистове й напівчистове точіння з ударом і без удару деталей із загартованих сталей твердістю вище HRC 60, чавунів будь-якої твердості з подачею до 0,2 мм/об.

Треба зазначити, що важливим фактором високоефективного застосування синтетичних надтвердих матеріалів є можливість реалізації оптимальних для цього типу матеріалів високих і надвисоких швидкостей різання (500...5000 м/хв).

У таблицях А1...А5 наводяться рекомендації з вибору раціональних марок інструментальних матеріалів з урахуванням основних умов експлуатації різального інструменту: групи оброблюваних матеріалів, характеру обробки й припуску, типу застосовуваного устаткування, глибини різання. Для кожної області застосування, як правило, рекомендується декілька близьких за властивостями інструментальних матеріалів, розташованих за ступенем переваги. Перший стовпець кожної таблиці відповідає кращим маркам інструментальних матеріалів для усереднених умов експлуатації. При високій жорсткості технологічної системи або при необхідності зменшення подачі й, відповідно, збільшення швидкості різання доцільно вибирати матеріали за другим стовпцем. При зниженій жорсткості технологічної системи, необхідності підвищення подачі або надійності інструмента доцільно вибирати матеріали за третім стовпцем.

Для зазначених у таблицях А1...А5 умов експлуатації різального інструменту розроблена система поправкових коефіцієнтів на подачу K_{us} і швидкість різання K_{uv} залежно від марки інструментального матеріалу (табл. А6...А10). Основним принципом побудови системи є те, що позитивний вплив міцності інструментального матеріалу на подачу зростає в більш важких умовах експлуатації різального інструменту, а позитивний вплив твердості на швидкість різання зростає в більш легких умовах. Коефіцієнт 1,0 відповідає кращим для даних умов інструментальним матеріалам. За інших рівних умов для інструментальних матеріалів з більш високою міцністю $K_{us}>1$, а $K_{uv}<1$; для матеріалів з більш високою зносостійкістю відповідно $K_{us}<1$, а $K_{uv}>1$.

Система поправкових коефіцієнтів призначена в першу чергу для розрахунку режиму різання. Вона може бути використана також для визначення ефективності застосування нових марок інструментальних матеріалів з урахуванням мінливих умов експлуатації різального інструменту й організації раціонального використання інструментальних матеріалів і різальних інструментів.

Незважаючи на більш високу вартість пластин з деяких нових марок інструментальних матеріалів витрати споживача на обробку одиниці продукції в порівнянні із традиційно застосовуваними марками нижче, завдяки або поліпшенню кількісних характеристик надійності інструмента, або підвищенню подачі й швидкості різання.

Таблиця А.1 - Рекомендації щодо вибору інструментальних матеріалів для обробки сталей вуглецевих, підшипникових та інструментальних (НВ 110...330)

Дрібні й середні верстати					
Умови експлуатації			Марка інструментального матеріалу		
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання t, мм	Рекомендована для усереднених умов	Підвищеної зносостійкості	Підвищеної міцності
Чорнова	Безперервний	До 3	T15K6, MC111, КНТ-16	ВОК-60, ТН-20, КНТ-16, ВП1195	T14K8, MC2210, MC2215, ВП1255, ВП1325
		3...7	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T15K6, MC111, КНТ-16	T5K10, MC131, MC1460, MC1465
		Понад 7	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	T14K8, MC2215, MC2210, ВП1255, ВП1325, T15K6	T5K12, MC146
	Переривчастий	До 3	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T15K6, MC111, ВП1195	T5K10, MC131, MC1460, MC1465
		3...7	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T5K12, MC146
		Понад 7	T5K12, MC146	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	ТТ7К12
Чистова	Безперервний	До 1	ВОК-60, В-13, ВШ-75	Композит 10	T30K4, MC101, ТН-20
		1...3	T30K4, MC101	ВОК-60, В-13, ВШ-75	T15K6, MC111, КНТ-16
Великі й важкі верстати					
Чорнова	Безперервний	До 5	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T15K6, MC111, КНТ-16	T5K10, MC131, MC1460, MC1465
		5...15	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T5K12, MC146
		Понад 15	T5K12, MC146	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	ТТ7К12
	Переривчастий	До 5	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T15K6, MC111, КНТ-16	T5K10, MC131, MC1460, MC1465
		5...15	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T5K12, MC146
		Понад 15	T5K12, MC146	T5K10, MC131	ТТ7К12
Чистова	Безперервний	До 2	ВОК-60, ВОК-63	Композит 10	T30K4, ТН-20, М101
		2...5	T30K4, ТН-20, MC101	ВОК-60, ВОК-63	T15K6, MC111, КНТ-16

Таблиця А.2 – Рекомендації щодо вибору інструментальних матеріалів для обробки корозійностійких сталей ($\sigma_s = 600 \dots 1000 \text{ МПа}$)

Дрібні й середні верстати					
Умови експлуатації			Марка інструментального матеріалу		
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання t, мм	Рекомендована для усереднених умов	Підвищеної зносостійкості	Підвищеної міцності
Чорнова й чистова	Безперервний	До 3	ВК6-ОМ, Т15К6	ВК3-М	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М
		3...7	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВК6-ОМ, Т15К6	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ
		Понад 7	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВК8, ВК15-ХОМ
	Переривчастий	До 3	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВК6-ОМ, Т15К6	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ
		3...7	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВК15-ХОМ, ВК8
		Великі й важкі верстати			
Чорнова й чистова	Безперервний	До 5	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВК6-ОМ, Т15К6	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ
		5...15	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВП1455, ВК15-ХОМ, ВК8
		Понад 15	ВП1455, ВК15-ХОМ, ВК8	ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	
	Переривчастий	До 5	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВК6-ОМ, Т15К6	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ
		5...15	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВП1455, ВК15-ХОМ, ВК8
		Понад 15	ВП1455, ВК15-ХОМ, ВК8	ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	

Таблиця А.3 – Рекомендації щодо вибору інструментальних матеріалів для обробки чавунів (HB110...270) і мідних сплавів високої твердості (HB100...140)

Дрібні й середні верстати					
Умови експлуатації			Марка інструментального матеріалу		
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання t, мм	Рекомендована для усереднених умов	Підвищеної зносостійкості	Підвищеної міцності
Чорнова	Безперервний	До 3	ВК3-М, ТН-20, ВК3	ВОК-71, ВОК-60, В3, ОНТ-20	ВК6-ОМ, ТТ8К6
		3...7	ВК6-М, ВК4	ВК6-ОМ, ТТ8К6	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3155
		Понад 7	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3155	ВК6-М, ВК4	ВК8, ВП3325
	Переривчастий	До 3	ВК6-М, ВК4	ВК6-ОМ, ТТ8К6	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115
		3...7	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	ВК6-М, ВК4	ВК8, ВП3325
		Понад 7	ВК8, ВП3325	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	
Чистова	Безперервний	До 1	Композит 10	Композит 05, Композит 01	ВОК-71, В3, ВОК-60, ОНТ-20
		1...2	ВОК-71, ВОК-60, В3, ОНТ-20	Композит 10	ВК3-М, ТН-20, ВК3
Великі й важкі верстати					
Чорнова	Безперервний	До 5	ВК6-М, ВК4	ВК6-ОМ, ТТ8К6	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115
		5...15	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	ВК6-М, ВК4	ВК8, ВП3325
		Понад 15	ВК8, ВП3325	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	
	Переривчастий	До 5	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	ВК6-М, ВК4	ВК8, ВП3325
		5...15	ВК8, ВП3325	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	
		Понад 15	ВК8, ВП3325	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	
Чистова	Безперервний	До 1,5	ВОК-71, ВОК-60, В3, ОНТ-20	Композит 10	ВК3-М, ТН-20, ВК3
		1,5...4	ВК3-М, ТН-20, ВК3	ВОК-71, ВОК-60, В3, ОНТ-20	ВК6-ОМ, ТТ8К6

Таблиця А.4 – Рекомендації щодо вибору інструментальних матеріалів для обробки мідних і алюмінієвих сплавів низької твердості (НВ30...100)

Дрібні й середні верстати					
Умови експлуатації			Марка інструментального матеріалу		
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання t, мм	Рекомендована для усереднених умов	Підвищеної зносостійкості	Підвищеної міцності
Чорнова і чистова	Безперервний	До 3	ВК3-М, ВК3	В3, ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6
		3...7	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6	ВК3-М, ВК3	ВК6-М, ВК4, КНТ-16
		Понад 7	ВК6-М, ВК4, КНТ-16	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6	ВК6
	Переривчастий	До 1	В3, ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20	АС2, АС4, АС6	ВК3-М, ВК3
		1...3	ВК3-М, ВК3	В3, ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6
Великі й важкі верстати					
Чорнова	Безперервний і переривчастий	До 5	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6	ВК3-М, ВК3	ВК6-М, ВК4, КНТ-16
		5...15	ВК6-М, ВК4, КНТ-16	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6	ВК6
		Понад 15	ВК6	ВК6-М, ВК4, КНТ-16	ВК8
Чистова	Безперервний	До 1,5	В3, ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20		ВК3-М, ВК3
		Понад 1,5	ВК3-М, ВК3	В3, ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6

Таблиця А.5 – Рекомендації щодо вибору інструментальних матеріалів для обробки загартованих сталей і вибілених чавунів

Дрібні й середні верстати					
Умови експлуатації			Марка інструментального матеріалу		
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання t, мм	Рекомендована для усереднених умов	Підвищеної зносостійкості	Підвищеної міцності
Получистова й чистова	Безперервний	До 0,5	Композит 10	Композит 05	ВОК-60, В3, Т30К4
		0,5...1,5	Композит 10	Композит 05	ВОК-60, В3, Т30К4
		1,5...3	ВОК-60, В3, Т30К4	Композит 10	ВК6-М, ВК6-ОМ, Т15К6
Великі й важкі верстати					
Получистова й чистова	Безперервний	До 0,75	Композит 10	Композит 05	В3, ВОК-60, ВОК-71, Т30К4
		0,75...1,5	Композит 10	Композит 05	В3, ВОК-60, ВОК-71, Т30К4
		Понад 1,5	В3, ВОК-60, ВОК-71, Т30К4	Композит 10	ВК6-М, ВК6-ОМ, Т15К6

Таблиця А.6 - Поправкові коефіцієнти на подачу K_{us} і швидкість різання K_{uv} при обробці сталей вуглецевих, підшипникових та інструментальних (НВ 110...330)

Дрібні й середні верстати									
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу						
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	Ком-позит 10	ВОК-60, В-13, ВШ-75	T30K4, ТН-20, МС101, ВП1195	T15K6, МС111, КНТ-16	T14K8, МС2210, МС2215, МС121, ВП1255, ВП1325	T5K10, МС131, МС1460, МС1465	T5K12, МС146, ТТ7К12
Чорнова	Безперервний	До 3		$\frac{0,9}{1,5}$	$\frac{0,95}{1,1}$	1,0	$\frac{1,05}{0,8}$		
		3...7				$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$	
		Понад 7				$\frac{0,8}{1,2}$	$\frac{0,85}{1,1}$	1,0	$\frac{1,15}{0,9}$
	Переривчастий	До 3				$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$	
		3...7					$\frac{0,85}{1,1}$	1,0	$\frac{1,15}{0,9}$
		Понад 7						$\frac{0,8}{1,05}$	1,0
Чистова	Безперервний	До 1	$\frac{0,95}{1,3}$	1,0	$\frac{1,05}{0,8}$	$\frac{1,1}{0,7}$			
		1...3		$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$			
Великі й важкі верстати									
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу						
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	Ком-позит 10	ВОК-60, ВОК-63	T30K4, ТН-20, МС101,	T15K6, МС111, КНТ-16	T14K8, МС2210, МС2215, МС121, ВП1255	T5K10, МС131, МС1460, МС1465	T5K12, МС14, ТТ7К12
Чорнова	Безперервний	До 5				$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,8}$	
		5...15					$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$
		Понад 15						$\frac{0,8}{1,1}$	1,0
	Переривчастий	До 5 мм				$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$	
		5...15					$\frac{0,8}{1,1}$	1,0	$\frac{1,2}{0,9}$
		Понад 15						$\frac{0,75}{1,05}$	1,0
Чистова	Безперервний	До 2	$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$	$\frac{1,2}{0,8}$			
		2...5		$\frac{0,85}{1,1}$	1,0	$\frac{1,15}{0,9}$			

Таблиця А.7 - Поправкові коефіцієнти на подачу K_{us} і швидкість різання K_{uv} при обробці корозійностійких сталей ($\sigma_s = 600 \dots 1000 \text{ Мпа}$)

Дрібні й середні верстати							
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки твердого сплаву				
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	ВК3-М	ВК6-ОМ, Т15К6	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	ВК15-ХОМ, ВК8
Чорнова й чистова	Безперервний	До 3	$\frac{0,85}{1,35}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$		
		3...7		$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,9}$	
		Понад 7		$\frac{0,8}{1,25}$	$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,05}{0,95}$
	Переривчастий	До 3		$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,9}$	
		3...7			$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,05}{0,85}$
Великі й важкі верстати							
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки твердого сплаву				
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	ВК6-ОМ, Т15К6	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	ВК15-ХОМ, ВК8	
Чорнова й чистова	Безперервний	До 5	$\frac{0,8}{1,2}$	1,0	$\frac{1,2}{0,8}$		
		5...15		$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$	
		Понад 15			$\frac{0,8}{1,2}$	1,0	
	Переривчастий	До 5	$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$		
		5...15		$\frac{0,8}{1,2}$	1,0	$\frac{1,2}{0,8}$	
		Понад 15			$\frac{0,75}{1,25}$	1,0	

Таблиця А.8 - Поправкові коефіцієнти на подачу K_{us} і швидкість різання K_{uv} при обробці чавунів (НВ 110...270) і мідних сплавів високої твердості (НВ 100...140)

Дрібні й середні верстати										
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу							
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	Композит 05 Композит 01	Композит 10	ВОК-71, ВОК-60, ВЗ, ОНТ-20	ВК3-М, ТН-20, ВК3	ВК6-ОМ, ТТ8К6	ВК6-М, ВК4	ВК6, МС3210 МС3215 ВП3115	ВК8, ВП3325
Чорнова	Безперервний	До 3			$\frac{0,95}{1,2}$	1,0	$\frac{1,05}{0,8}$			
		3...7					$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$	
		Понад 7						$\frac{0,85}{1,1}$	1,0	$\frac{1,15}{0,9}$
	Переривчастий	До 3					$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$	
		3...7						$\frac{0,85}{1,1}$	1,0	$\frac{1,15}{0,9}$
		Понад 7						$\frac{0,8}{1,05}$		1,0
Чистова	Безперервний	До 1	$\frac{0,95}{1,2}$	1,0	$\frac{1,05}{0,75}$					
		1...2		$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$				

Продовження таблиці А.8

Великі й важкі верстати									
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу						
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	Композит 10	ВОК-71, ВОК-60, ВЗ, ОНТ-20	ВК3-М, ТН20, ВК3	ВК6-ОМ, ТТ8К6	ВК6-М, ВК4	ВК6, МС3210, МС3215, ВП3115	ВК8, ВП3325
Чорнова	Безперервний	До 5				$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,8}$	
		5...15					$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	1,15
		Понад 15						$\frac{0,8}{1,1}$	1,0
	Переривчастий	До 5					$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$
		5...15						$\frac{0,8}{1,1}$	1,0
		Понад 15						$\frac{0,75}{1,05}$	1,0
Чистова	Безперервний	До 1,5	$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$				
		1,5...4		$\frac{0,85}{1,1}$	1,0	$\frac{1,15}{0,9}$			

Таблиця А.9 - Поправкові коефіцієнти на подачу K_{us} і швидкість різання K_{uv} при обробці мідних і алюмінієвих сплавів низької твердості (НВ 30...100)

Дрібні й середні верстати								
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу					
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	АС-2 АС-4 АС-6	В3, ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20	ВК3-М, ВК3	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6	ВК6-М, ВК4, КНТ-16	ВК6
Чорнова	Безперервний і переривчастий	До 3		$\frac{0,95}{1,3}$	1,0	$\frac{1,05}{0,7}$		
		3...7			$\frac{0,95}{1,25}$	1,0	$\frac{1,05}{0,75}$	
		Понад 7				$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,8}$
Чистова	Безперервний	До 1	$\frac{0,9}{1,25}$	1,0	$\frac{1,05}{0,75}$			
		Понад 1...3		$\frac{0,95}{1,2}$	1,0	$\frac{1,05}{0,8}$		
Великі й важкі верстати								
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу					
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	В3, ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20	ВК3-М, ВК3	ВК6-ОМ, ТН-20, ТТ8К6	ВК6-М, ВК4, КНТ-16	ВК6	ВК8
Чорнова	Безперервний і переривчастий	До 5		$\frac{0,95}{1,25}$	1,0	$\frac{1,05}{0,75}$		
		5...15			$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,8}$	
		Понад 15				$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$
Чистова	Безперервний	До 1,5	1,0	$\frac{1,05}{0,8}$				
		Понад 1,5	$\frac{0,9}{1,15}$	1,0	$\frac{1,1}{0,85}$			

Таблиця А.10 - Поправкові коефіцієнти на подачу K_{us} і швидкість різання K_{uv} при обробці загартованих сталей і вибілених чавунів

Дрібні й середні верстати						
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу			
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	Композит 05	Композит 10	В0К-60, В3, Т30К4	ВК6-0М, ВК6-М, Т15К6
Получиства й чистова	Безперервний переривчастий	До 0,5	$\frac{0,95}{1,25}$	1,0	$\frac{1,05}{0,75}$	
		0,5...1,5	$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,8}$	
		1,5...3		$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$
Великі й важкі верстати						
Умови експлуатації			$\frac{K_{us}}{K_{uv}}$ залежно від марки інструментального матеріалу			
Характер обробки	Характер припуску	Глибина різання, мм	Композит 05	Композит 10	В3, В0К-60, В0К-71, Т30К4	ВК6-0М, ВК6-М, Т15К6
Получиства й чистова	Безперервний і переривчастий	До 0,75	$\frac{0,9}{1,2}$	1,0	$\frac{1,1}{0,8}$	
		0,75...1,5	$\frac{0,85}{1,15}$	1,0	$\frac{1,15}{0,85}$	
		1,5...5		$\frac{0,8}{1,1}$	1,0	$\frac{1,2}{0,9}$

Додаток Б

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ РІЗЦІВ З МЕХАНІЧНИМ КРІПЛЕННЯМ ЗМІННИХ БАГАТОГРАННИХ ПЛАСТИН

Сучасне виробництво висуває нові вимоги до різального інструменту. Велике значення, особливо для автоматизованого виробництва верстатів з ЧПУ й ГПС, має надійність різального інструменту, його пристосованість до автоматизації. Напайні інструменти через низькі показники безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності знижували ефективність експлуатації дорогого автоматизованого устаткування. Тому заміна напайного інструмента збірним є одним з важливих завдань розвитку технології машинобудування. Ці рекомендації присвячені вивченню конструктивних особливостей, достоїнств і недоліків, областей раціонального застосування прогресивних конструкцій збірних різців з механічним кріпленням пластин (МКП).

У загальному випадку збірний різець складається з корпусу, що стосовно до різців називається державкою, змінної багатогранної пластини (ЗБП), твёрдосплавної опорної пластини, елементів кріплення й стружкодроблення. Як правило, до комплекту входить збірний різець, кілька десятків ЗБП і декілька запасних опорних пластин і елементів кріплення. Ціна комплекту – від 200 до 600 грн. залежно від типорозміру, конструкції й комплектації. Основними виробниками збірних різців в Україні є Харківський, Запорізький й Чернігівський інструментальні заводи.

Збірні різці із МКП одержали широке поширення в металообробці внаслідок ряду істотних переваг у порівнянні з напайними різцями. До достоїнств різців із МКП варто віднести наступні.

1 Високі показники безвідмовності й довговічності, у першу чергу середній період стійкості \bar{T} , гама-процентний період стійкості T_γ і коефіцієнт варіації стійкості V_τ . Ці показники забезпечуються високою міцністю й вібростійкістю конструкції, високою зносостійкістю різальних пластин. Висока міцність елементів конструкції досягається застосуванням високоміцних матеріалів і їхньою спеціальною термообробкою, застосуванням твёрдосплавних опорних пластин, раціональним розташуванням різальної пластини. Висока вібростійкість конструкції забезпечується раціональною схемою базування й закріплення різальної пластини – остання повинна бути надійно притиснута як по опорній, так і по упорних поверхнях. Висока зносостійкість забезпечується

застосуванням зносостійких марок твердих сплавів, у тому числі зі зносостійкими покриттями, різальної кераміки, синтетичних надтвердих матеріалів. Високі показники міцності й зносостійкості забезпечуються також відсутністю в різальній пластині внутрішніх напружень, що виникають у напайних різців при паянні й абразивному заточенні. Високі показники довговічності забезпечуються наявністю декількох різальних крайок на кожній ЗБП і декількох десятків ЗБП, що припадають на одну державку.

2 Високі показники ремонтпридатності (мінімальний час для відновлення працездатності, пристосованість до обслуговування й стружкодроблення). Ці показники забезпечуються можливістю відновлення працездатності або шляхом повороту різальної пластини або її заміни (але не переточуванням), зручним розташуванням і мінімальною величиною переміщення кріпильних елементів, застосуванням оптимальних геометричних параметрів і спеціальних конструктивних елементів, що забезпечують завивання, дроблення й надійний відвід стружки (більшість ЗБП мають фасонну передню поверхню; для ЗБП із плоскою передньою поверхнею передбачені накладні твердосплавні стружколами).

3 Висока точність позиціонування й взаємозамінність різальних крайок при повороті й заміні ЗБП. Ці показники забезпечуються раціональною схемою базування різальної пластини, високою точністю й стабільністю геометрії ЗБП, високою точністю виготовлення гнізда під ЗБП. Кращим варіантом є базування ЗБП по двох бічних поверхнях у закритому гнізді державки.

4 Скорочення витрат конструкційної сталі внаслідок багаторазового використання корпусу різця (наприклад, в одному корпусі може бути використане від 10 до 50 ЗБП).

5 Скорочення витрат на інструментозабезпечення й обслуговування.

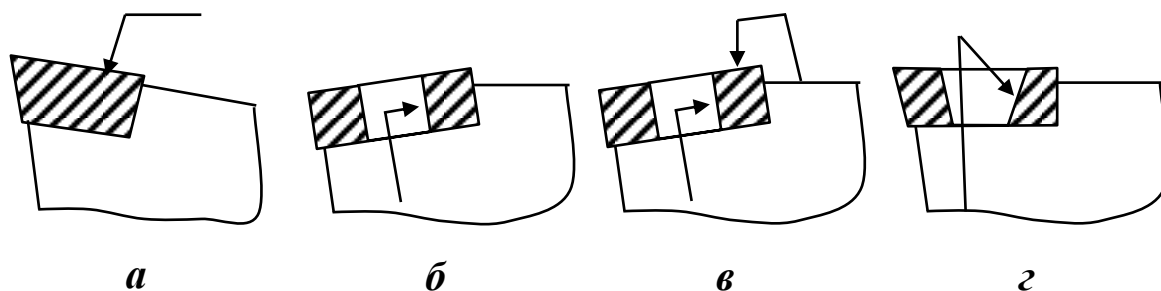
6 Багаторазове зменшення площі складських приміщень внаслідок зменшення кількості корпусів.

7 Поліпшення умов праці внаслідок ліквідації операцій паяння й абразивного заточування.

До недоліків збірних різців із МКП варто віднести високу трудомісткість виготовлення й високу вартість комплекту. Однак у перерахуванні на одну різальну крайку їхня вартість порівнянна з напайними різцями. З огляду на високі показники безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності збірних різців із МКП, їхнє застосування при дотриманні регламенту експлуатації завжди ефективно.

Конструкції різців із МКП відрізняються великою розмаїтістю застосовуваних способів кріплення ЗБП (відомо кілька тисяч конструкцій

інструмента із МКП). Однак, незважаючи на різноманіття конструктивних рішень у частині закріплення ЗБП у різцях, провідні закордонні й вітчизняні інструментальні фірми використовують у серійному виробництві обмежену кількість базових способів кріплення ЗБП. Так, наприклад, для обточування, підрізання й розточування застосовуються в основному чотири базових способи кріплення ЗБП – відповідно, типи С, Р, М і S за класифікацією ISO і ГОСТ 26276-85 (рис.Б.1).



а – притиском зверху (тип С); б – штифтом через центральний отвір (тип Р); в – штифтом через центральний отвір і притиском зверху (тип М); г – гвинтом через конічний центральний отвір (тип S)

Рисунок Б.1 - Типи механічного кріплення ЗБП

Нижче наводиться опис деяких прогресивних конструкцій збірних різців, які в цей час випускаються провідними закордонними й вітчизняними інструментальними фірмами.

На рисунку Б.2 зображена конструкція збірного різця T-MAX S, у якій ЗБП без отвору закріплюється притиском зверху (тип С).

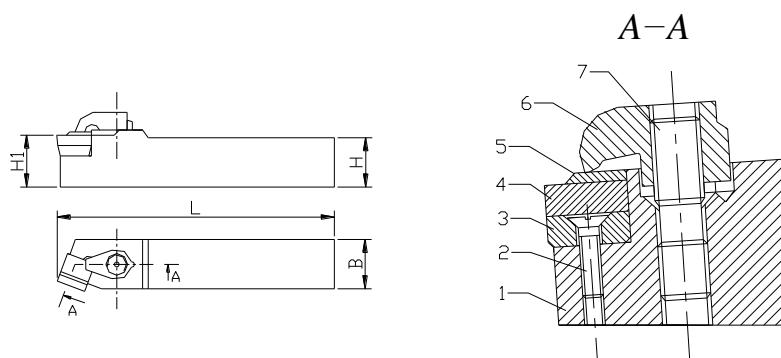


Рисунок Б. 2 – Збірний різець T-MAX S

ЗБП 4 базується в закритому гнізді державки 1 по двох бічних поверхнях і зверху притискається до опорної пластини 3 прихоплювачем 6. Швидке знімання ЗБП забезпечується диференціальним гвинтом 7. Опорна

твердосплавна пластина 3 закріплюється на державці гвинтом 2 або розрізною притискною втулкою. У різцях з пластинами без стружколампних канавок застосовуються накладні твердосплавні стружколами 5. Різці найменших перетинів випускаються без опорної пластини.

Недоліком конструкції є те, що передня поверхня ЗБП частково закрита прихоплювачем, що може перешкоджати вільному сходу стружки.

Конструкція рекомендується в першу чергу для обробки крихких матеріалів, що утворюють стружку надлому (загартовані сталі, сірий і вибілений чавуни, кольорові метали). Тип С є єдиним способом механічного кріплення ЗБП із різальної кераміки й композитів, які випускаються без центрального отвору.

Інструментальні фірми випускають близько 120 типорозмірів прохідних і підрізних різців і 20 типорозмірів розточувальних різців (табл. Б.2 і Б.6). Різці відрізняються розмірами перерізу державки, головними кутами в плані, типами й розмірами пластин. У різцях застосовуються ЗБП тригранної, квадратної, ромбічної й круглої форми, позитивні й негативні, з канавками на передній поверхні й без, із твердих сплавів, різальної кераміки й композитів (табл. Б.8 і Б.9).

На рисунку Б.3 зображена конструкція збірного різця Т-МАХ Р с кріпленням ЗБП із отвором L-подібним важелем (тип Р).

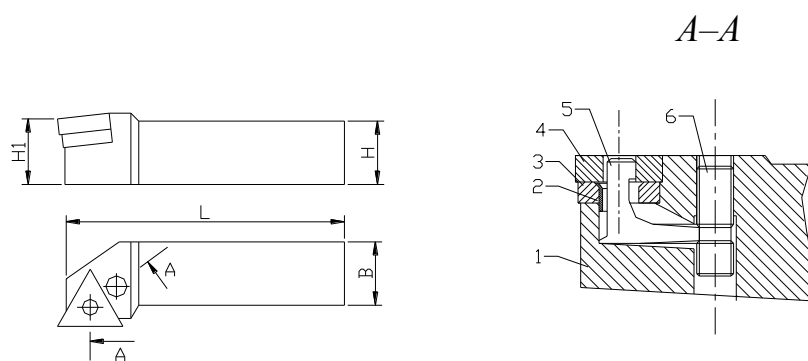


Рисунок Б.3 – Збірний різець Т-МАХ Р

ЗБП 4 базується (установлюється) у закритому гнізді державки 1, а L-подібний важіль 5, що починає рухатися за допомогою гвинта 6, притискає пластину через центральний отвір до двох бічних поверхонь гнізда. Опорна пластина 3 закріплюється на державці пружною втулкою 2. Конструкція вузла кріплення забезпечує можливість швидкого й точного повороту або зміни ЗБП. Вона дозволяє застосовувати всю гаму нових прогресивних ЗБП, у тому числі зі складною формою передньої поверхні, що забезпечує дроблення стружки.

Конструкція застосовується для найрізноманітніших умов. Інструментальні фірми випускають близько 120 типорозмірів прохідних,

підрізних і копірних різців, а також 13 типорозмірів розточувальних різців (табл. Б.3 і Б.6).

На рисунку Б.4 зображена конструкція збірного різця Т-МАХ, у якій ЗБП одночасно притискається як з боку упорної, так і з боку передньої поверхонь (тип М).

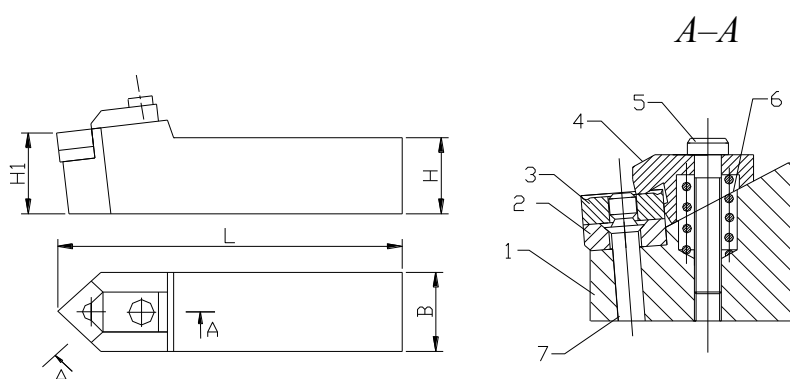


Рисунок Б.4 - Збірний різець Т-МАХ

При загвинчуванні гвинта 5 прихоплювач 4 притискає ЗБП по її опорній поверхні до опорної пластини 2 і державки 1. Одночасно прихоплювач, зміщаючись уліво похилим пазом, притискає ЗБП через її центральний отвір до голівки штифта 7. При відгвинчуванні гвинта 5 прихоплювач 4 піднімається над ЗБП за допомогою пружини 6.

Конструкція відрізняється високою жорсткістю та надійністю, успішно застосовується на найважчих чорнових операціях. Недоліком конструкції є те, що ЗБП не притискається по бічних поверхнях до державки, тому при повороті або заміні ЗБП її вершина може займати довільне положення. Зазначений недолік обмежує застосування конструкції на автоматизованому встаткуванні, де потрібна висока точність позиціонування вершини ЗБП. Іншим недоліком є те, що передня поверхня ЗБП частково закрита прихоплювачом, що перешкоджає вільному сходу стружки.

Інструментальні фірми випускають близько 80 типорозмірів прохідних і підрізних різців даної конструкції (табл. Б.4).

На рисунку Б.5 зображена конструкція збірного різця Т-МАХ U, у якій ЗБП закріплюється гвинтом через центральний отвір (тип S).

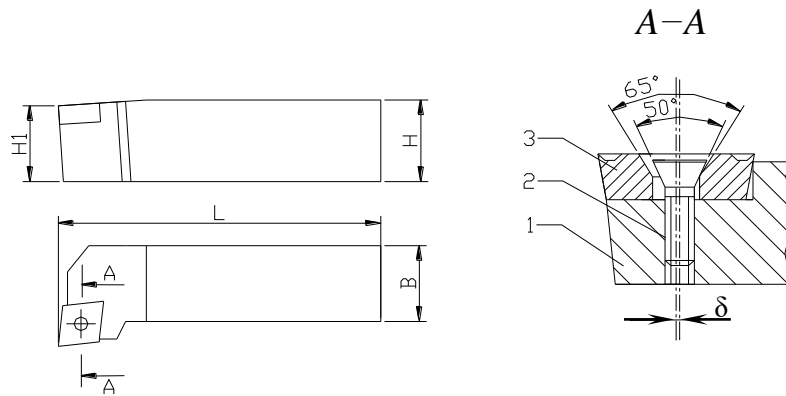


Рисунок Б.5 - Збірний різець T-MAX U

Конічна голівка гвинта 2, взаємодіючи з фасонною ділянкою центрального отвору ЗБП 3, притискає останню по опорній поверхні до державки 1. Вісь гвинта зміщена на величину $\delta=0,15$ мм щодо осі отвору ЗБП, що забезпечує притиск останньої по бічних (упорних) поверхнях закритого гнізда державки.

Достоїнством цієї конструкції є простота й компактність вузла кріплення ЗБП, добрий відвід стружки з відкритої передньої поверхні й висока надійність кріплення ЗБП. Для різців з малим перерізом державки цей тип кріплення є єдино можливим (мінімальний перетин державки – $V \times H=8 \times 8$ мм). Різці з більшим перерізом державки випускаються із твёрдосплавною опорною платиною.

Інструментальні фірми випускають близько 30 типорозмірів прохідних і підрізних різців і 12 типорозмірів розточувальних різців (табл. Б.5 і Б.6).

На рисунку Б.6 зображений збірний різець T-MAX Q-Cut для відрізки й прорізування канавок із кріпленням пластин за рахунок пружних властивостей корпуса (тип кріплення X).

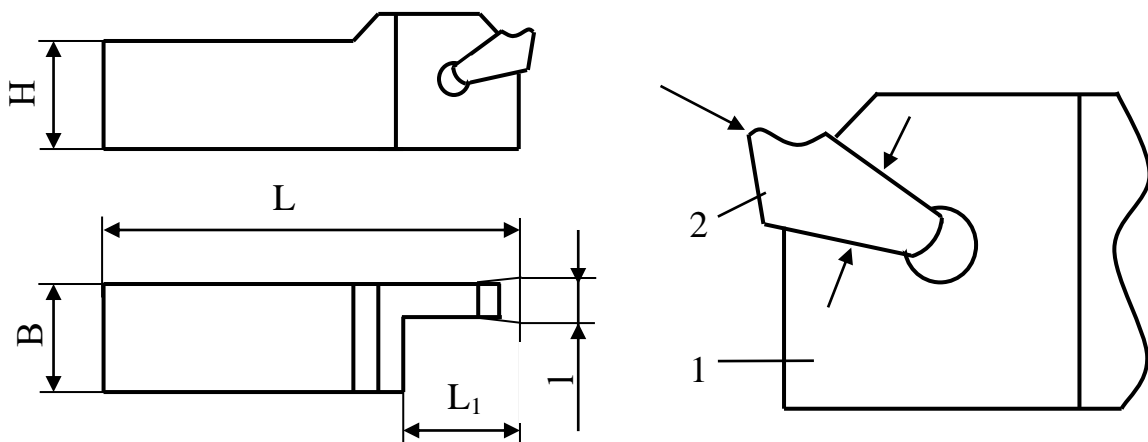


Рисунок Б.7 - Збірний відрізний різець T-MAX Q-Cut

Робоча частина корпусу 1 оснащена клиноподібним гніздом під різальну пластину з опуклими V-подібними опорними поверхнями. Спеціальна різальна пластина 2 також має клиноподібну форму, а верхня й нижня опорні поверхні мають увігнуту V-подібну форму. Ці поверхні й відповідні їм опуклі V-подібні опорні поверхні гнізда корпусу орієнтують різальну пластину за центром гнізда й забезпечують сталість цього положення під час роботи. Різальна пластина заклинюється в гнізді корпусу під дією сил різання (кут заклинювання - $10...16^\circ$). Розтискання здійснюється ексцентриковим ключем.

Передня поверхня різальних пластин має спеціальну геометрію, що забезпечує оптимальну деформацію стружки: по краях вона вище, ніж у середній частині, а уздовж головної різальної кромки виконана фаска з позитивним або негативним переднім кутом залежно від оброблюваного матеріалу. Така геометрія передньої поверхні дає можливість одержати стружку вужче, ніж ширина розрізу, і забезпечує компактність спіралі. Вузька компактна стружка не ушкоджує оброблені торцеві поверхні й легко видаляється із прорізуваного паза.

Пластини для відрізних різців виготовляють трьох видів: з головною різальною крайкою, розташованою паралельно осі заготовки, і під кутом до цієї осі – пластини праві й ліві.

Праві й ліві різальні пластини застосовують у тих випадках, коли в центрі торця відрізаних заготовок небажано залишати не зрізаними циліндричні виступи. Головний кут у плані задається як $82...87^\circ$ залежно від осьової сили різання, що допускається.

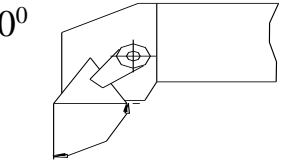
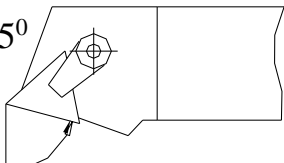
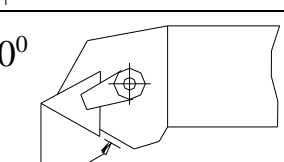
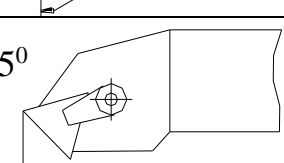
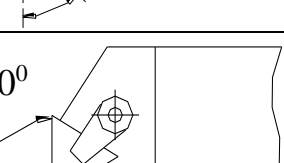
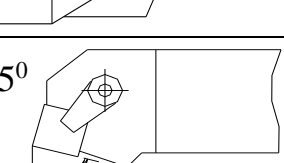
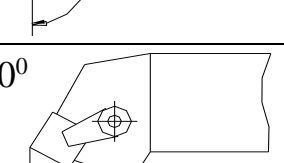
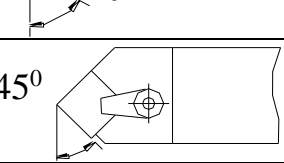
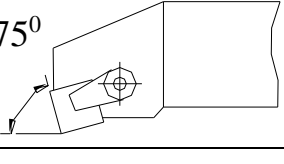
Пластини прорізних різців у більшості випадків мають головну різальну кромку, паралельну осі заготовки.

Корпус різців може бути стрижневий (із прямокутним або квадратним перетином) і пластинчастої форми. Різці із пластинчастим корпусом, як правило, оснащені двома клиноподібними гніздами під різальну пластину на обох його кінцях.

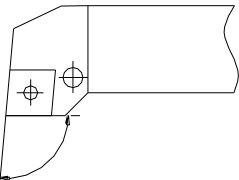
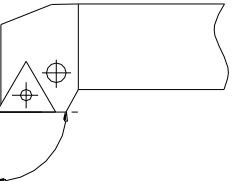
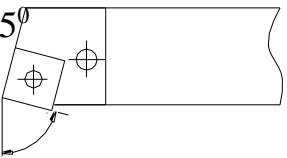
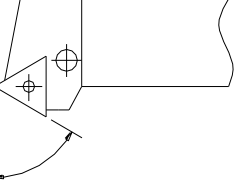
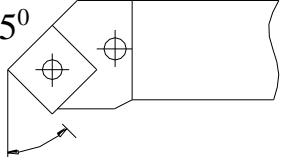
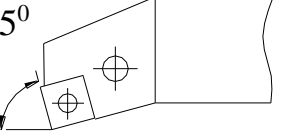
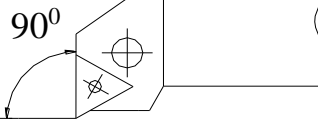
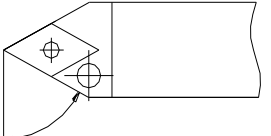
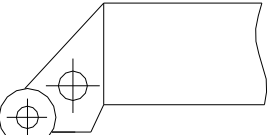
Достоїнством збірних різців T-MAX Q-Cut є простота й компактність вузла кріплення різальної пластини, простота експлуатації, висока жорсткість навіть при дії осьових (бічних) сил, надійне стружкодроблення.

Інструментальні фірми випускають близько 50 типорозмірів різців для відрізання й прорізування канавок, у яких застосовується близько 30 типорозмірів пластин шириною від 1,2 до 12,7 мм (табл. Б.7).

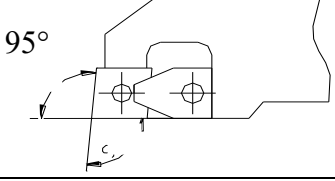
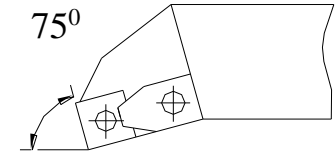
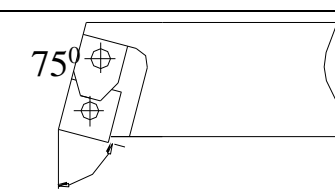
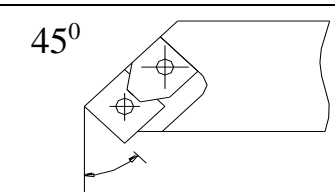
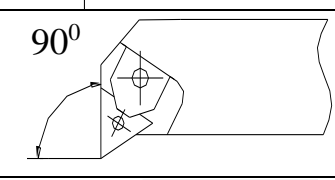
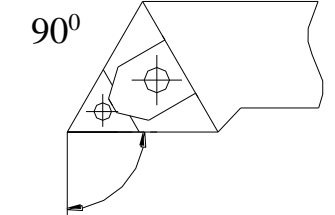
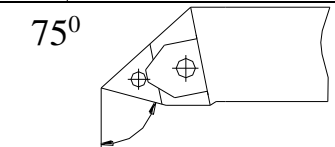
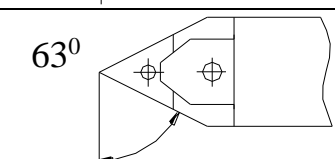
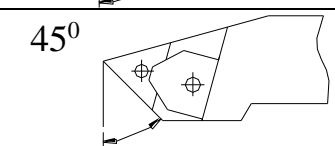
Таблиця Б.2 - Номенклатура прохідних і підрізних збірних різців
T-MAX S із кріпленням пластин притиском зверху

Ескіз різця	Позначення за ISO	Параметри державки, мм				
		2020K	2525M	3225P	3232P	4040S
		Довжина різальної кромки, мм				
90° 	СТGPR/L	11 16	16	16	22	22
75° 	СТBPR/L	11 16	16	16	22	22
60° 	СТTPR/L	11 16	16	16	22	22
45° 	СТDPR/L	16	16	16	22	22
90° 	СТFPR/L	11 16	16	16	22	22
75° 	CSBPR/L	09 12	12	12 15	19	19
60° 	CSTPR/L	09	12	12 15	19	19
45° 	CSDPN	12	12	12 15	19	19
75° 	CSKPR/L	09	12	12 15	19	19

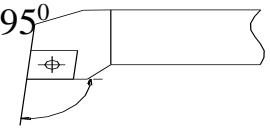
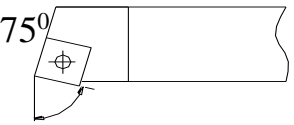
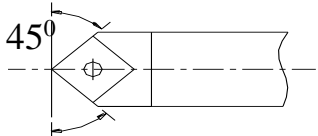
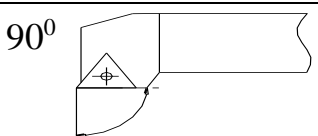
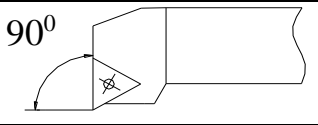
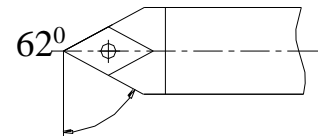
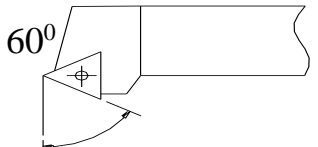
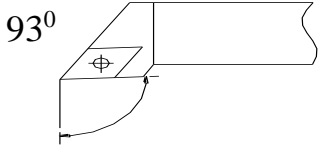
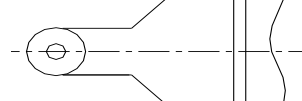
Таблиця Б.3 – Номенклатура прохідних і підрізних збірних різців
T-MAX P із кріпленням пластин L-подібним важелем

Ескіз різця	Позначення за ISO	Параметри державки, мм				
		2020K	2525M	3225P	3232P	4040S
		Довжина різальної кромки, мм				
95° 	PCLNR/L	12	12 19	12 19	19	19
90° 	PTGNR/L	16	16 22	16 22	22 27	27
75° 	PSBNR/L	09 12	12	12	19	19 25
60° 	PTTNR/L	16	22	22		
45° 	PSSNR/L	09 12	12	12	19	19 25
75° 	PSKNR/L	09 12	12	12	19	19
90° 	PTFNR/L	16	16 22	22	22 27	27 33
63° 	PKNNN	15	15	15	15 19	19
	PRGNR/L	9	12	15	19	25

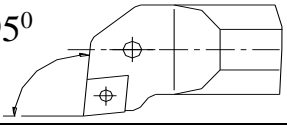
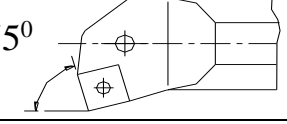
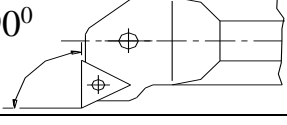
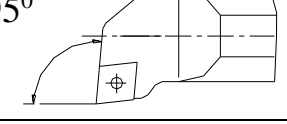
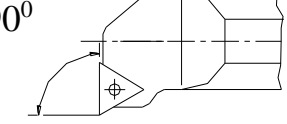
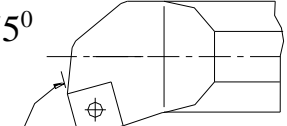
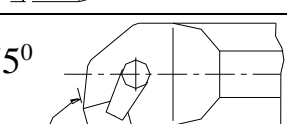
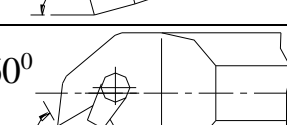
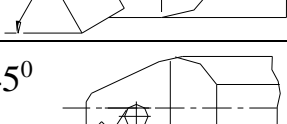
Таблиця Б.4 - Номенклатура прохідних і підрізних збірних різців
T-MAX із кріпленням пластин з отвором клином-
прихоплювачем

Ескіз різця	Позначення за ISO	Параметри державки, мм				
		2020K	2525M	3225P	3232P	4040R
		Довжина різальної кромки, мм				
	MCLCR/L	12	12 19	12 19	12 19	
	MSKCR/L	12	12	12 19	19	
	MSRCR/L	12	12	12	19	19
	MSSCR/L	12	12 19	12 19	19	19
	MTFCR/L	16	16 22	16 22		
	MTGCR/L	16	16 22	16 22		
	MTRCR/L	16	16 22	16 22		
	MTNCR/L	16	16 22	16 22	22	22
	MTSCR/L	16	16 22	16 22		

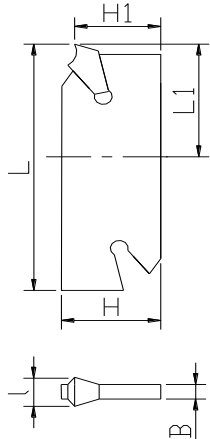
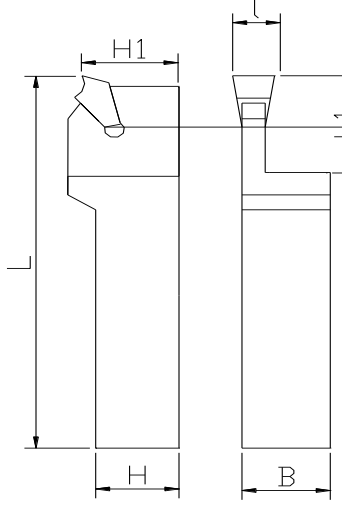
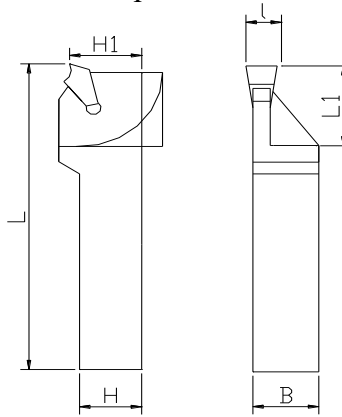
Таблиця Б.5 - Номенклатура прохідних і підрізних збірних різців
T-MAX U із кріпленням пластин гвинтом через отвір

Ескіз різця	Позначення за ISO	Параметри державки, мм				
		1212F	1616H	2020K	2525	3225P
		Довжина різальної кромки, мм				
	SCLCR/L	9	9	9 12	12	
	SSBCR/L		9	9 12	12	
	SSDCN		9	9 12	12	
	STGCR/L	11	11 16	16	16	
	STFCR/L	11	11 16	16	16	
	SDNCN	11	11 15	15	15	15
	STTCR/L		11 16	16	16	
	SDHCR/L		11	11	11	
	SRDCN	6	8	10	10 12	12 16

Таблиця Б.6 - Номенклатура розточувальних збірних різців T-MAX P, T-MAX U і T-MAX S

Ескіз різця	Позначення за ISO	Параметри державки, мм				
		S16R	S20S	S25T	S32U	S40V
		Довжина різальної кромки, мм				
	PCLNR/L	9	9	9 12	12	12
	PSKNR/L	1		9 12	12	12
	PTFNR/L	11	11	11		
	SCLCR/L	6 9	9	9 12	12	12
	STFCR/L	11	11	16	16	16
	SSKCR/L	9	9	12	12	
	CSKPR/L	9	9	12	12	12
	CSTPR/L	9	9	12	12	12
	CSDPR/L	9	9	12	12	12

Таблиця Б.7 - Номенклатура збірних різців T-MAX Q-Cut
для відрізування й прорізування канавок із кріпленням
пластин самозаклинюванням

Ескіз різця	Позначення за ISO	Параметри різця, мм					
		H	B	L	H ₁	L ₁	l
<p>Різець відрізний пластинчатий</p> 	XLCCN2603K3.1	26	2,4	125	21,4	45	3,1
	XLCCN3203M3.1	32	2,4	150	24,8	80	3,1
	XLCCN2604K4.1	26	3,2	125	21,4	45	4,1
	XLCCN3204M4.1	32	3,2	150	24,8	80	4,1
	XLCCN3205M5.1	32	4,1	150	24,8	80	5,1
	XLCCN3205P5.1	32	4,1	170	24,8	100	5,1
	XLCCN3206P6.4	32	5,2	170	24,8	100	6,4
<p>Різець відрізний</p> 	XLCCR/L2020K3.1	20	20	125	20,0	20	3,1
	XLCCR/L2525M3.1	25	25	150	25,0	25	3,1
	XLCCR/L3225P3.1	32	25	170	32,0	25	3,1
	XLCCR/L2020K4.1	20	20	125	20,0	25	4,1
	XLCCR/L2525M4.1	25	25	150	25,0	25	4,1
	XLCCN/L3225P4.1	32	25	170	32,0	25	4,1
	XLCCR/L2525M5.1	25	25	150	25,0	32	5,1
	XLCCR/L3232P5.1	32	32	170	32,0	32	5,1
	XLCCR/L2525M6.1	25	25	150	25,0	32	6,1
	XLCCR/L3232P6.1	32	32	170	32,0	32	6,1
<p>Різець відрізний підсилений</p> 	XLCCR/L1616H3.1	16	16	100	16,0	17,5	3,1
	XLCCR/L2016K3.1	20	16	125	20,0	17,5	3,1
	XLCCR/L2020K3.1	20	20	125	20,0	17,5	3,1
	XLCCR/L2020K3.1	20	20	125	20,0	22,5	3,1
	XLCCR/L2525M3.1	25	25	150	25,0	22,5	3,1
	XLCCR/L2020K4.1	20	20	125	20,0	22,5	4,1
	XLCCR/L2525M4.1	25	25	150	25,0	22,5	4,1

Додаток В

ПАСПОРТНІ ДАНІ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Токарно-гвинторізний верстат 16К20

Висота центрів – 215 мм. Відстань між центрами – до 2000 мм. Потужність двигуна $N_{\text{дв}} = 10$ кВт; ККД верстата $\eta = 0.75$. Частота обертання шпинделя, хв^{-1} : 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Поздовжні подачі, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,4; 2,8.

Поперечні подачі, мм/об: 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4. Максимальна осьова сила різання, що допускається механізмом подачі, $P_x = \approx 6000$ Н.

Токарно-гвинторізний верстат 1К62

Висота центрів – 200 мм. Відстань між центрами – до 1400 мм. Потужність двигуна $N_{\text{дв}} = 10$ кВт; ККД верстата $\eta = 0.75$. Частота обертання шпинделя, хв^{-1} : 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000.

Поздовжні подачі, 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.

Поперечні подачі, мм/об: 0,035; 0,037; 0,042; 0,048; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,074; 0,084; 0,097; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,17; 0,195; 0,2; 0,23; 0,26; 0,28; 1,04; 1,14; 1,21; 1,4; 1,56; 1,74; 1,9; 2,08.

Максимальна осьова сила різання, що допускається механізмом подачі, $P_x = 3600$ Н.

Токарний багаторізцевий напівавтомат 1Н713

Висота центрів – 250 мм. Відстань між центрами – до 1400 мм. Кількість супортів – 2. Потужність двигуна $N_{\text{дв}} = 18,5$ кВт; ККД верстата $\eta = 0.8$.

Частота обертання шпинделя, хв^{-1} : 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250. Поздовжні й поперечні подачі супортів, мм/хв: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400.

Максимальна осьова сила різання, що допускається механізмом подачі, $P_x = 16000$ Н.

Плоскошліфувальний верстат 3П722

Розмір стола – 320x1250 мм. $N_{дв}=15$ кВт; $\eta=0.85$, $n_k = 1500$ хв⁻¹. Швидкість руху стола – 3...45 м/хв, поперечна подача кола – 2...48мм/хід (регулюється безступінчасто).

Вертикальна подача круга (мм на реверс шліфувальної бабки): 0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,075; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1. Коло: $D_k = 450$ мм; $B_k=80$ мм.

Вертикально-свердлильний верстат 2Н125

Найбільший діаметр оброблюваного отвору в заготовці зі сталі – 25 мм. Потужність двигуна $N_{дв}=2,8$ кВт; ККД верстата $\eta=0.8$. Частота обертання шпинделя, об/хв: 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000. Подачі, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 0,6. Максимальна осьова сила різання, що допускається механізмом подачі верстата, $P_{max}=9000$ Н.

Вертикально-свердлильний верстат 2Н135

Найбільший діаметр оброблюваного отвору в заготовці зі сталі – 35мм. Потужність двигуна $N_{дв}=4,5$ кВт; ККД верстата $\eta=0.8$.

Частота обертання шпинделя, хв⁻¹: 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1440.

Подачі, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Максимальна осьова сила різання, що допускається механізмом подачі верстата, $P_{max}=15000$ Н.

Вертикально-фрезерний верстат 6Р13

Площа робочої поверхні стола – 400x1600 мм. Потужність двигуна $N_{дв}=10$ кВт; ККД верстата $\eta=0.8$.

Частота обертання шпинделя, хв⁻¹: 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Подачі стола поздовжні й поперечні, мм/хв: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Подачі стола вертикальні, мм/хв: 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400.

Вертикально-фрезерний верстат 6Р12

Робоча поверхня стола – 320x1250 мм. Потужність двигуна $N_{дв}=7,5$ кВт; ККД верстата $\eta=0.8$.

Частота обертання шпинделя, хв⁻¹:31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Подачі стола поздовжні й поперечні, мм/хв: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Подачі стола вертикальні, мм/хв: 8; 10,5; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400.

Зубофрезерний верстат 53A50

Найбільший зовнішній діаметр колеса, що нарізається, – 500 мм. Найбільший модуль колеса, що нарізається, – 8мм. Потужність двигуна $N_{дв}=8$ кВт; ККД верстата $\eta = 0.65$.

Частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 405.

Вертикальні подачі супорта (фрези) за один оборот заготовки, мм/об: 0,75; 0,92; 1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,4; 3,7; 4,0; 5,1; 6,2; 7,5. Радіальні подачі, мм/об: 0,22; 0,27; 0,33; 0,4; 0,48; 0,55; 0,66; 0,75; 0,84; 1,0; 1,2; 1,53; 1,8; 2,25.

Зубодовбальний верстат 5122

Найбільший зовнішній діаметр колеса, що нарізається, – 200 мм. Найбільший модуль колеса, що нарізається, – 5 мм. Потужність двигуна $N_{дв}=3$ кВт; ККД верстата $\eta = 0.65$.

Кількість подвійних ходів довбача за 1 хв: 200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850. Кругові подачі за один подвійний хід довбача, мм/под. хід: 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6.

Радіальні подачі, мм/под. хід: 0,006; 0,009; 0,013; 0,036; 0,051; 0,072; 0,15.

Горизонтально-фрезерний верстат 6P82M

Потужність, частота обертання й подачі такі ж, як у верстата 6P12.

Протяжні верстати

Модель верстата	Номінальна тягова сила, Н	Кількість плунжерів	Довжина робочого ходу повзуна, мм	Швидкість робочого ходу		Швидкість зворотного ходу	Потужність електродвигуна, кВт
				Найбільша	Найменша		
Горизонтально-протяжні верстати							
7Б55	$10 \cdot 10^4$	1	1250	11,5	1,5	20	17
7Б56	$20 \cdot 10^4$	1	1600	11,5	1,5	20	30
Вертикально-протяжні верстати							
7Б65	10	1	1550	11,4	1,5	20	22
7Б66	20	1	1250	11,4	1,5	20	30

Різефрезерний верстат 5Б63

Найбільший діаметр фрезерованої зовнішньої різи – 80мм. Потужність двигуна $N_{дв}=3$ кВт; ККД верстата $\eta=0.75$.

Частота обертання фрезерного шпинделя, $хв^{-1}$: 160; 200; 250; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500.

Частота обертання шпинделя виробу, $хв^{-1:0}$,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16,0.

Круглошліфувальний верстат 3М131

Найбільший діаметр шліфувальної поверхні – 280 мм, довжина – 700мм. Потужність двигуна шліфувальної бабки $N_{дв}=7,5$ кВт; ККД верстата $\eta=0.8$. Частота обертання круга, $хв^{-1}$: 1112 і 1285. Частота обертання оброблюваної заготовки – 40...400 $хв^{-1}$ (регулюється безступінчасто).

Швидкість поздовжнього ходу стола – 50...5000мм/хв (регулюється безступінчасто). Періодична поперечна подача шліфувального круга – 0,002...0,1мм/хід стола (регулюється безступінчасто). Безперервна подача для врізного шліфування – 0,1...4,5мм/хв. Розміри шліфувального круга (нового): $D_k=600$ мм; $B_k=63$ мм.

Внутрішньошліфувальний верстат 3К228В

Найбільший діаметр шліфувального отвору – 200 мм; найбільша довжина шліфувальної поверхні – 200 мм. Потужність двигуна шліфувального шпинделя $N_{дв}=5,5$ кВт; ККД верстата $\eta=0.85$.

Частота обертання оброблюваної заготовки – 100...600 $хв^{-1}$ (регулюється безступінчасто).

Частота обертання шліфувального круга, $хв^{-1}$: 4500; 6000; 9000; 13000. Швидкість поздовжнього ходу шліфувальної бабки 1...7 м/хв (регулюється безступінчасто).

Поперечна подача шліфувального круга, мм/хід: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006.

Найбільші розміри шліфувального круга: $D_k = 175$ мм; $B_k=63$ мм.

Додаток Г
РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ІНСТРУМЕНТІВ

*Таблиця Г.1 – Геометричні параметри твердосплавних різців
для обробки конструкційних сталей, чавунів
та кольорових металів*

Операція	Оброблювальний матеріал	Характер обробки	Характер припуску	α, α_1	γ	γ_f	λ	f	ζ	r_b	
				градуси				мм			
Обточування, підрізання і розточування	Сталь конструкційна	До 240 НВ	Чорнова	Безперервний	6	-10	-5	5	0,4 ... 1,4	0,02... 0,1	0,8... 2,4
			Чорнова	Перервний	5	-6	-	12	-	0,03... 0,12	0,8... 2,4
		Чистова	Безперервний	8	15	-5	-4	0,2 ... 0,8	0,02... 0,06	0,6... 2,0	
		Чорнова	Безперервний	6	8	-5	8	0,3 ... 1,0	0,02... 0,06	0,6... 4,0	
			Перервний	5	-8	-	15	-	0,03... 0,1	0,8... 2,4	
		Чистова	Безперервний	8	10	-5	-5	0,15 ... 0,3	0,03... 0,06	0,6... 2,0	
	Чавун, мідні сплави високої твердості	Чорнова	Безперервний і перервний	6	8	-5	10	0,3 ... 0,4	-	0,8... 2,0	
		Чистова	Безперервний	8	10	-	-2	-	-	0,6... 1,6	
	Мідні сплави низької твердості та алюміній	Чорнова	Безперервний і перервний	6	15	-	0	-	-	0,8... 0,2	
		Чистова	Безперервний	8	25	-	-2	-	-	0,6... 1,6	
	Сталь загартована, чавун відбілений	Чистова	Безперервний	15	-10	-	-2	-	-	0,4... 1,2	
	Відрізання і прорізування	Сталь конструкційна	До 240 НВ	-	-	6	15	-5	0	0,3 ... 1,0	0,02... 0,09
240... 330 НВ			-	-	8	10	-5	0	0,2 ... 0,8	0,02... 0,08	0,8... 2,0
Чавун, мідні сплави високої твердості		-	-	6	8	-	0	-	-	0,6... 1,4	
Мідні сплави низької твердості та алюміній		-	-	8	30	-	0	-	-	0,6... 1,4	
Примітка. Чисельні значення f, ζ, r_b вибираються в залежності від S – для малих S приймають менші значення f, ζ, r_b від указанного діапазону та навпаки											

Таблиця Г.2 – Геометричні параметри твердосплавних різців для обробки важкооброблюваних сталей і сплавів (обточування, підрізання і розточування)

Матеріал заготовки		S, мм/об	γ	α	γ_f	f	b	R	r_e	ζ
Номер групи	σ_B , МПа		градуси			мм				
I, II, III	600...900	$\leq 0,3$	16	8	0...-3	0,1...0,2	3,5	6	0,5...1,0	0,03...0,04
		0,3...0,5				0,3...0,4	5,0	10	1,0	0,04...0,06
		0,6...0,8	20	6	0...-5	0,5...0,7	8,0	12	1,5	0,06...0,08
		> 0,8	24			0,8...1,0	16,0	20	2,0	0,08...0,1
IV	700...1000	$\leq 0,3$	10	10	0...-5	0,1...0,2	3,0	8	0,5...1,0	0,03...0,04
		0,3...0,5	12			0,3...0,4	4,0	10	1,0	0,04...0,06
V и VI	700...1300	$\leq 0,3$	5	15	0...-5	0,1...0,2	2,0	10	0,5...1,0	0,03...0,04
		0,3...0,5	10	10		0,3...0,4	3,0	8	1,0	0,04...0,06
II	1200	$\leq 0,3$	-5	8...10	-	2...3	-	-	0,5...1,0	0,03...0,04
VII	600...1400	$\leq 0,8$	0...-5	10						0,05...0,08
VIII	1400...1500	$\leq 0,5$	-3...-5							0,04...0,06
	1600...1800	$\leq 0,3$	-5							0,04...0,06
1800...2300	-5...-10									

Примітки: 1 Класифікація важкооброблюваних сталей і сплавів за групами оброблюваності різанням наведена у [7]. 2 Для відрізання і прорізання деталей з важкооброблюваних сталей і сплавів з $\sigma_B \leq 1100$ МПа: $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\alpha_l = 2^\circ$; $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_l = 2...5^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $f = 0,2...0,3$ мм; $\gamma_f = 0^\circ$; $\rho = 0,03...0,04$ мм; $b = 3$ мм; $R = 5$ мм.

Таблиця Г.3 - Геометричні параметри торцевих фрез

Оброблювальний матеріал		φ	φ_0	φ_1	α	γ	γ_f	λ	r_b	f
		Градуси							мм	
Твердосплавні фрези										
Конструкційні вуглецеві та леговані сталі	HB<140	45... ...90	$\varphi/2$	5	12... ...15	0...5	-	12... ...15	1,0... ...1,15	-
	140...229 HB					-5...0				
	HB>229					-10				
Нержавіючі сталі	$\sigma_b < 1180$	30... 60	$\varphi/2$	10... ...15	10... ...15	8...10	-5	0	1,0	-
	$\sigma_b > 1180$					-5			1,5... ...2,0	
Сірий чавун	HB<160	45... ...90	$\varphi/2$	5	12... ...15	5	-	12... ...15	1,0... ...1,5	-
	HB>160					-5...0				
Ковкий та високоміцний чавун	-	45... ...90	$\varphi/2$	2	6...8	7	-	12... ...15	1,0... ...1,5	-
Мідні та алюмінієві сплави	-	45... ...90	45	1...2	8...15	10...25	-	-	1,0... ...1,5	-
Швидкорізальні фрези										
Конструкційні, вуглецеві та леговані сталі	HB<140	45... ...60	45	1...2	10...15	20	10... ...15	-	1,0... ...1,5	-
	140... ...229 HB					15				
	HB>229					10				
Нержавіючі сталі	-	30... ...60	-	10... ...15	10... ...15	10... ...15	-	-	1,0... ...2,0	-
Мідні та алюмінієві сплави	-	45... ...60	45	1...2	8...15	10... ...25	-	-	1,0... ...2,0	-
Примітка. Головний кут у плані $\varphi = 15...30^\circ$ застосувати при підвищеній жорсткості технологічної системи, для чистової обробки з малими глибинами різання.										

Таблиця Г.4 – Геометричні параметри циліндричних фрез

Матеріал заготовки	Інструментальний матеріал	Твердість матеріалу заготовки, НВ	γ	α	
				З великим зубом	З дрібним зубом
градуси					
Конструкційна сталь	Швидкорізальна сталь	До 179	20	12	16
		179...269	15		
		Понад 269	10		
	Твердий сплав	До 179	5	17	
		179...269	0	17	
		Понад 269	-5	15	
Чавуни	Швидкорізальна сталь	До 156	15	12	—
		156...217	10		
		Понад 217	5		
	Твердий сплав	До 207	5	17	
		Понад 207	0		
Нержавіюча сталь	Швидкорізальна сталь	—	10	16	20
Мідні сплави		—		12	16

Таблиця Г.5 – Геометричні параметри дискових фрез

Матеріал заготовки	Інструментальний матеріал	Твердість матеріалу заготовки, <i>HV</i>	γ	α	φ_1	λ
			градуси			
Дискові тристоронні фрези						
Конструкційна сталь	Швидкорізальна сталь	До 179	20	16	1...2	10... 15
		Понад 179	10...15	10		
	Твердий сплав	До 229	5	15	3...5	
		Понад 229	-5	15		
Нержавіюча сталь	Швидкорізальна сталь	—	5	10	1..2	
	Твердий сплав	—	5	12	3...5	
Сірий та ковкий чавуни	Швидкорізальна сталь	До 156	15	10	1...2	
		Понад 156	10	10		
	Твердий сплав	До 156	5	15	2...3	
		Понад 156	5	10		
Мідні сплави	Швидкорізальна сталь	—	10	20	2...3	
Алюмінієві сплави		—	25	20		
Дискові прорізні фрези						
Сталі, чавуни та мідні сплави	Швидкорізальна сталь	—	10	30	0,25...1,5	0
Алюмінієві сплави		—	20	20	1...3	
Дискові пазові фрези						
Сталі, чавуни та мідні сплави	Швидкорізальна сталь	—	10	20	1...2	0
Алюмінієві сплави		—	20	20	2...3	

Таблиця Г.6 – Геометричні параметри кінцевих та шпонкових фрез

Матеріал заготовки	Інструментальний матеріал	Твердість матеріалу заготовки, <i>HВ</i>	Діаметр фрези, мм	γ	α	φ_1	λ	
				градуси				
Кінцеві фрези								
Конструкційна сталь	Швидкорізальна сталь	До 179	До 10	20	25	0	6	
		179...260	10...20	15	20			
		Понад 260	Понад 20	10	16			
	Твердий сплав	До 179	До 20	5	20	0	8	
		179...260		0				
		Понад 260	Понад 20	-5	17			
	Швидкорізальна сталь	До 156	8..63	15	14	5	6	
		Понад 156		10				
	Чавуни	Твердий сплав	До 156	10...50	5	12	0	4
	Нержавіюча сталь	Швидкорізальна сталь	—	8...63	10	15	0	8
Алюмінієві сплави	15				20	6	15	
Мідні сплави	10						15	
Шпонкові фрези								
Усі матеріали	Швидкорізальна сталь	—	До 16	5	12	6	20	
			Понад 16				16	