

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технології гірничого машинобудування

ТЕОРІЯ РІЗАННЯ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

для студентів напряму підготовки
6.050502 Інженерна механіка

Дніпропетровськ
НГУ
2012

Теорія різання. Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / В.В. Зіль, В.А. Безрукава. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 66 с.

Автори:

В.В. Зіль, канд. техн. наук, доц. (лаб. роботи 4, 5, 6, 8);

В.А. Безрукава, асист. (лаб. роботи 1, 2, 3, 7).

Затверджено до видання редакційною радою ДВНЗ «НГУ» (протокол № 1 від 14.03.2012) за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка (протокол № 1 від 21.02.2012).

Методичні матеріали призначено для виконання лабораторних робіт студентами напряму 6.050502 Інженерна механіка та для самостійної роботи під час підготовки до модульних контролів за результатами лабораторних робіт з нормативної дисципліни «Теорія різання».

Лабораторний практикум містить опис та методику проведення лабораторних робіт, ілюструючи теми, що вивчаються у теоретичному курсі, служить для закріплення знань у студентів відповідно до вивчених розділів: основні закономірності процесу різання, основні конструкції та геометрія ріжучих інструментів, інструментальні матеріали та вибір їх для ріжучого інструменту і т.д.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри технології гірничого машинобудування, д-р техн. наук, проф. Р.П. Дідик.

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1 «Вивчення конструкції і геометрії токарних різців».....	4
Лабораторна робота №2 «Вивчення конструкції і геометрії спіральних свердел».....	15
Лабораторна робота №3 «Вивчення конструкції і геометрії фрез».....	22
Лабораторна робота №4 «Вивчення конструкції і вибір шліфувального круга».....	28
Лабораторна робота №5 «Вивчення впливу елементів процесу різання на сили різання при точінні».....	36
Лабораторна робота №6 «Визначення коефіцієнту усадки стружки».....	44
Лабораторна робота №7 «Вплив різних факторів на шорсткість обробленої поверхні при точінні і фрезеруванні».....	48
Лабораторна робота №8 «Вплив різних факторів на температуру різання при точінні»	55
Література.....	65

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ГЕОМЕТРІЇ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ

Мета роботи: вивчити елементи і кути різця в статисти.

Обладнання: універсальний кутомір, комплект навчальних різців, штангенциркуль, плакати, моделі.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Основним видом ріжучого інструменту для виконання токарних робіт є різець.

Різцем називається ріжучий інструмент з однією головною різальною крайкою, застосований для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання різної форми. Конструктивно різець (рис.1) складається з двох основних частин:

1. Тіло (стержень) різця.
2. Головка (ріжуча частина) різця.

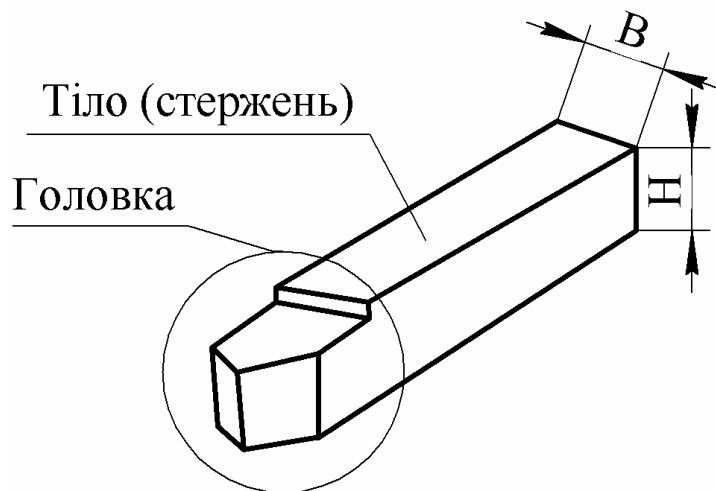


Рис. 1 – Конструкція різця

Тіло різця служить для закріплення різця в різцетримачі, верстата. Головка є робочою частиною різця і утворюється при його заточуванні. На голівці різця (рис.2) розрізняють наступні елементи:

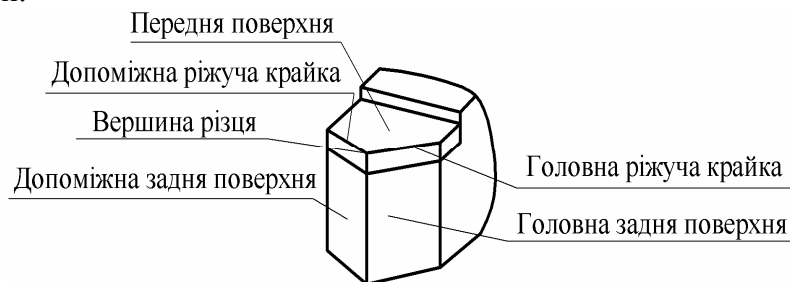


Рис. 2 – Елементи головки різця

1. Передня поверхня - це поверхня, по якій сходить стружка в процесі різання.
2. Головна задня поверхня - це поверхня, звернена до поверхні різання.
3. Допоміжна задня поверхня - це поверхня, звернена до обробленої поверхні.
4. Головна ріжуча крайка - це лінія, утворена перетином передньої поверхні і головної задньої поверхні.
5. Допоміжна ріжуча крайка - це лінія, утворена перетином передньої поверхні і допоміжної задньої поверхні.
6. Вершина різця - це місце сполучення головної і допоміжної різальних крайок. Вершина різця може бути гострою, заокругленою або зрізаною.

На оброблюваній заготовці, при знятті стружки різцем, розрізняють такі поверхні (рис. 3):

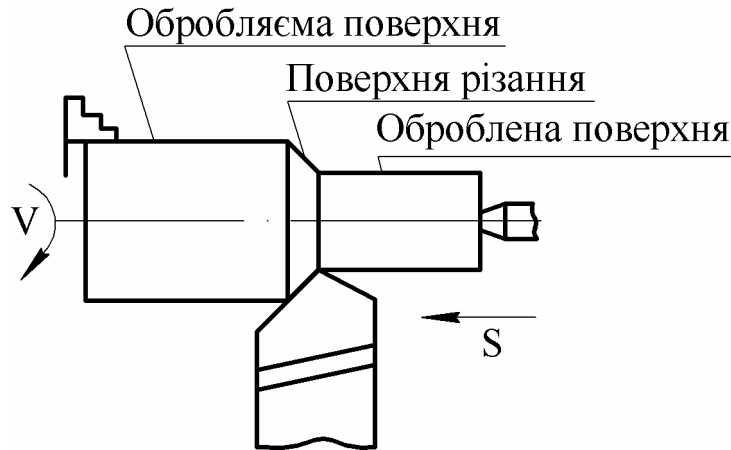


Рис. 3 – Оброблювальна заготовка

Оброблювана поверхня - це поверхня заготовки, з якої знімається стружка, тобто поверхня, що підлягає обробці.

Оброблена поверхня - це поверхня, отримана після зняття стружки, тобто готова поверхня деталі.

Поверхня різання - це поверхня, утворена безпосередньо ріжучою крайкою різця, і є перехідною від оброблюваної поверхні до обробленої.

На виробництві токарні різці класифікуються (рис. 4) в залежності від:

а) напрямку руху робочої подачі:

1. праві
2. ліві

б) характеру установки різця відносно деталі:

1. радіальні
2. тангенціальні

в) конструкції головки і її розташування відносно стержня:

1. прями
2. відігнуті
3. з відтягнутою головкою
4. вигнуті

г) виду виконуваної роботи:

1. прохідні
2. підрізні
3. упорні
4. розточні
5. фасонні
6. радіусні
7. відрізні
8. різьбові
9. фасонні

д) способу виготовлення:

1. цільні
2. з напаяною пластиною
3. з механічним кріпленням пластини

е) перетину стержня:

1. прямокутні
2. квадратні
3. круглі

ж) характеру обробки:

1. чорнові (обдирні)
2. чистові
3. для тонкого точіння.

Ріжуча частина різця має форму клина, заточеного під певними кутами. Для визначення та вимірювання кутів різця в статиці приймають такі вихідні площини (рис. 5):

1. Основна площина (ОП) - це площина, паралельна одночасно напрямку поздовжньої і поперечної подачі різця. У різців з призматичним стрижнем за основну площину можна приймати нижню опорну поверхню різця.

2. Головна площина різання (ГПР) - це площина, дотична до поверхні різання і проходить через головну ріжучу крайку.

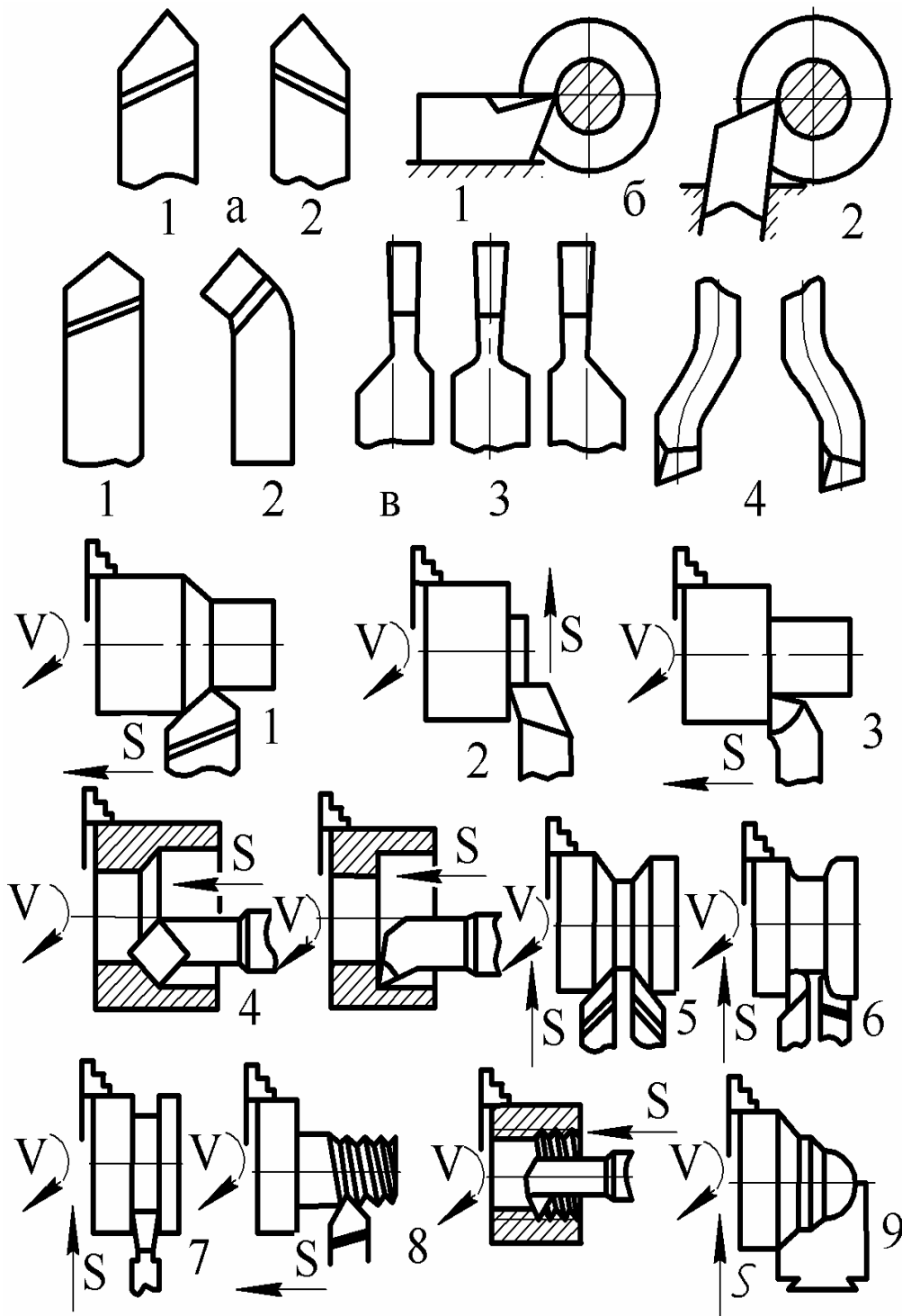


Рис. 4 – Види різців види токарних робіт

3. Допоміжна площина різання (ДПР) - це площина, що проходить через допоміжну ріжучу крайку і перпендикулярно до основної площини.

4. Головна січна площина (ГСП) - це площина, перпендикулярна до проекції головної ріжучої крайки на основну площину.

5. Допоміжна січна площина (ДСП) - це площина, перпендикулярна до проекції допоміжної різальної крайки на основну площину.

У будь якого різця необхідно розрізнити головні, допоміжні кути і кути в плані. Розглянемо ці кути на прикладі прямого прохідного різця (рис. 5).

Головні кути різця вимірюються в головній січній площині. До них відносяться:

1. Головний задній кут (α) - це кут, укладений між головною площиною різання і головною задньою поверхнею різця. Цей кут необхідний для зменшення тертя між оброблюваною деталлю і різцем. Зазвичай $\alpha = 6 \div 18^{\circ}$.

2. Головний передній кут (γ) - це кут, укладений між передньою поверхнею різця і площиною, що проходить через головну ріжучу крайку і перпендикулярно до головної площини різання. Величина переднього кута впливає на процес стружки утворення. Значення цього кута можуть бути позитивні, дорівнювати нулю або негативні. Зазвичай $\gamma = +20 \div -10^{\circ}$.

3. Кут загострення (β) - це кут, укладений між передньою поверхнею різця і головною задньою поверхнею різця. Величина цього кута впливає на міцність ріжучої частини інструменту і на відвід тепла від ріжучої частини різця. Чим більше цей кут, тим міцніше ріжуча частина інструмента і тим краще відведення тепла від ріжучої крайки.

$$\beta = 90^{\circ} - (\alpha + \gamma) \quad (1)$$

4. Кут різання (δ) - це кут, укладений між головною площиною різання і передньою поверхнею різця.

$$\delta = 90^{\circ} - \gamma \quad (2)$$

$$\delta = \alpha + \beta \quad (3)$$

Допоміжні кути різця вимірюють в допоміжній січній площини. З допоміжних кутів звичайно контролюють тільки допоміжний задній кут.

Допоміжний задній кут (α_1) - це кут, укладений між допоміжною задньою поверхнею різця і допоміжною площиною різання.

Кути в плані вимірюються в основній площині. До них відносяться:

1. Головний кут у плані (φ) - це кут, укладений між проекцією головної ріжучої крайки на основну площину і напрямом робочої подачі.

2. Допоміжний кут в плані (φ_1) - це кут, укладений між проекцією допоміжної ріжучої крайки на основну площину і напрямом робочої подачі.

3. Кут при вершині (ξ) - це кут, укладений між проекціями головної і допоміжної ріжучих крайок на основну площину:

$$\xi = 180^{\circ} - (\varphi + \varphi_1) \quad (4)$$

Крім розглянутих кутів у різця необхідно знати кут нахилу головної ріжучої крайки.

Кут нахилу головної ріжучої крайки (λ) - це кут, укладений між ріжучою кромкою і площиною, паралельною основній площини та проведеної через вершину різця. Значення цього кута може бути додатнім, рівним нулю або від'ємним.

Кут вважається позитивним, якщо вершина різця є найнижчою точкою головної ріжучої крайки; негативним, якщо вершина різця є найвищою точкою головної ріжучої крайки; рівним нулю, якщо головна ріжуча крайка паралельна основній площини.

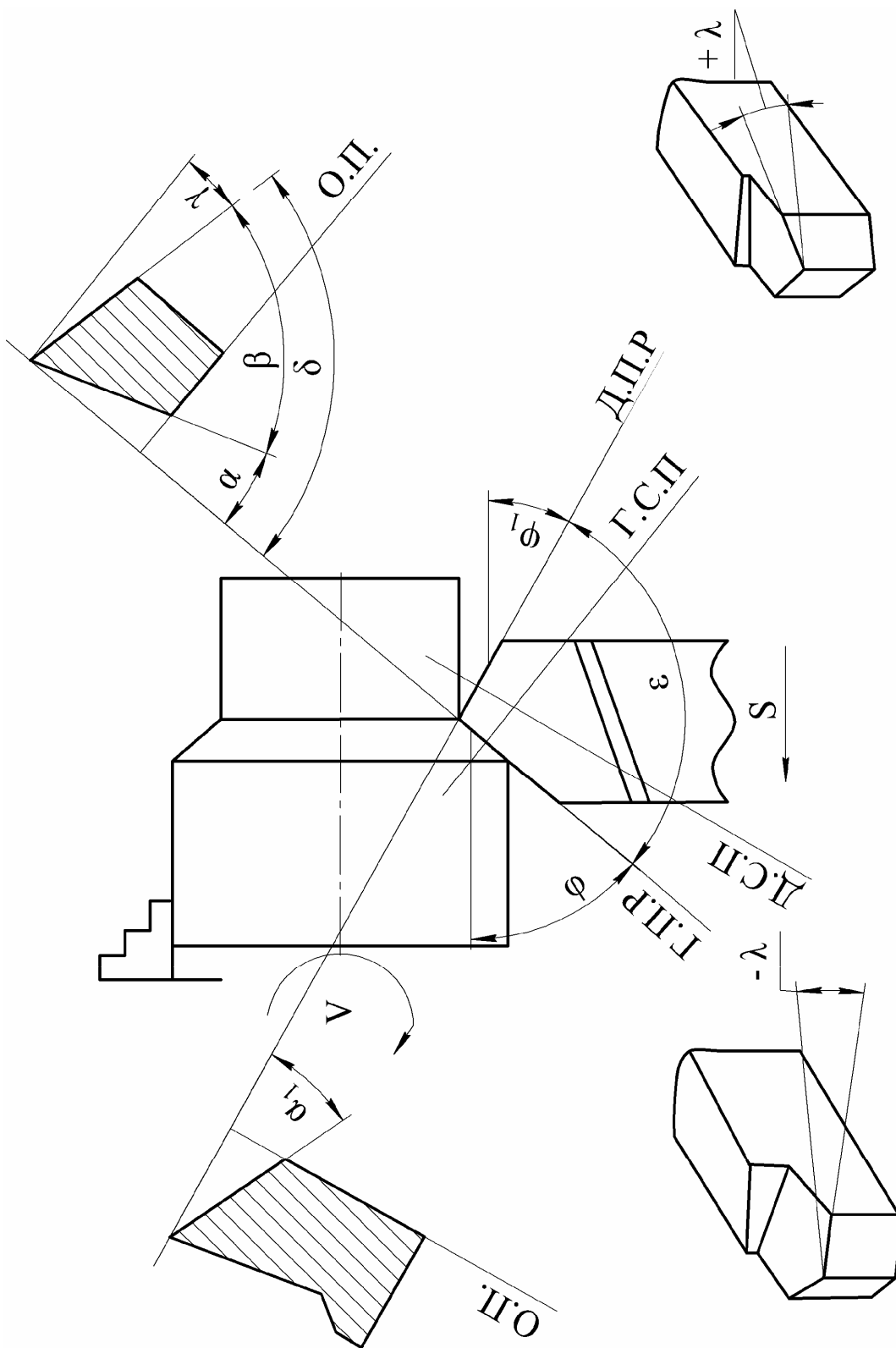
Основне призначення кута нахилу головної різальної крайки (λ) полягає в тому, щоб повідомити стружці бажаний напрям сходу з передньої поверхні різця. Крім того, цей кут впливає на міцність вершини різця.

При позитивному куті λ вершина різця зміцнюється, поліпшується відвід тепла і стружка сходить у бік обробленої поверхні. Ці значення кута застосовуються при різанні зі значними глибинами - для чорнової обробки.

При негативному куті λ послаблюється вершина різця, погіршується відвід тепла, але полегшується схід стружки, яка відводиться в сторону оброблюваної поверхні. Ці значення кута застосовують для чистової обробки, при різанні з невеликими глибинами.

Якщо кут нахилу головної різальної крайки дорівнює нулю, то стружка сходить перпендикулярно до головної різальної крайки.

Схеми кутів відрізного і розточувального різців у статистиці зображені на малюнках (рис. 6, 7). Рекомендовані форми передніх поверхонь різців і значення кутів при обробці деяких матеріалів дані в таблицях 1, 2, 3, 4.



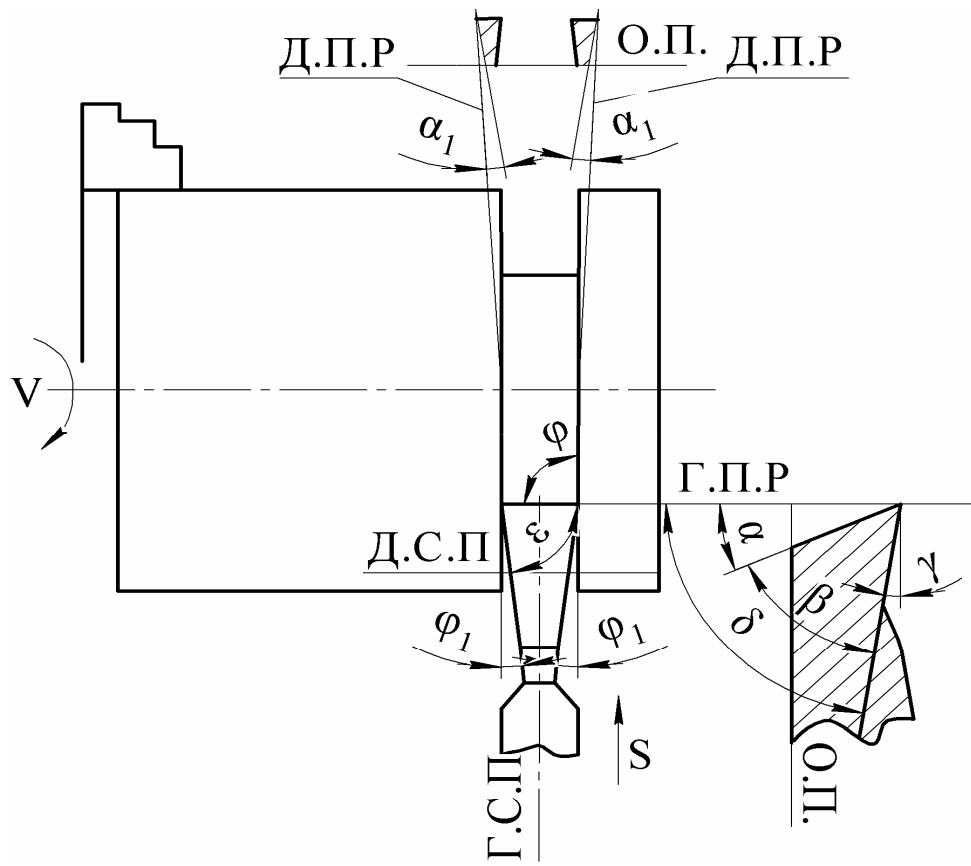


Рис. 6 – Схема кутів відрізного різця

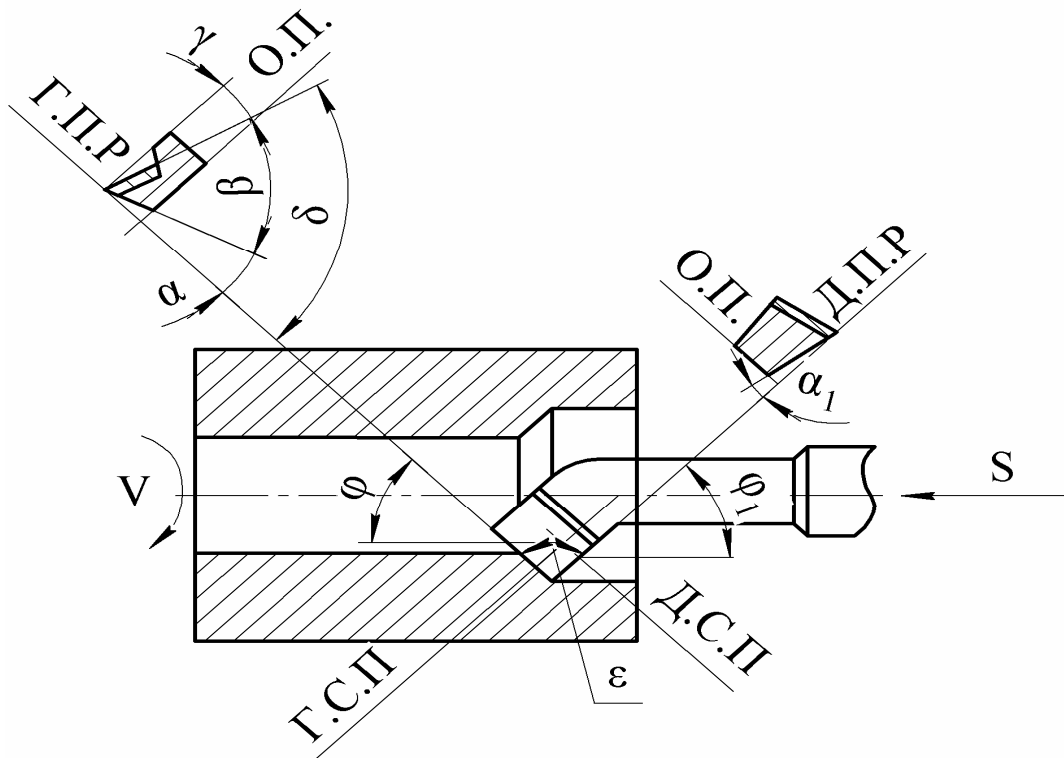
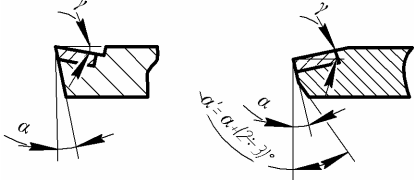
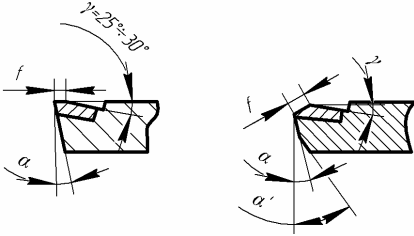
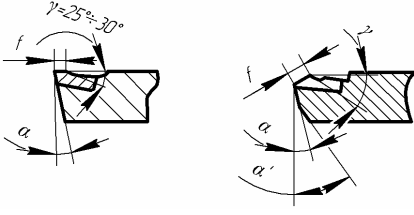


Рис. 7 – Схема кутів розточувального різця

ФОРМА ПЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХНІ РІЗЦЯ

Позначення, найменування	Ескіз передньої поверхні	Область застосування	
		для різців з швидкорізальної сталі	для твердосплавних різців
Плоска		Обробка чавуну, обробка сталі при $S < 0,2$ мм / об Для фасонних різців складного контуру	Обробка сталі при $\sigma_B > 800$ Н/мм ² достатній жорсткості і вібростійкості заготовки. Необхідний стружколом.
Плоска з фаскою		Обробка сталі при $S > 0,2$ мм / об	Обробка сірого та ковкого чавуну, обробка сталі при $\sigma_B > 800$ Н/мм ² достатній жорсткості і вібростійкості заготовки. Необхідний стружколом.
Радіусна з фаскою		Обробка сталі з забезпеченням стружколомання	Обробка сталі з $\sigma_B \leq 800$ Н/мм ² при $t = 1 \div 5$ мм $S \geq 0,3,3$ мм ² Стружколомання забезпечується лункою: R = 4-6 мм глибина 0,1-0,5 мм

Таблиця 2

КУТИ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦІВ

Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини і форма передньої поверхні	Геометричні параметри різальної частини				
		розмір фаски	γ_{ϕ}°	γ°	α°	λ°
Сталь вуглецева, легована, інструментальна, сталеве лиття HB <340, $\sigma_B < 1200 \text{ MN/mm}^2$ Чавун сірий, ковкий HB <220	БС Па, Ша	-	-	25 ÷ 30	-	0
	БС Іа, Па, Ша	-	-	12 ÷ 18	8 - 12	-4 ÷ +4
Мідь, бронза, латунь	БС Па, Ша	-	-	25 ÷ 30	10 - 15	-
Сталь конструкційна, вуглецева, легована, сталеве лиття: $\sigma_B < 1000 \text{ MN/m}^2$ $\sigma_B > 1000 \text{ MN/m}^2$	ТС Пб, Шб	-	-3 ÷ 5	15	12	-
	ТС Іб, Пб	-	- 10	-	-	-
Чавун сірий: HB < 220 HB > 220	ТС Пб, Шб	-	-3 ÷ -5	12	6 ÷ 10	-
	ТС Іб, Пб	-	-	8	-	-
Чавун ковкий: HB140-150	ТС Пб, Шб	-	-2	15	8 ÷ 12	-
Сталь: $\sigma_B < 700 \text{ MN/m}^2$ $\sigma_B > 700 \text{ MN/m}^2$	МК Пб, Шб	0,2 ÷ 0,3	-5 ÷ -10	10 ÷ 15	8 ÷ 10	0 ÷ 5
	МК Пб	0,2 ÷ 0,3	-	0 ÷ 5	8 ÷ 10	0 ÷ 5

Таблиця 3

ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ РІЖУЧОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦЯ З НЕПЕРЕТОЧУВАЛЬНИМИ ПЛАСТИНАМИ

Тип Пластини	φ	φ_1°	γ_y°	γ°	α°	α_1°	Примітка
Тригранні	90	10	10	12	7,5	7,5	1. Наведені кути відповідають пластинам з випресованими лунками (ТУ МКТС 560-62) 2. Фаска $f = 0,2\text{mm}$ при обробці твердої сталі; при роботі з ударами фаску слід збільшити до $f = 0,44 - 0,5\text{mm}$
Чотиригранні	45	45		10	10	0	
Чотиригранні	60	30		12	7	7	
Чотиригранні	75	15		12	7	7	
П'ятигранні	60	12		8	8	8	
Шестигранні	45	14		20	10	10	

ЗНАЧЕННЯ КУТІВ φ ТА φ_1°

Умови обробки	φ	Умови обробки	φ_1°
Точіння ступінчатих заготовок недостатньою жорсткості; гостріння, розточування поверхні в упор; підрізання; прорізання; відрізання.	90	Для прохідних різців при роботі без врізання	5-15
		Для прохідних різців при роботі з врізанням: до 3mm св. 3 mm	15 20-30
Точіння на прохід заготовок малої жорсткості, розточування чавуну	60-75	Для підрізних і розточувальних різців	10-20
Точіння жорстких заготовок	45-60	Для прорізних і відрізних різців	1-2
Точіння жорстких заготовок прохідними різцями.	30-60	Для різців відігнутих перетином: до 20x30mm св.20x30mm	45 30
Чистове точіння с малою глибиною різання	10-30	Для широких різців	0

КОНСТРУКЦІЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО КУТОМІРА

На виробництві, в процесі заточування і експлуатації, величини кутів різця контролюють за допомогою кутових шаблонів і кутомірів різних конструкцій. Розглянемо конструкцію універсального кутоміра і порядок виміру на ньому кутів різця.

Універсальний кутомір (рис.8) призначений для контролю величин наступних кутів різця:

- 1) переднього кута γ ;
- 2) головного заднього кута α ;
- 3) допоміжного заднього кута α_1 ;
- 4) головного кута в плані φ
- 5) допоміжного кута в плані φ_1
- 6) кута нахилу головної різальної крайки λ .

Кутомір складається з основи 1 і стійки 2, по якій переміщається пристрій, що складається з блоку 3, на якому закріплено три шкали з вимірювальними лініями 4,5 і 6. Цей пристрій переміщається на стійці по шпоночному пазу. Воно може повертатися навколо стійки і фіксуватися в будь-якому положенні по висоті за допомогою гайки 7.

Вимірювальні ножі шкал мають гвинти, що дозволяють фіксувати необхідне їх положення по відношенню до вимірюваних поверхонь. Підстава кутоміра має направляючу планку 8, що служить для правильної установки різця в процесі вимірювання кутів φ та φ_1 .

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ РІЗЦЯ

Для вимірювання переднього кута γ використовують вимірювальну лінійку 4 (рис.8а). Відносне положення лінійки і різця настроюється "на око" таким чином, що лінійка розташовується перпендикулярно до головної різальної крайки. Потім відбувається налаштування шкали з лінійкою по висоті різця. Для вимірювання кута γ верхня частина лінійки повертається навколо осі до зіткнення, без зазору, з передньою поверхнею різця.

Відлік величини кута проводиться за шкалою, а знак кута по напрямку відхилення лінійки від нульового розподілу шкали. При відхиленні лінійки вліво від 0 - кут γ додатний, при відхиленні вправо від 0 - кут γ від'ємний.

Вимірювання головного заднього кута α проводиться аналогічним чином при тих же налаштуваннях кутоміра. У цьому випадку нижня частина лінійки наводиться в зіткнення, без зазору, з головною задньою поверхнею різця. Відлік величини кута α проводиться за шкалою вправо від 0.

Для вимірювання допоміжного заднього кута α_1 різець встановлюється таким чином, щоб лінійка 4 була перпендикулярна до допоміжної різальної крайки. Вимірювання і відлік величини кута проводиться аналогічно виміру головного заднього кута α тільки нижня частина лінійки доводиться до повного контакту з допоміжною задньою поверхнею.

При вимірі головного і допоміжного кутів у плані ϕ та ϕ_1 використовують вимірвальну лінійку 5 (рис. 8 б). Різець встановлюється на підставі 1 стикаючись своєю бічною поверхнею з направляючою планкою 8, а лінійка 5 повертається до контакту без зазору, в першому випадку, з головною ріжучою крайкою, а в другому, з допоміжною ріжучою крайкою.

Відлік значення кута ϕ для прохідного різця проводиться вліво від 0, а кута ϕ_1 - вправо від 0. У відрізного різця кут ϕ як правило, дорівнює 90° (рис.6), а допоміжний кут ϕ_1 вимірюється від позначки 90° .

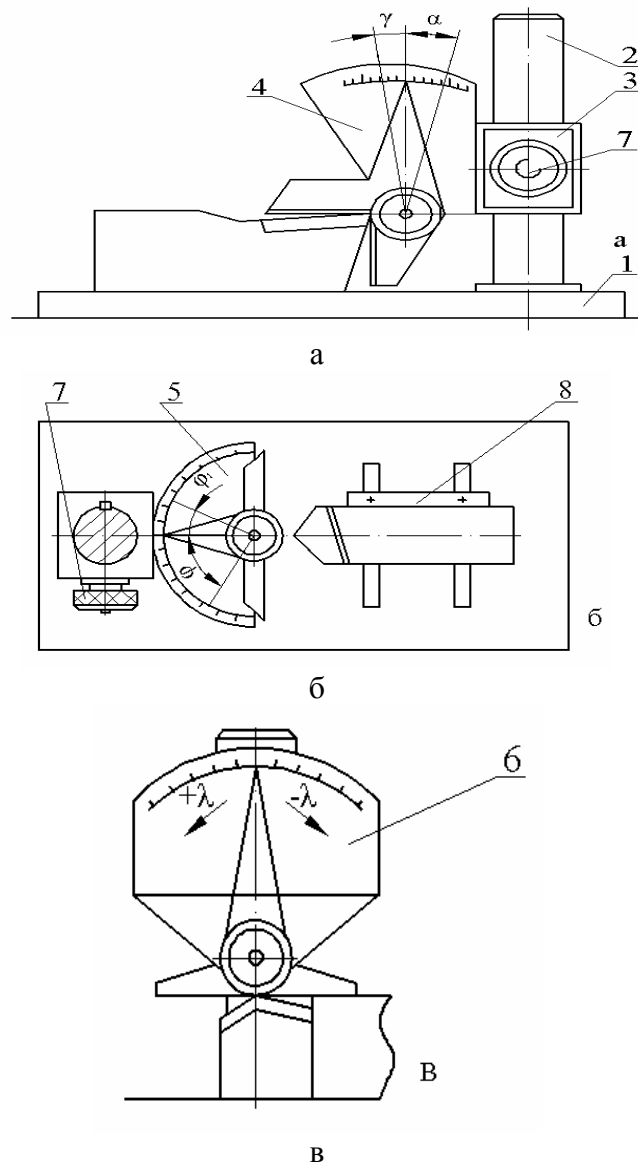


Рис. 8 – Конструкція універсального кутоміра

Для вимірювання кута нахилу головної різальної крайки λ використовують лінійку 6 (рис.8 в). Шкала повертається на стійці 2 в необхідне положення до зіткнення лінійки з

вершиною різця. При цьому головна ріжуча кромка встановлюється паралельно вимірювальної площини лінійки. При повороті вимірювальної лінійки до зіткнення, без зазору, з головної ріжучою крайкою показчик фіксує значення кута λ . При відхиленні показчика вліво від 0 - кут λ від'ємний, а вправо від 0 - λ додатній.

ЗАВДАННЯ

1. Зобразити схеми кутів заданих різців у статиці.
2. Виміряти основні конструктивні та геометричні параметри різців. Дані вимірювань занести в таблицю.
3. Розрахувати за формулами (1, 2, 3, 4) величини не вимірюваних кутів. Результати розрахунків занести в таблицю.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Користуючись інструкцією і додатковою літературою [1], [2], [3] вивчити основні різновиди токарних різців. Усвідомити їх основні конструктивні та геометричні параметри.
2. Визначити та записати в таблицю повне найменування різців.
3. Виміряти перетин державки різця.
4. Налаштувати кутомір на вимірювання кутів γ , α та α_1 . Виміряти ці кути у всіх різців.
5. Налаштувати кутомір на вимірювання кута λ . Виміряти цей кут у всіх різців.
6. Налаштувати кутомір на вимірювання кутів φ та φ_1 . Виміряти ці кути у всіх різців.
7. За формулами (1, 2, 3, 4) розрахувати значення кутів β , δ , ξ і занести їх до таблиці.
8. Скласти звіт за формою 1.

ФОРМА

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Завдання.
4. Схема кутів заданих різців у статиці.
5. Розрахунки та таблиця вимірювань.

Таблиця 5

Параметр	Різці		
	прохідний	відрізний	розточувальний
Повне найменування різця В x Н			
α			
γ			
α_1			
β			
δ			
φ			
φ_1			
ξ			
λ			

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ГЕОМЕТРІЇ СПІРАЛЬНИХ СВЕРДЛІ

Мета роботи: вивчити та практично ознайомитися з конструкцією і геометрією спірального свердла.

Обладнання: універсальний кутомір, навчальний комплект свердел, транспортний кутомір, штангенциркуль, копіювальний папір, плакати, модель.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Свердлом називається ріжучий інструмент, призначений для отримання наскрізних і глухих отворів як у суцільному матеріалі, так і для збільшення діаметра попередньо отриманого отвору при двох спільних відносних рухах: обертальному - свердла або деталі й поступальному - вздовж осі інструменту.

По конструкції розрізняють свердла: спіральні з прямими канавками, перові, для глибоких отворів $\left(\frac{L}{d} \geq 5\right)$, для кільцевого свердління, для свердління багатогранних отворів, центрувальні і спеціальні комбіновані. На виробництві застосовуються свердла з циліндричними і конічними хвостовиками. Спіральні свердла виготовляють з правим і лівим напрямком гвинтової канавки. Конструктивно свердла виготовляються: цільними - діаметром до 6мм; зварними - хвостовик виготовляється зі сталі 45; з напайками з твердого сплаву; з механічним кріпленням ріжучих ножів.

Спіральне свердло з позначенням основних частин та елементів представлено на рис.1. Робоча частина свердла забезпечена канавками для відведення стружки і підведення СОЖ, а ріжуча частина ріжучими крайками, які виконують основну роботу різання. Конструктивні елементи свердла мають наступні функціональні значення:

Хвостовик - частина свердла, призначена для його закріплення. Хвостовик у свердла невеликого діаметра ($D : 10$ мм) має, зазвичай, форму циліндра і служить для закріплення свердла в спеціальному самоцентруючому патроні. Свердла більшого діаметра ($D > 10$ мм) мають, як правило, конічний хвостовик, за допомогою якого вони встановлюються в конічному отворі шпинделя або перехідній конічній втулці. Номер конуса Морзе хвостовика можна визначити за величиною найбільшого діаметра конічної частини (табл.1).

Таблиця 1

Номер конуса Морзе							
Номер конуса Морзе	0	1	2	3	4	5	6
Найбільший діаметр конічної частини	9,12	12,24	17,98	24,05	31,54	44,73	63,76

Шийка - проміжна частина між хвостовиком і тілом свердла, що містить робочу частину. На шийці свердла маркується діаметр свердла, матеріал ріжучої частини і знак заводу - виробника.

Лапка - кінцева частина конічного хвостовика, що служить упором для вибивання свердла з конічного отвору шпинделя верстата або перехідною конічної втулки.

Повідець - кінцева частина циліндричного хвостовика, призначена для додаткової передачі крутного моменту при різанні (для $D > 12$ мм).

Поверхні, кромки і елементи свердла показані на рис. 2.

Зуб - виступаюча частина свердла, забезпечена ріжучою крайкою.

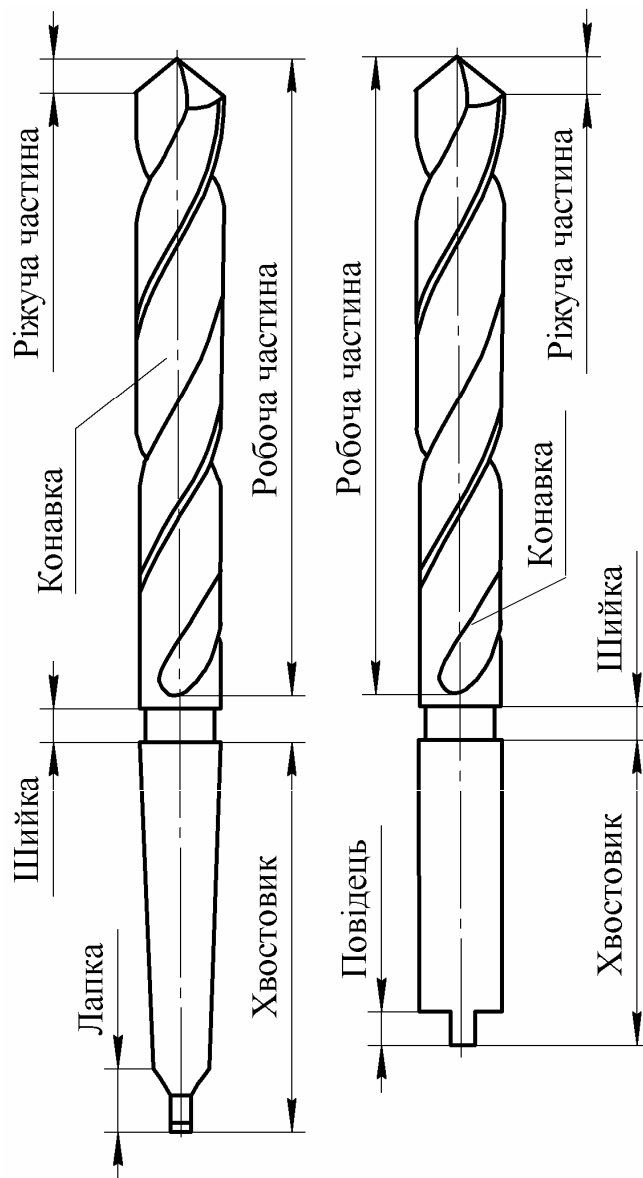


Рис. 1 Конструкція свердла

Канавка - виїмка, що служить для відводу стружки. Форма канавки задається діаметром серцевини з d_0 , шириною канавки, звичайно дорівнює ширині пера, формою ріжучих лез.

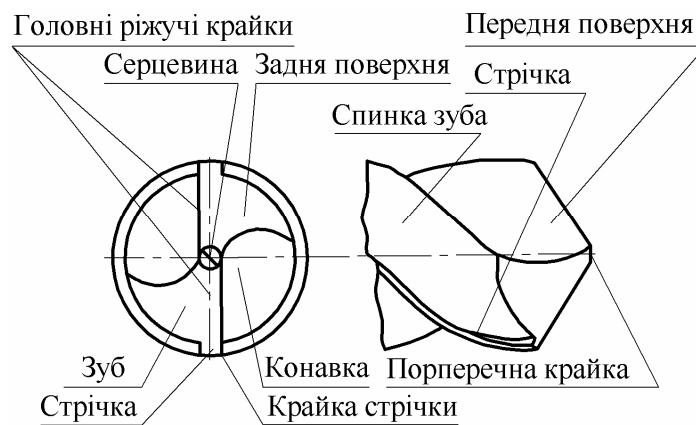


Рис. 2 – Елементи свердла

Серцевина - центральна частина свердла (поперечний переріз), відповідна окружності, дотичній до поверхні обох канавок. Діаметр серцевини визначається за співвідношенням, наведені у табл. 2

Таблиця 2

Діаметр серцевини			
D	1+12мм	13+80мм	Для твердосплавних свердел
d_0	(0,19÷0,15)	(0,145÷0,125)	(0,42÷0,32)

Передня поверхня - це та частина поверхні гвинтової канавки, яка сприймає тиск стружки що сходить.

Задня поверхня - торцева поверхня зуба, звернена до оброблюваної поверхні. Вона зазвичай виконується у вигляді конічної або гвинтової поверхні.

Спинка зуба - допоміжна задня поверхня зуба, звернена до обробленої поверхні.

Стрічка - вузька, виступаюча смужка спинки зуба, на якій свердло стикається з обробленою поверхнею отвору. Вона призначена для зменшення тертя свердла об стінки оброблюваного отвору. Стрічка спрямовує і центрує свердло в отворі. Ширина стрічки для свердла з вуглецевої, легованої і швидкорізальної сталі береться рівною $0,3 \div 0,26$ мм в залежності від діаметра свердла.

Свердло є більш складним інструментом ніж різець. Воно має п'ять ріжучих лез (рис. 3) дві головні ріжучі крайки АВ і СД, дві допоміжні ріжучі крайки (кромки стрічок) АЕ і ДФ і поперечне лезо (поперечна крайка) ВС.

Головна ріжуча кромка - це лінія, утворена перетином передньої і задньої поверхонь. При нормальному заточенні головна ріжуча крайка являє собою пряму лінію, при подвійному заточенні - ламану лінію (див.табл.6).

Допоміжна ріжуча крайка - це гвинтова лінія, утворена перетином передньої поверхні з поверхнею стрічки - крайки стрічки.

Поперечне лезо - це лінія перетину задніх поверхонь свердла.

Слід також розрізняти довжину l поперечної крайки і товщину перемички h . Кути ріжучої частини спірального свердла (рис.3), розглядаються в площинах, перпендикулярних до головної різальної крайки (N - N) і в площинах, паралельних осі свердла (0-0).

Задній кут α - це кут, що лежить між дотичною до задньої поверхні свердла, у розглянутій точці різальної крайки, і площиною, проведеною через ту ж точку перпендикулярно осі свердла. Він визначається в січній площині 0-0.

Величина заднього кута у спірального свердла неоднакова в різних точках ріжучої крайки. На периферії свердла задній кут $\alpha = 8 \div 15^\circ$, а у перемички доходить до $20 \div 26^\circ$. Менші значення кута ставляться до великих діаметрів свердла, а великі до малих діаметрам. У свердел, оснащених пластинками з твердого сплаву, задній кут в зовнішній точці ріжучого леза дорівнює $4 \div 6^\circ$. До осі кут збільшується, досягаючи величин $16 \div 20^\circ$.

Передній кут γ - це кут між дотичною до передньої поверхні в розглянутій точці різальної крайки і нормаллю в тій же точці до поверхні обертання ріжучої крайки навколо осі свердла. Він визначається в січній площині N - N.

Величина переднього кута у спірального свердла так само неоднакова в різних точках різальної крайки. На периферії свердла передній кут дорівнює куту нахилу гвинтової канавки $\gamma = 25 \div 30^\circ$. До центру величина кута убуває і може досягати (у перемички) негативних значень, що створює кут різання більше 90° , а отже, і важкі умови роботи поперечної крайки.

Зміна величин заднього і переднього кутів свердла по довжині ріжучої крайки від центру свердла до його периферії показано на графіку рис.4

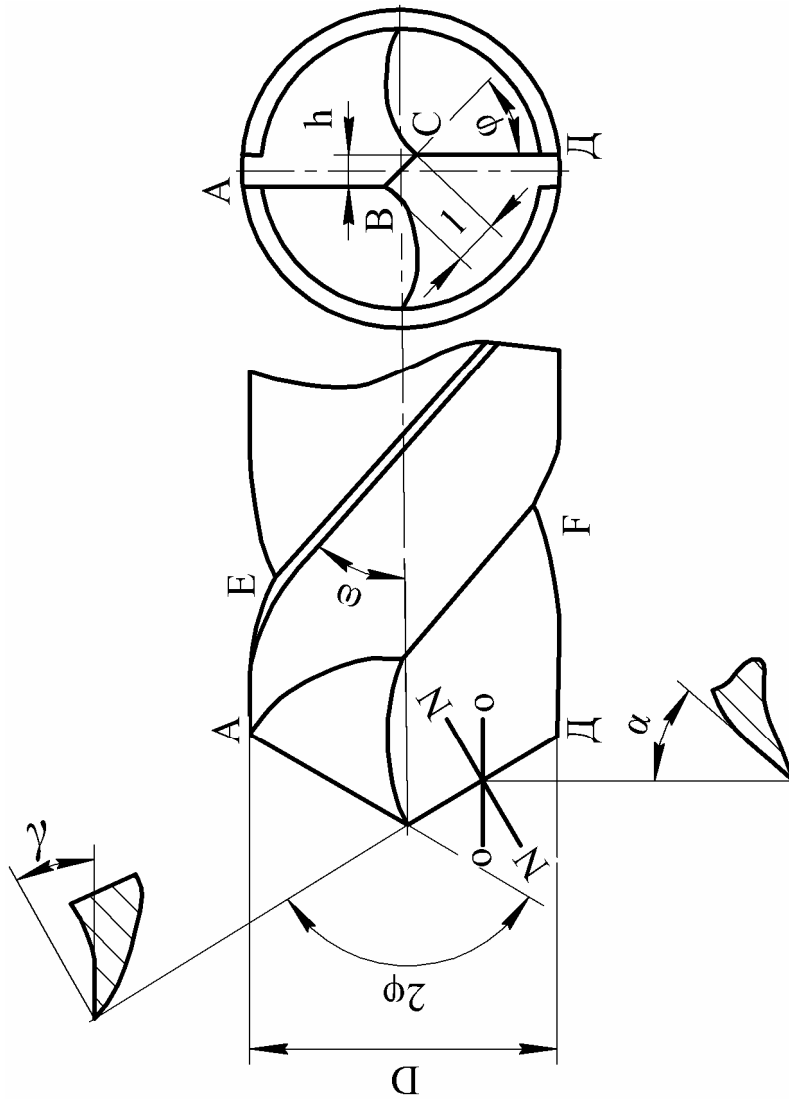


Рис. 3 – Ріжучі леза та кути свердла

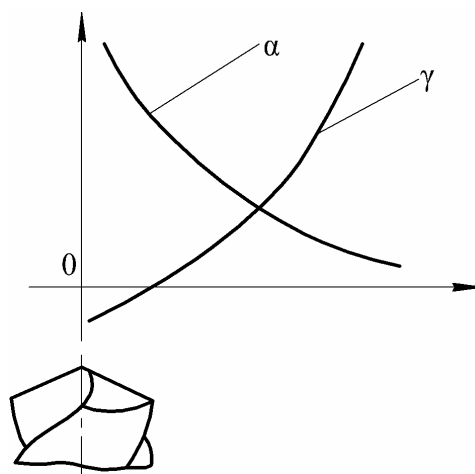


Рис. 4 – Зміна величин переднього та заднього кутів свердла

Головний кут в плані ϕ - це кут між проекцією головної різальної крайки на площину, що проходить через вісь свердла і напрямком подачі.

Кут при вершині свердла 2ϕ - це кут між головними ріжучими крайками.

Величина цього кута залежить від властивостей оброблюваного матеріалу і може бути прийнята за рекомендаціями (Табл.3).

Таблиця 3

Значення кута при вершині

Матеріал заготовки	2φ°	Матеріал заготовки	2φ°
Сталь, σ _B , Н/м ² до 70	116-118	Латунь	130
70-100	120	Бронза	
100-140	125	НВ ≥ 100	135
Нержавіюча сталь	120	НВ < 100	125
Чавун	116-120	Алюмінієві сплави	130-140
Червона мідь	125	Пластмаси, ебоніт, бакеліт	60-100

Кут 2φ можна заміряти на універсальному кутомірі, використовуючи вимірювальну лінійку, що служить для виміру кутів різця в плані (див. лабораторну роботу №1).

Допоміжний кут в плані φ₁ – кут зворотного конуса. Конічну форму свердлу надають з метою зменшення тертя стрічок свердла по всій довжині отвору і запобігти можливому защемленню його в отворі, що просверлюється. Величина допоміжного кута підраховується за формулою:

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{D_1 - D_2}{2l}\right) \quad (1)$$

де $\frac{D_1 - D_2}{2}$ - напіврізність діаметрів свердла

де, l - відстань, між якими проведені заміри

Величина зворотної конусності стандартизована і її величина на базовій довжині l=100 мм наведена в табл. 4.

Таблиця 4

Конусність свердла

Діаметр свердла, мм	1 ÷ 6	6 ÷ 18	18
Конусність на довжині 100 мм	0,03 ÷ 0,08	0,04 ÷ 0,10	0,05 ÷ 0,12

Кут нахилу гвинтової канавки ω – це кут, укладений між віссю свердла і дотичною до гвинтової лінії по зовнішньому діаметру.

Кут ω можна визначити за відбитком, який отримують при прокатуванні свердла по копіювальному папері, покладеної на чистий аркуш паперу. На відбитку видно похилі лінії, що представляють розгортки стрічок. Кут ω вимірюють транспортиром між лінією розгортки стрічки і лінією, паралельною осі свердла.

Від кута нахилу гвинтових стружкових канавок залежить розміщення і схід стружки. Збільшення кута нахилу гвинтових канавок покращує відведення стружки, але знижує міцність ріжучих крайок. Тому для свердел малих діаметрів вибирають менший кут нахилу гвинтових канавок. Значення кута ω, рекомендовані для свердел різних діаметрів, наведені в табл.5.

Таблиця 5

Величина кута нахилу

Діаметр свердла, мм	0,25 - 0,35	0,4 - 0,45	0,5 - 0,7	0,75 - 0,95	0,25 - 0,35	1,0 - 1,9	2,0 - 2,9	3,0 - 3,4	3,5 - 4,4	4,5 - 6,4	6,5 - 8,4	8,5 - 9,9	10 - 80
Величина кута ω град	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Кут нахилу поперечної крайки ϕ – це гострий кут між проекціями на площину, перпендикулярну до осі свердла. Для свердел діаметром 1-12 мм кут $\phi = 50$, діаметром понад 12 мм $\phi=55$. У свердел, оснащених пластинками твердого сплаву (незалежно від діаметра свердла), $\phi = 55$.

Кут ϕ вимірюється по відбитку, отриманому за допомогою копіювального паперу. Свердло притискають до паперу таким чином, щоб воно торкалося його по черзі головною і поперечною ріжучими крайками. Щоб відбиток поперечної крайки вийшов більш чітким, необхідно, не зміщуючи поперечної кромки злегка натискаючи свердлом на папір, підняти його до вертикального положення. Кут ϕ , утворений продовженням відбитка поперечної крайки і головними ріжучими крайками, вимірюють транспортиром.

Лезо перемички має кут різання більше 90, тому воно не ріже, а скоблить метал і перемичка працює у важких умовах. Чим менше ширина перемички, тим легше працює свердло і тим вища його стійкість. Однак значно зменшити перемичку шляхом стоншування серцевини свердла не можна, оскільки це веде до зниженням міцності останньої і може викликати поломки. Щоб поліпшити умови роботи перемички без ослаблення міцності свердла вдаються до її підточування різними способами. Форма заточувань ріжучої частини свердла та умови їх застосування показані в табл.6.

Таблиця 6

Форма заточування різця

Діаметр свердла, мм	Форма заточки	Позначення	Ескіз	Матеріал Заготовки
0,25 ÷ 12	Звичайна (нормальна)	Н		Сталь, чавун
12 ÷ 80	Звичайна з підточкою поперечної крайки	НП		Сталь σ_B до 50 кг/мм ²
	Подвійна з підточкою поперечної крайки	ДП		Сталь $\sigma_B > 50$ кг/мм ² з знятою кіркою. Чавун з знятою кіркою
	Подвійна з підточкою поперечної крайки та стрічки	ДПЛ		Сталь $\sigma_B > 50$ кг/мм ² з знятою кіркою. Чавун з знятою кіркою
	Подвійна з підточкою та зрізаною поперечною крайкою (по методу В.І. Жирова)	ДП-2		Чавун з знятою кіркою

ЗАВДАННЯ

1. Зобразити задане спіральне свердло і вказати його основні конструктивні елементи і геометричні параметри.
2. Виміряти величини конструктивних параметрів свердла і кути $\phi, \omega, 2\phi, \phi_1$.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Користуючись інструкцією і додатковою літературою [1],[2],[3] вивчити конструкцію і геометрію спіральних свердел.
2. Виконати ескіз спірального свердла і вказати на ньому основні частини, елементи, поверхні і крайки свердла
3. Виміряти величини конструктивних параметрів свердла. Результати вимірювань занести в таблицю.
4. Усвідомити геометричні параметри різальної частини спірального свердла, вписати основні формулювання і межі вимірювання кутів γ , α , 2ϕ , ψ , ω , ϕ_1 для стандартних свердел.
5. Визначити за таблицею 6 форму заточування ріжучої частини свердла і записати в таблицю.
6. За допомогою універсального кутоміра виміряти кут при вершині свердла 2ϕ . Занести значення кута в таблицю.
7. За відбитками, отриманим за допомогою копіювального паперу в зошиті, виміряти транспортним кутоміром кути ω , ϕ . Результати вимірювань занести в таблицю.
8. За формулою (1) визначити зворотну конусність свердла ϕ_1 на довжині 100мм. Величину конусності занести в таблицю.
9. Скласти звіт за формою 1.

ФОРМА

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Завдання.
4. Таблиця вимірів конструктивних параметрів свердла.

Таблиця 1

Найменування конструктивного параметра свердла	№ свердла	Довжина, мм						Товщина перемички, мм	Ширина смужки, мм	Номер конуса Морзе
		Діаметр свердла, мм	свердла загальна	робочої частини	ріжучої частини	Хвостовика	лапки			
Результати вимірювань, мм										

5. Відбитки гвинтової канавки і поперечної крайки.
6. Розрахунок зворотної конусності.
7. Таблиця вимірів геометричних параметрів свердла.

Таблиця 2

Параметр	Визначення	Межі виміру у стандартних свердел	Результати вимірювання
Форма заточення			

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ГЕОМЕТРІЇ ФРЕЗ

Мета роботи: вивчити основні конструкції і геометрію фрез та їх призначення.

Обладнання: комплект навчальних фрез, штангенциркуль, універсальний кутомір, транспортирний кутомір, копірка, плакати, моделі, слайди.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Фрезерування є одним із високопродуктивних і поширених методів обробки металів різанням. Різальним інструментом при фрезеруванні є фреза. Фреза-багато зубий інструмент, що представляє собою тіло обертання, на твірної поверхні якого (а у торцевих фрез і на торці), є ріжучі зуби. Застосування фрез в машинобудуванні має більш ніж сто – річну історію, розроблено багато конструктивних варіантів цього інструменту. У номенклатурі металорізального інструмента, який випускається інструментальною промисловістю, фрези складають більше 20 %, і серед всіх видів лезових інструментів фрези виділяються найбільшою різноманітністю.

Їх розрізняють:

1. За місцем розташування ріжучих зубів на вихідному циліндрі - торцеві, циліндричні, тристоронні (рис.1а, б).
2. За способом закріплення на верстаті - насадні і хвостові або кінцеві (рис. 1 б, в).
3. За характером виконуваної роботи - шпонкові, кутові, фасонні, для Т-образних пазів, пазові, відрізні, різьбові, зуборізні і т.д.
4. За способом розташування зуба на циліндрі - прямозубі, з гвинтовим зубом, з різноспрямованими зубами (рис.1 д, м, в)
5. По виду задньої поверхні - гострокінцеві або плоско заточені, звичайні, з криволінійної спинкою, з ламаною спинкою і затилуванні (рис.2 а, б, в, г).
6. По виду інструментального матеріалу зубів - швидкорізальні і твердосплавні.
7. За способом закріплення різального елемента - цілісні, з припаяними пластинками, з механічним кріпленням і т.д. (рис.1, б).
8. По виду хвостовика для кріплення фрези в шпинделі - з циліндричним або конічним хвостовиком (рис.1 в, г).
9. За розміром зуба - з дрібним або великим зубом.

Велика різноманітність поверхонь, які можуть бути оброблені методом фрезерування зумовлює застосування фрез відповідного типу, так:

Циліндричні фрези - для обробки площин, паралельних осі обертання фрези (рис. 1 б).

Торцеві фрези - для обробки відкритих, особливо довгих і широких площин, перпендикулярних до осі фрези (рис.1 а).

Кінцеві фрези - для фрезерування площин, уступів, пазів і криволінійних контурів по розмітці або копіру (рис. 1 в, г).

Дискові фрези - для фрезерування уступів, пазів, лисок та інших площин. Дискові фрези, що мають зуби тільки на циліндричній поверхні (пазові фрези), використовують для фрезерування точних шпонкових канавок і пазів. Прорізні і відрізні фрези застосовують для розрізання заготовок, тонкостінних труб, для нарізування шліців у головках гвинтів та ін.

Фасонні фрези служать для фрезерування стандартних фасонних поверхонь напівкруглих, опуклих, увігнутих, а також стружкових канавок ріжучих інструментів. Зазвичай фасонні фрези мають затиловані, по Архімедовій спіралі, зуб (рис.1 ж, з).

Цілісні фрези можуть мати гострі або затиловані зуби (рис. 2, б, в, г). Зазвичай гострокінцеві зуби застосовують для мілкозубих фрез, з криволінійною спинкою - для крупнозубих фрез, з ламаною спинкою для фрез, що використовуються при важких роботах.

Зуб вважається дрібним, якщо $z > 1,5\sqrt{D}$ і великим, якщо $z < 1,5\sqrt{D}$. Тут z - число зубів фрези, а D - діаметр фрези. Якщо задня поверхня зуба має спеціальну форму, наприклад, затиловану по Архімедовій спіралі, то такий зуб називається затилованим. Фрези з

затилованими зубами застосовують для обробки фасонних поверхнь. Затиловані зуби заточують тільки по передній поверхні для збереження постійності профілю зуба, а гострі - по задній поверхні.

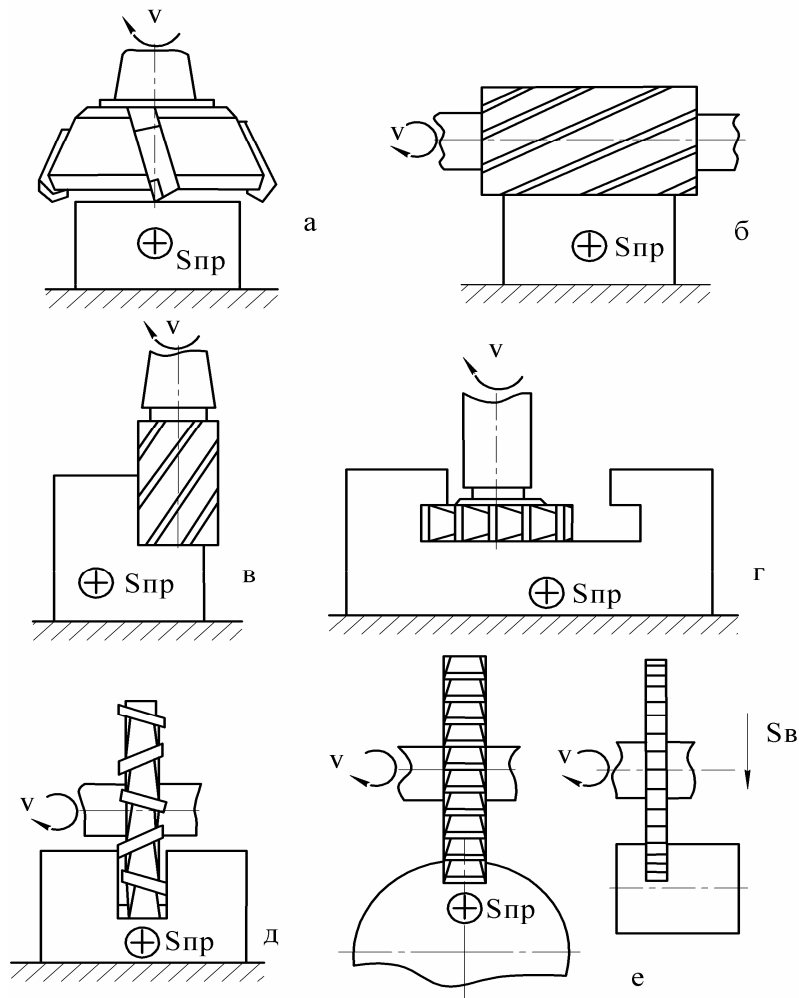


Рис. 1 – Види фрез

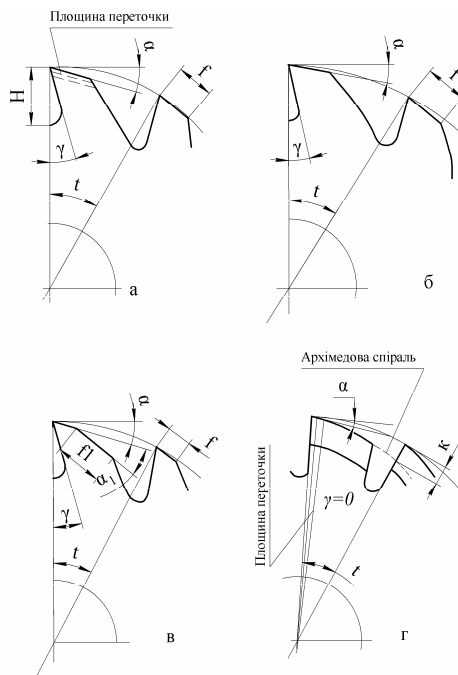


Рис. 2 – види затилювання фрез

Основні елементи зубів циліндричних і торцевих фрез вказані на рис. 3а, б. Геометрія ріжучої частини фрези характеризується наступними параметрами:

- H - висота зуба;
- f - ширина задньої поверхні;
- f₁ - ширина спинки;
- γ - головний передній кут;
- α - головний задній кут;
- λ - кут нахилу головної різальної крайки;
- ω - кут нахилу зуба;
- φ - головний кут в плані кутової крайки;
- φ₁ - допоміжний кут в плані;
- φ₀ - головний кут в плані перехідної крайки;
- t - окружний крок зубів.

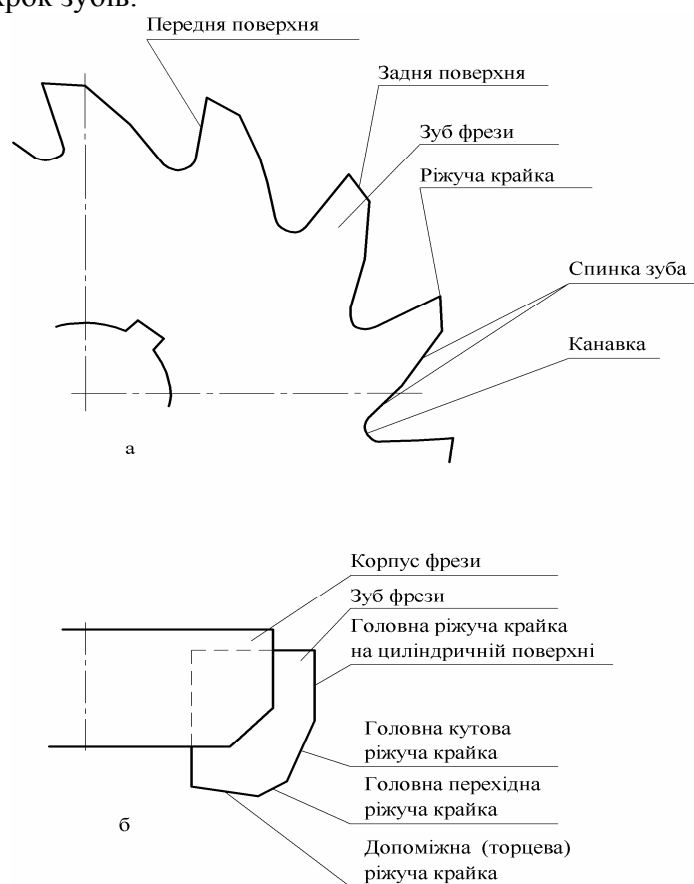


Рис. 3 – Основні елементи зубів циліндричних та торцевих фрез

На (рис. 4 а, б) показані геометричні елементи ріжучої частини фрези.

Головний передній кут γ - вимірюється в площині, нормальній до головної різальної крайки і проходить через цю точку. У циліндричних фрез з швидкорізальних сталей величина головного переднього кута коливається в межах $10 \div 20^\circ$, у торцевих і дискових фрез, оснащених пластинками з твердого сплаву, кут $\gamma' = +5 \div -10^\circ$

Іноді передній кут задають у площині, нормальній осі фрези, так званий поперечний кут. Для переходу від кута γ' до кута γ користуються такими формулами:

$$\text{для торцевих фрез} - \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma' \cdot \sin \varphi + \operatorname{tg} \omega \cdot \cos \varphi$$

$$\text{для циліндричних фрез} - \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma' \cdot \cos \varphi .$$

ω – кут нахилу зубів фрези до осі фрези;

φ - головний кут в плані.

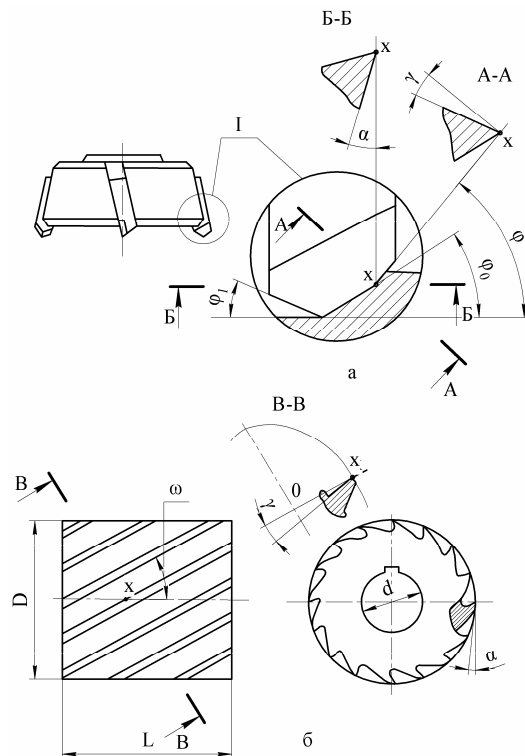


Рис. 4 – Геометричні елементи ріжучої частини фрези

Головний задній кут α - вимірюється в площині, нормальній до осі фрези. Він укладений між дотичною до задньої, поверхні зуба фрези у розглянутій точці головної ріжучої крайки і дотичної до окружності обертання даної точки. Іноді задній кут задається в нормальному перерізі до головної різальної крайки - нормальний задній кут, α_n . Кути α і α_n пов'язані між собою наступними співвідношеннями:

для головної різальної крайки торцевих фрез:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\sin \varphi}$$

для циліндричних фрез

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_n \cdot \cos \omega$$

У фрез з швидкорізальних сталей величина головного заднього кута коливається в межах $12 \div 30^\circ$ (в залежності від типу фрези), у торцевих фрез з твердосплавними пластинками $\alpha = 6 \div 15^\circ$; у дискових фрез $\alpha = 20 \div 25^\circ$ при обробці сталі і $\alpha = 10 \div 15^\circ$ при обробці чавуну.

Кут нахилу зубів ω - служить для зменшення вібрації, збільшення плавності роботи фрези і для створення напрямки сходять стружки. Зазвичай кут нахилу зуба вибирають в інтервалі $10 \div 55^\circ$ залежно від типу фрези.

Окружний крок зубів t - величина цього кута залежить від числа зубів фрези і розраховується за формулою:

$$t = \frac{360}{z}$$

Торцеві фрези характеризуються також кутами в плані φ ; φ_1 ; φ_0 ; і кутами нахилу головної різальної крайки λ .

Головний кут в плані кутової кромки φ - кут між проекцією головної різальної крайки на осьову площину, що проходить через розглянуту точку крайки і торцевою площиною. Головний кут в плані впливає на товщину і ширину зрізу, співвідношення складових сил, що діють на фрезу, стійкість фрези, якість обробленої поверхні. Чим менше цей кут, тим менше товщина зрізу і навантаження на одиницю довжини ріжучої крайки, вище стійкість фрези,

чистіше оброблена поверхня, але більше осьова складова сил різання. Тому $\varphi = 10 \div 30^\circ$ використовують при достатній жорсткості системи СПД. Малий кут ускладнює роботу з великою глибиною різання, тому що необхідно збільшувати довжину ріжучої крайки і тому фрези з $\varphi < 30^\circ$ застосовують при глибині різання 3 - 4мм. При фрезеруванні на прохід зазвичай $\varphi = 60^\circ$.

Допоміжний кут в плані φ_1 - кут між проекцією допоміжної різальної крайки на осьову площину, що проходить через розглянуту точку крайки і торцевою площиною. Він служить для зменшення тертя допоміжної різальної крайки по обробленій поверхні і вибирається в межах $2 \div 10^\circ$ для торцевих фрез і $2 \div 5^\circ$ для дискових тристоронніх фрез.

Головний кут в плані перехідної кромки φ_0 - кут між проекцією перехідної кромки на осьову площину, що проходить через розглянуту точку, і торцеву площину. Для зміцнення вершини зуба фрези у торцевих твердосплавних фрез під цим кутом зазвичай робиться перехідна кромка $h = 1 \div 2$ мм. Величина кута φ_0 зазвичай дорівнює $1/2$ величини кута φ .

Кут нахилу головної різальної крайки λ - кут між головною різальною крайкою і проекцією її на осьову площину, що проходить через вершину кута між головною і допоміжною ріжучою крайками, вимірюється в поздовжній площині, що проходить через цю точку ріжучої крайки. Кут λ впливає на міцність і стійкість зуба, додатне значення кута λ сприяє більш плавному входу зуба в заготовку та виходу з неї. У торцевих твердосплавних фрез кут λ робиться в межах від 0 до 15° , а у циліндричних, кінцевих і дискових фрез кут λ дорівнює куту нахилу гвинтового зуба, тобто $\lambda = \omega$.

Значення геометричних і конструктивних параметрів для різних фрез і умов обробки наведені в довідниках з режимів фрезерування, в довідниках технолога, фрезерувальника, інструментальника і т.д.

ЗАВДАННЯ

1. Зобразити задану (вказати номер) фрезу, вказати її основні конструктивні елементи і геометричні параметри.
2. Виміряти величини конструктивних параметрів фрези і кути γ ; α ; t ; ω .

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Користуючись інструкцією і додатковою літературою вивчити конструкцію і геометрію фрез.
2. Викреслити ескіз заданої фрези і вказати на ньому основні частини, елементи, поверхні і крайки фрези.
3. Виміряти величини конструктивних параметрів фрези.
4. Усвідомити геометричні параметри різальної частини фрези, виписати основні формулювання і межі виміру кутів α ; γ ; φ ; φ_1 ; φ_0 ; λ ; ω ; t .
5. За допомогою інструментального кутоміра виміряти кути з α ; γ .
6. За відбитками, отриманим за допомогою копіювального паперу, виміряти транспортним кутоміром кути ω ; t .
7. За допомогою універсального кутоміра виміряти кути φ ; φ_1 ; φ_0 , λ .
8. Скласти звіт за формою.

ФОРМА

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Завдання конструктивних параметрів фрези.
4. Таблиця вимірів (табл.1).

Таблиця 1

Тип фрези	Діаметр	Ширина, висота	Число зубів	Матеріал ріжучої частини	Спосіб застосування фрези	Кріплення ріжучого елемента	Номер конуса Морзе	Характеристика зуба фрези			Характер виконуваної роботи
								конструкція	розмір	напрямок	

Таблиця вимірів геометричних параметрів ріжучою частини фрези (табл.2).

Таблиця 2

Найменування і позначення кута фрези	Визначення	Межі виміру у стандартних фраз	Результати вимірювань

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ВИБІР ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА

Мета роботи: вивчити основні елементи характеристики шліфувальних кругів і навчитися вибирати коло для заданих умов обробки.

Обладнання: штангенциркуль, навчальний комплект шліфувальних кругів, плакати, слайди.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Шліфування - один з прогресивних видів обробки металів різанням. Шліфування є одним з найбільш продуктивних методів обробки металів, забезпечує отримання високої точності форми і розмірів деталей при високій якості обробленої поверхні. У результаті вдосконалення заготівельних операцій, тобто наближення розмірів і форми заготовки до розмірів і форми деталі, токарні, стругальні, фрезерні, слюсарні й інші операції можна замінювати шліфуванням. Шліфуванням можна обробити прості і складні, зовнішні і внутрішні поверхні.

Всі методи шліфування засновані на різанні (скоблені) матеріалу заготовки зернами абразиву. Кожний вплив одного зерна на заготовку призводить до зняття дуже малого обсягу матеріалу, тобто має місце так зване мікро різання. Для підвищення продуктивності шліфування збільшують частоту контактів зерна із заготовкою та кількість зерен, що беруть участь в обробці. Для цього зерна за допомогою різних матеріалів пов'язують в єдиний інструмент (коло, сегмент, стрічка тощо), якому повідомляють рух різання зі швидкістю, що перевищує швидкість різання при звичайній лезовій обробці металів.

Інструменти і матеріали для абразивної обробки мають досить широку номенклатуру, оскільки застосовуються для різних видів шліфування, для обробки поверхонь різних розмірів, різних матеріалів і т.д. Особливо широке поширення в сучасному машинобудуванні отримали шліфувальні круги.

Шліфувальні круги виготовляють різними за формою та розмірами, які вибирають залежно від умов шліфування, розмірів і форми оброблюваних деталей, конструкції верстата і його потужності.

У таблиці 1 наведено форми та позначення шліфувальних кругів (ГОСТ 2424-75). Круги ПП, ПВ, ПВК, ПВД, ПВДК працюють переважно периферією, а кола К, ЧК, ЧЦ, Т - торцем кола. Найбільшого поширення набули кола форми ПП. Кола ПВ з виточенням зручні тим, що кріпильні фланці знаходяться в поглибленні і не заважають підходу кола до деталі. Кола ПВК застосовують при шліфуванні двох і трьох взаємно перпендикулярних поверхонь. Колами ЧЦ і ЧК заточують інструменти, шліфують напрямні станин верстатів і т.д.

Крім форми і розмірів шліфувальні круги розрізняють за видом абразивного матеріалу, зернистості, зв'язці, твердості, структурі (будовою).

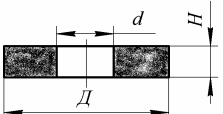
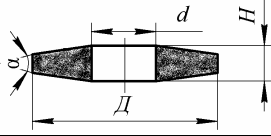
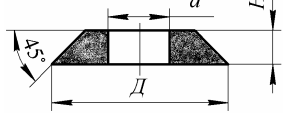
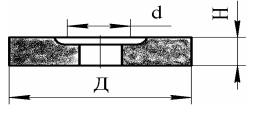
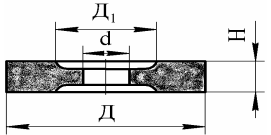
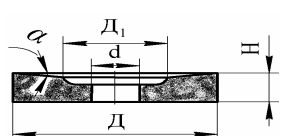
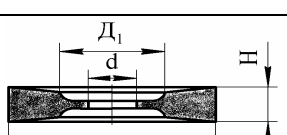
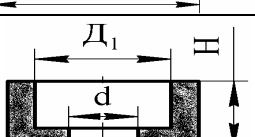
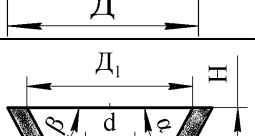
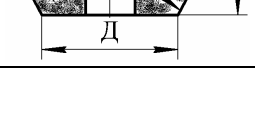
АБРАЗИВНІ МАТЕРІАЛИ

Абразивний матеріал являє собою мінерал природного або штучного походження, роздроблений на зерна певної величини. До природних абразивних матеріалів відносяться кварц, граніт, наждак, корунд і алмаз. Найважливіші штучні абразивні матеріали: електрокорунд, карбід кремнію, карбід бору, синтетичний алмаз, ельбор.

Алмаз природний (А) - являє собою різновид вуглецю, має найвищу твердість із усіх природних і штучних абразивних матеріалів.

Синтетичний алмаз (АС) - за ГОСТ 9206-70 випускається 5 марок шліф порошків із синтетичних алмазів: АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС, які різняться між собою, головним чином, механічними властивостями (міцністю, крихкістю), а також формою і ступенем шорсткості.

Форма та застосування круга

Форма кола	Тип	Ескіз	Граничні розміри	Область застосування
Прямого профілю	ПП		$D = 3 \div 1060$ $H = 1 \div 250$ $d = 1 \div 350$	Шліфування кругле, зовнішнє, внутрішнє, без центрове, плоске периферією круга, зуба шліфування, заточування інструменту
З двостороннім конічним конічним профілем	2П		$D = 250 \div 300$ $H = 8 \div 32$ $d = 76 \div 203$ $\alpha = 40^\circ \div 60^\circ$	
З конічним профілем	3П		$D = 80 \div 500$ $H = 6 \div 50$ $d = 20 \div 203$	
З виточенням	ПВ		$D = 10 \div 600$ $D_1 = 5 \div 305$ $H = 13 \div 100$ $d = 3 \div 305$	
З двостороннім виточенням	ПВД		$D = 100 \div 900$ $D_1 = 88 \div 375$ $H = 25 \div 250$ $d = 32 \div 305$	
З конічним виточенням	ПВК		$D = 300 \div 750$ $D_1 = 200 \div 500$ $H = 50 \div 80$ $d = 127 \div 305$	
З двостороннім конічним виточенням	ПВДК		$D = 300 \div 750$ $D_1 = 200 \div 500$ $H = 50 \div 75$ $d = 127 \div 305$	
Чашкові циліндричні	ЧЦ		$D = 40 \div 300$ $D_1 = 32 \div 250$ $H = 25 \div 100$ $d = 13 \div 150$	Заточення інструменту, плоске шліфування, шліфування зубів зубчастих коліс та долблків
Чашкові конічні	ЧК		$D = 50 \div 300$ $H = 25 \div 150$ $d = 13 \div 150$ $\alpha = 50^\circ \div 80^\circ$ $\beta = 45^\circ \div 80^\circ$	
Тарілчасті	Т		$D = 75 \div 250$ $H = 8 \div 25$ $d = 13 \div 32$ $h = 2 \div 6$ $b = 4 \div 13$	

Електрокорунд				Карбід кремнію			
Найменування	нормальний	білий	хромистий	мікрокорунд	чорний	зелений	
Старе	Э5	Э9А	ЭХА	М8	-	К35	62С
	16А	-	ЭАБ	43А	Э8	К36	63С
Нове	Э4	Э9	ЭХА	44А	Э9	К37	63С
	14А	Э9А	ЭАБ	45А	Э8	К38	63С
Старе	Э3	-	ЭХА	44А	Э9	К39	63С
	14А	Э9А	ЭАБ	45А	Э8	К40	63С
Нове	Э2	Э9А	ЭХА	45А	Э9	К41	63С
	13А	-	ЭАБ	46А	Э8	К42	63С
Старе	Э1	Э9А	ЭХА	46А	Э9	К43	63С
	12А	-	ЭАБ	47А	Э8	К44	63С
Нове	11А	Э9А	ЭХА	47А	Э9	К45	63С
	10А	-	ЭАБ	48А	Э8	К46	63С
Старе	10А	Э9А	ЭХА	48А	Э9	К47	63С
	9А	-	ЭАБ	49А	Э8	К48	63С
Нове	8А	Э9А	ЭХА	49А	Э9	К49	63С
	7А	-	ЭАБ	50А	Э8	К50	63С
Старе	7А	Э9А	ЭХА	50А	Э9	К51	63С
	6А	-	ЭАБ	51А	Э8	К52	63С
Нове	6А	Э9А	ЭХА	51А	Э9	К53	63С
	5А	-	ЭАБ	52А	Э8	К54	63С
Старе	5А	Э9А	ЭХА	52А	Э9	К55	63С
	4А	-	ЭАБ	53А	Э8	К56	63С
Нове	4А	Э9А	ЭХА	53А	Э9	К57	63С
	3А	-	ЭАБ	54А	Э8	К58	63С
Старе	3А	Э9А	ЭХА	54А	Э9	К59	63С
	2А	-	ЭАБ	55А	Э8	К60	63С
Нове	2А	Э9А	ЭХА	55А	Э9	К61	63С
	1А	-	ЭАБ	56А	Э8	К62	63С
Старе	1А	Э9А	ЭХА	56А	Э9	К63	63С
	0А	-	ЭАБ	57А	Э8	К64	63С
Нове	0А	Э9А	ЭХА	57А	Э9	К65	63С
	0А	-	ЭАБ	58А	Э8	К66	63С

Електрокорунд - штучний корунд, одержуваний плавкою матеріалів багатих окисом алюмінію (боксит, глинозем) в електропечах. Розрізняють чотири види електрокорунду:

- 1) нормальний (1А),
- 2) білий (2А),
- 3) легований (3А);
- 4) монокорунд (4А).

Карбід кремнію - хімічна сполука кремнію і вуглецю, що отримується з коксу і кварцового піску в електричних печах при температурі 2100-2200 ° С. Розрізняють два види карбіду кремнію - чорний (5С) і зелений (6С).

У таблицях наведені позначення абразивних матеріалів за ТУ 036-57-69 та нові позначення за даними по ОСТ 2-115-71 і ОСТ 2-144-71.

ЗЕРНИСТІТЬ

Зернистість абразивного матеріалу характеризує розміри абразивних зерен. Абразивні інструменти виготовляються з абразивних зерен певного розміру, щоб знята ними стружка була б приблизно однакова. Досвід показав, що при однорідному складі зерен зменшується знос кола, поліпшується якість поверхні шліфованої деталі, підвищується продуктивність і точність обробки.

За ГОСТ 3647-71 абразивний матеріал ділять на шліфзерна, шліфпорошки і мікропорошки. Поділ шліфзерна і шліфпорошків за розмірами отримують просіваючи їх на ситах. У метричних системах за номер зернистості беруть номінальний розмір сторони чарунки сітки у світлі, на якій затримується зерно при розсіві. Цей розмір умовно виражають в сотих частках міліметра. Зернистість абразивного матеріалу наведена в таблицях 4,5.

На відміну від шліфзерна і шліфпорошків зернистість мікропорошків позначають з літерою М перед цифрою. Номер порошку відповідає найбільшому (в мкм) розміру зерен основної фракції. Наведені позначення зернистості є одиницями для всіх абразивних матеріалів, за винятком алмазів, зернистість яких визначають за ГОСТ 9206-70.

Відповідно до цього Держстандарту зернистість шліфпорошків позначають дробом, чисельник якого відповідає розміру клітинок верхнього, а знаменник - нижнього сита. ГОСТ передбачає широкий і вузький діапазон зернистості. Широкий - 400/250; 250/160; 160/100; 100/63; 63/40. Вузький - 630/500; 500/400; 400/315; 315/250; 250/200; 200/160; 160/125; 125/100; 100/80; 80/63; 63/50; 50/40.

Мікропорошки мають наступний діапазон зернистості: 60/40; 40/28; 28/20; 20/14; 14/10; 10/7; 7/5; 5/3; 3/2; 2/1; 1/0.

Таблиця 4

	Зерна і порошки для шліфувальних кругів і шліфшкурки за ГОСТ 3647-71	
	Шліфзерно	Шліфпорошки
Зернистість	200	
	160	
	125	
	100	12
	80	10
	63	8
	50	6
	40	5
	32	4
	25	3
	20	
	16	
Розмір	2500-2000	
	2000-1600	
	1600-1250	
	1250-1000	160- 120
	1000- 800	120- 100
	800- 630	100- 80
	630- 500	80 – 60
	500- 400	60 - 50
	400- 320	50 – 40
	320- 250	40 - 28
	250- 200	
	200- 160	

Таблиця 5

Мікропорошки для шліфувальної шкурки

Мікропорошки для шліфувальних кругів, шліфувальної шкурки та використання у вільному вигляді по ГОСТ 3647-71									
	Мікропорошки						Тонкі мікропорошки		
Зернистість	M63	M50	M40	M28	M20	M14	M10	M7	M5
Розмір зерен основної фракції, мкм	63-50	50-40	40-28	28-20	20-14	14-10	10-7	7-5	5-3

В залежності від відсоткового вмісту основної фракції при дотриманні норм по іншим фракціям зернистість доповнюють буквеним індексом згідно таб.6.

Таблиця 6

Визначення індексу зернистості

Індекс зернистості	Зернистість							
	200 -32	25-16	12-8	6-4	3	M63- M23	M20-M14	M10-M5
В	-	-	-	-	-	60	60	55
П	55	55	55	55	-	50	50	45
Н	45	43	45	40	40	45	40	40
Д	41	39	41	36	36	42	37	37

ЗВ'ЯЗКИ

Абразивні зерна після сортування за розмірами з'єднують у єдину міцну масу для утворення шліфувального круга, визначають форми і розміри з допомогою спеціальної речовини. Розрізняють неорганічні і органічні зв'язки. До неорганічних зв'язкам відносять металеву, керамічну, силікатну і магнезіальну. До органічних - бакелітову, вулканітову, гліфталеву. Вид зв'язки абразивного інструменту істотно впливає на його міцність і режим роботи. Широке поширення в промисловості одержали керамічні, бакелітові і вулканітові зв'язки, різновиди яких наведено в таб. 7.

Таблиця 7

Зв'язка

Вид	Керамічна (по ОСТ2-МГ66-2-72)	Бакелітова (по ТУ2.036-57-69)	Вулканітова (по ТУ2.036-57-.69)
Позначення	К	Б	В
Різновид	КО КІ К3 К5 К7 К8	Б Бі Б2 Б3 БУ	В В1 В2 В3

Керамічна зв'язка (К) - в її склад входять вогнетривка глина, кварц, крейда, тальк і т.д. Кола, виготовлені на керамічній зв'язці, мають найбільшу пористість і тому менше засолюються, володіють хорошими ріжучими властивостями і водотривких, допускають шліфування з охолодженням. Недоліком цієї зв'язки є крихкість.

Бакелітова зв'язка (Б) - у якості головного компонента має рідкий або порошкоподібний бакеліт. Кола на такій зв'язці володіють великою міцністю, але швидко зношуються, круги на бакелітовій основі, в основному, працюють без охолодження. Пружність зв'язки дає можливість виготовляти тонкі кола (Н = 0,5мм) для прорізних і відрізних робіт. Значна міцність і пружність зв'язки дозволяють працювати зі швидкостями 50-65м/с.

Вулканітова зв'язка (В) - у своїй основі має синтетичний каучук з різними добавками, які впливають на твердість, міцність і еластичність інструменту. Кола на вулканітовій зв'язці мають більшу пружність, ніж кола на бакелітовій зв'язці. Вони мають значно меншу пористість, при температурі 150 ° С зв'язка розм'якшується і починає вигорати.

ТВЕРДІСТЬ

Ступінь твердості абразивного кола характеризує міцність утримання зерна в тілі кола. Вона практично не залежить від твердості абразивного зерна. Чим легше абразивне зерно викрашується з інструменту, тим він м'якший і навпаки. Шкала твердості абразивного інструменту по ГОСТ 18118-72 наведена в таб.8.

Цифри 1,2,3 праворуч від буквених позначень характеризують ступінь твердості в порядку її зростання. На керамічній і бакелітовій зв'язці випускають інструменти будь якої твердості, а на вулканітовій - тільки СМ1, СМ2, С1, С2, СТ1, СТ2, СТ3, Т1, Т2.

Твердість кола має великий вплив на процес шліфування.

Таблиця 8

Твердість		
Найменування	Позначення	Група твердості
М'які	М	М1, М2, М3
Середньої м'якості	СМ	СМ1, СМ2
Середні	С	С1, С2
Середньої твердості	СТ	СТ1, СТ2, СТ3
Тверді	Т	Т1, Т2
Дуже тверді	ВТ	ВТ1, ВТ2
Надзвичайно тверді	ЧТ	ЧТ1, ЧТ2

СТРУКТУРА КОЛА

При виготовленні абразивних інструментів між окремими частинками абразиву і зв'язкою утворюються порожні пори. Внутрішня будова, тобто кількісне співвідношення і взаємне розташування зерен, зв'язки і пор називають структурою кола. Цей параметр характеризує об'ємний вміст абразивних зерен в інструменті у відсотках. Структура кіл позначається номерами і характеризується процентним вмістом абразивних зерен в обсязі інструменту (табл. 9).

Таблиця 9

Вид структури кола			
Тип структури	Закрита	Середня	Відкрита
Номер структури	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12
Обсяг зерна в %	60 58 56 54	52 50 48 46	44 42 40 38

Точність розміру і геометричної форми кола визначає клас інструменту. Стандартом передбачені три класи точності: АА, А, Б. Допустимі відхилення розмірів та форми для класу АА приблизно в 2 рази менше, ніж для класу Б. Характеристика кола включає також допустиму окружну швидкість кола.

МАРКУВАННЯ КОЛА

Для правильного вибору шліфувального кола необхідно знати його характеристику. Умовне позначення характеристики наносять на поверхню кола незмивною фарбою в певній послідовності. Воно дає повну характеристику шліфувального кола і, по суті, є паспортом шліфувального круга.

ЗАК24А40С25К135 м/с ПП350х40х127А

ЗАК - Запорізький абразивний комбінат
24А - марка абразивного матеріалу (електрокорунд білий)
40 - розмір шліфзерна (500 - 400 мкм)
С2 - ступінь твердості (середня друга)
5 - номер структури (середня з об'ємом зерен 52 %)
К1 - вид зв'язки (керамічна перший)
35 м/с - окружна швидкість, що забезпечує безпеку роботи
ПП - форма кола (плоска прямого профілю)
350 - зовнішній діаметр кола, мм
40 - ширина кола, мм
127 - внутрішній (посадковий) діаметр, мм
А - клас точності кола

ЗАВДАННЯ

1. Користуючись інструкцією і додатковою літературою [1,2,3] вивчити основні характеристики шліфувального кола.
2. Виміряти й записати геометричні параметри шліфувального кола з навчального комплекту.
3. Записати повну маркування шліфувального кола і дати її розшифровку.
4. Вибрати й обґрунтувати характеристику шліфувального кола для заданих умов обробки (табл. 10).

Таблиця 10

Варіанти завдання для індивідуального виконання

№ варіанту	Матеріал заготовки	Вид шліфування	Вид обробки і чистота обробленої поверхні
1	Сталь 45 загартована, HRC 50	з поздовжньою подачею	Чистова Ra = 0,63
2	Сталь 20 незагартована	внутрішнє ø150 мм	Чернова Ra = 3,2
3	Сталь 45ХН загартована HRC 45	плоске торцем круга	Чистова Ra = 1,6
4	Сірий чавун НВ 220	зовнішнє з поперечною подачею	Чернова Ra = 2,0
5	Сталь Ст3	плоске периферією круга	Чистова Ra = 0,63
6	Сталь Ст5	з поперечною подачею	Чернова Ra = 6,3
7	Сталь 40Х загартована HRC 52	внутрішнє ø80 мм	Чистова Ra = 0,32
8	Сірий чавун НВ 190	плоске периферією круга	Чернова Ra = 5
9	Сталь 40 загартована HRC 35	кругле з поперечною подачею	Чистова Ra = 1,25
10	Сталь 40Х незагартована	плоске торцем круга	Чернова Ra = 2,5
11	Сталь жароміцна 12Х18Н9Г	зовнішнє з поперечною подачею	Чистова Ra = 0,8

12	Сталь У10А загартована HRC 60	внутрішнє \varnothing 120 мм	Чернова Ra =6,3
13	Бронза НВ 160	плоске торцем круга	Чистова Ra = 0,63
14	Сталь 45 незагартована	поперечний з поздовжньою подачею	Чернова Ra = 3,2
15	Сірий чавун НВ 200	зовнішнє з поперечною подачею	Чистова Ra = 1,0

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Користуючись інструкцією і додатковою літературою вивчити елементи характеристики шліфувального кола.
2. Провести необхідні вимірювання і дати розшифровку маркування шліфувального кола.
3. Виписати і усвідомити задана умова обробки.
4. Користуючись таблицями інструкції та додатковою літературою вибрати і обґрунтувати:
 - а) тип шліфувального кола та його розміри;
 - б) вид абразивного матеріалу;
 - в) зернистість і індекс зернистості;
 - г) вид зв'язки;
 - д) твердість кола;
 - е) структуру кола;
 - ж) клас точності;
 - з) допустиму окружну швидкість.
5. Привести повну маркування вибраного кола.
6. Скласти звіт про виконану роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Мета роботи: ознайомитися з сучасною апаратурою, використовується для вимірювання зусиль, які виникають при різних видах механічної обробки: точінні, свердлінні, фрезеруванні та ін.; набути навичок з вимірювання складових сили різання при точінні і методикою профілактичної обробки результатів експерименту; за результатами експерименту виявити характер впливу основних параметрів різання - подачі, глибини, швидкості різання на величину складових сили різання.

Обладнання, прилади, інструменти: токарно-гвинторізний верстат, динамометри ДК-1, УДМ-600, зразки для випробувань зі сталі 45, різці прохідні праві з пластинками твердого сплаву Т5К10 і наступної геометрії: $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $r = 2\text{мм}$, $\lambda = 0^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, масштабна лінійка, штангенциркуль.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Опір металів різанню долається силою різання. Робота сили різання витрачається на пружно-пластичну деформацію металу і відрив елемента стружки від основної маси металу, а також подолання тертя на контактних поверхнях різального інструменту (тертя стружки об передню поверхню різця, тертя головною задньою поверхнею різця об поверхню різання).

Відомості про величину сили різання необхідні для розрахунку на міцність елементів металорізальних верстатів, ріжучих інструментів, а також при виборі режимів різання, що забезпечують задану точність форми і розмірів оброблюваної заготовки. У загальному випадку сила різання являє собою рівнодіючу сил нормального тиску і сил тертя, прикладених до робочих поверхонь ріжучого інструменту.

Для вирішення практичних завдань рівнодіючу силу різання замінюють її складовими, як це показано на рис.1 для випадку точіння. Напрямок складових сил обрано не випадково. Вона збігається з рухами, які здійснюються на верстаті.

Сила різання P_z - головна складова сили різання-спрямована вертикально і збігається з напрямом головного руху. Вона прагне віджати різець вниз. За нею розраховується ефективна потужність різання. Знаючи P_z , ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_{\text{э}} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 10^2}$$

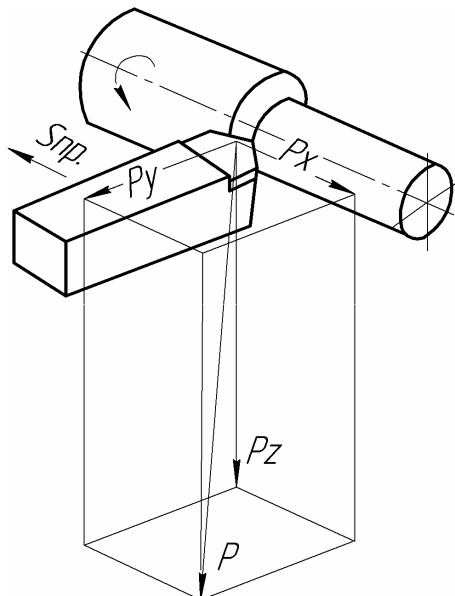


Рис. 1 – Схема сил при точінні

Знаючи коефіцієнт корисної дії верстата η , визначають потужність електродвигуна приводу головного руху.

$$N_{\text{Д}} = \frac{N_{\text{э}}}{\eta}$$

Крутний момент на оброблюваній заготовці визначається за формулою

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2}$$

де D - діаметр оброблюваної деталі.

Момент різання сприймається механізмом головного обертального руху верстата і використовується при розрахунку цього механізму на міцність.

Радіальна сила P_y - діє в горизонтальній площині, спрямована перпендикулярно до осі оброблюваної деталі. Спільно з силою P_z сила P_y згинає виріб і інструмент і навантажує механізм поперечної подачі і використовується при розрахунку його на міцність.

Осьова сила P_x - діє в горизонтальній площині і спрямована в бік, протилежний поздовжньої подачі. З цієї сили розраховується механізм поздовжньої подачі верстата - коробка подачі і фартух верстата.

Сили різання в значній мірі залежать від умов різання і фізико-механічних властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів. На практиці сили різання визначають експериментально або розраховують за емпіричними формулами

$$P_z = C_{p_z} \cdot t^{x_{p_z}} \cdot S^{y_{p_z}} \cdot V^n \cdot K_{p_z}$$

$$P_y = C_{p_y} \cdot t^{x_{p_y}} \cdot S^{y_{p_y}} \cdot V^{n_1} \cdot K_{p_y}$$

$$P_x = C_{p_x} \cdot t^{x_{p_x}} \cdot S^{y_{p_x}} \cdot V^{n_2} \cdot K_{p_x}$$

де C_{p_z} ; C_{p_y} ; C_{p_x} - коефіцієнти, що характеризують метал та умови його обробки; t - глибина різання в мм; S - подача в мм/об; X_{p_x} ; Y_{p_x} ; X_{p_y} ; Y_{p_y} ; X_{p_z} ; Y_{p_z} - показники ступенів при глибині різання і подачі; V - швидкість різання в м/хв; n ; n_1 ; n_2 - показники ступеня при швидкості різання; K_{p_x} ; K_{p_y} ; K_{p_z} - загальні поправочні коефіцієнти, що враховують конкретні умови обробки.

У табл. 1 наведені середні значення коефіцієнтів і показники ступенів для підрахунку сил P_z ; P_y ; P_x (при $S < t$) при зовнішньому поздовжньому точінні. Значення коефіцієнтів C_{p_z} ; C_{p_y} ; C_{p_x} дані для зазначених у таблиці значень σ_B при різанні твердосплавними різцями з $\gamma = 10^\circ$, $\phi = 45^\circ$, $r = 2\text{мм}$, $\lambda = 0^\circ$, $\phi_1 = 10^\circ$, при роботі без охолодження і при допустимим спрацюванні різців по задній поверхні $h_3 = 1,0 \div 1,4\text{мм}$. За умов роботи, відмінних від зазначених, на сили P_z ; P_y ; P_x (або на коефіцієнти C_{p_z} ; C_{p_y} ; C_{p_x}) слід вводити, у вигляді співмножників, поправочні коефіцієнти, наведені в довідниках за режимами різання. Добуток цих коефіцієнтів буде представляти собою відповідно загальні поправочні коефіцієнти K_{p_x} ; K_{p_y} ; K_{p_z} в наведених вище формулах.

Для експериментального визначення складових сили різання розроблені конструкції спеціальних пристроїв-динамометрів.

		Значення коефіцієнтів та показників ступенів													
Матеріал заготовки	Подача у мм/об	Коефіцієнти і показники ступенів													
		Pz				Py				Px					
		Cp _z	Xp _z	Yp _z	n	Cp _y	Xp _y	Yp _y	n ₁	Cp _x	Xp _x	Yp _x	n ₂		
Сталь	до 0,75 св. 0,75	300	1,0	0,75	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	315	1,0	0,5	0,2	-0,4

Найбільш поширеним сучасним вітчизняним динамометром для вимірювання сил і крутних моментів при обробці різанням у лабораторних умовах є універсальний динамометр УДМ конструкції БНІІ. Блок-схема динамометра представлена на рис.2.

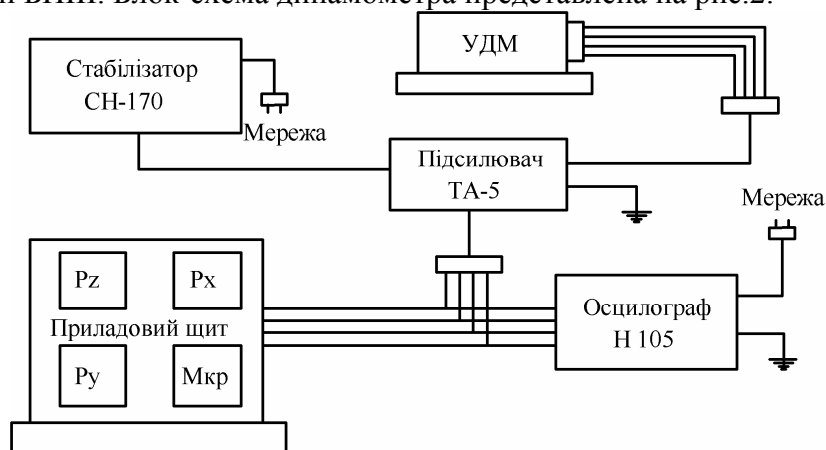


Рис. 2 – Блок-схема динамометра

Вимірювання сил проводиться за допомогою тензодатчиків, наклеєних на пружні елементи конструкції. Зміна опору датчиків внаслідок деформації пружних елементів під дією сили різання пропорційно величині сил.

Опор датчиків, включених в чутливі мостові схеми, управляють електричними сигналами, посилюється з допомогою електронного підсилювача до значень, які можуть бути зареєстровані мікроамперметру, або шлейфами магнітоелектричного осцилографа.

За допомогою тарувальних графіків показання мікроамперметра переводяться в величини діючих сил.

У виробничих умовах немає необхідності у визначенні всіх трьох складових сили різання, так як для визначення міцності ріжучих інструментів і пристосувань, а також для призначення параметрів режиму різання досить знати головну складову сили різання Pz. Сили Py та Px можна визначити, з достатнім ступенем точності, за наступним співвідношенням.

$$P_y = (0,4 - 0,5)P_z;$$

$$P_x = (0,25 \div 0,35)P_z;$$

Тому в заводських умовах доцільно використовувати однокомпонентний динамометр ДК-1.

Динамометр ДК-1 (рис. 3) встановлюється на верхніх салазках супорта токарного верстата замість різцетримача і кріпиться рукояткою різцетримача.

Динамометр складається з люльки 1, в якій кріпиться різець. Люлька з'єднана з корпусом динамометра 2 за допомогою двох пружних торсіонних брусків 3 квадратного перетину. Під дією сили різання P_z різець віджимається вниз, закручуючи торсіонні бруски.

При цьому приварена до люльки довга планка 4 своїм вільним кінцем переміщує, за допомогою стрижня 5, ніжку індикатора 6, встановленого нерухомо в стійці 7, закріпленої на корпусі динамометра.

Переміщення ніжки індикатора пропорційно деформації торсіонних брусків і, отже, відповідної сили різання P_z .

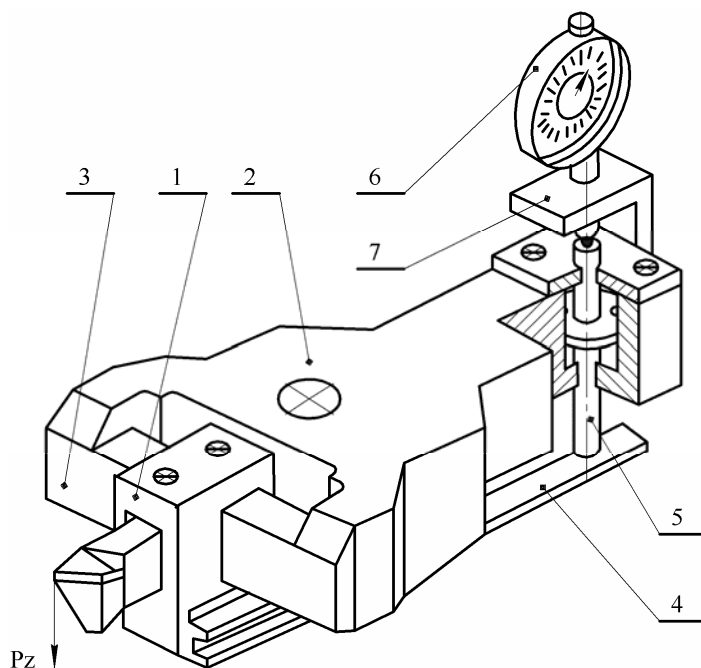


Рис. 3 – Схема установки динамометра

Для усунення впливу неминучих коливань планки 4 на ніжку індикатора передбачено демпфуючий пристрій, що складається з циліндра і поршня з двома отворами, насадженого на стрижень 5. Циліндр заповнюється в'язким маслом.

Перед початком експерименту проводиться тарування динамометра з побудовою тарировочного графіка (рис.4) і визначення ціни поділки індикатора. За допомогою тарировочного графіка показання індикатора переводяться у величину діючої сили.

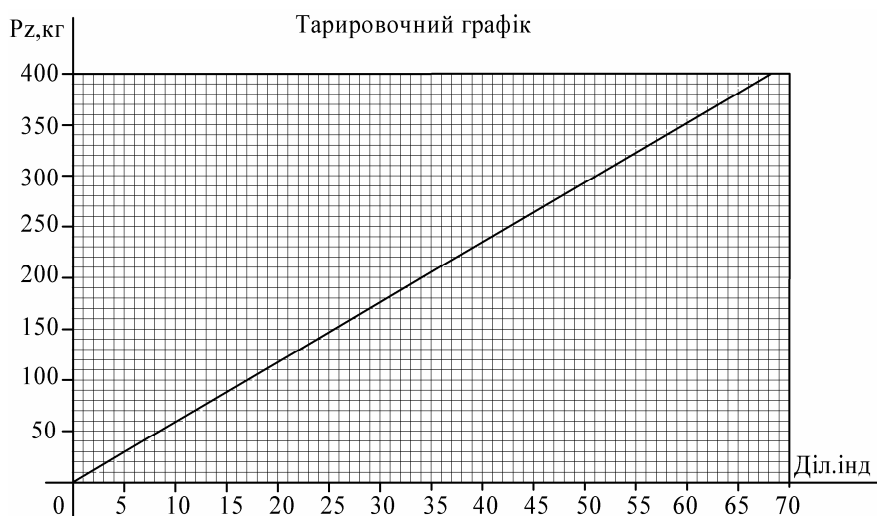


Рис. 4 – Тарировочний графік

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Завдання досліджень зводиться до знаходження чисельних значень величин C_{p_z} , X_{p_z} , Y_{p_z} , n що входять до формули, що визначає P_z .

$$P_z = C_{p_z} \cdot t^{X_{p_z}} \cdot S^{Y_{p_z}} \cdot V^n$$

Дослідження рекомендується проводити в наступному порядку:

Дослідження впливу глибини різання на силу P_z .

Для визначення впливу глибини різання на величину сили обробляють заготовку з різними глибинами різання (наприклад, $t_1=2$ мм, $t_2=4$ мм, $t_3=6$ мм, $t_4=8$ мм), залишаючи всі інші фактори (швидкість різання, подачу) незмінними.

$$P_z = f(t) \text{ при } S = \text{const}; V = \text{const}.$$

Для кожного прийнятого при випробуваннях значення глибини різання вимірюють величину сили різання P_z . Знайдені значення сили P_z заносять у таблицю 2 форми 1. За даними таблиці в подвійних логарифмічних координатах будують графік залежності сили P_z від глибини t (рис.5 а).

$$P_z = C_{p'_z} \cdot t^{X_{p_z}}$$

Ця залежність, виражена графічно у подвійній логарифмічній системі координат, має вигляд прямої лінії, що значно спрощує задачу обробки експериментальних даних.

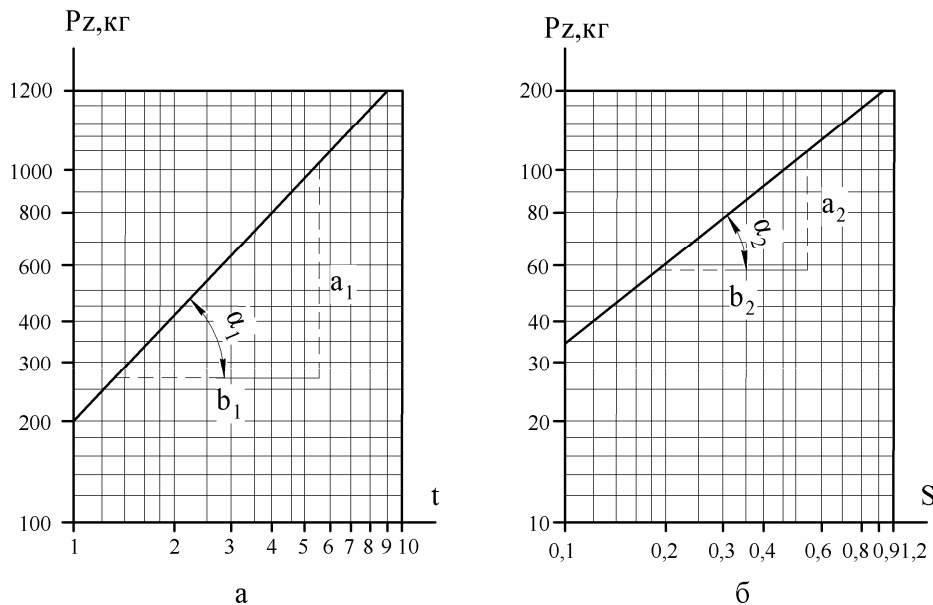


Рис. 5 – Графік залежності сили різання від глибини та подачі

Так, після логарифмування це рівняння виглядає так

$$\lg P_z = X_{p_z} \cdot \lg t + \lg C_{p'_z}$$

а на графіку прийме вигляд прямої лінії, відтинає на осі ординат відрізок, рівний $\lg C_{p'_z}$.

Аналізуючи побудований графік визначають показник ступеня X_{p_z} , який чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу лінії функції $P_z = f(t)$ до осі абсцис, тобто

$$X_{p_z} = \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{a_1}{b_1}$$

Коефіцієнт $C_{p'_z}$ чисельно дорівнює P_z при $t = 1$ мм

$$P_z = C_{p'_z} \cdot t^{X_{p_z}} = C_{p'_z} \cdot 1^{X_{p_z}} = C_{p'_z}.$$

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОДАЧІ НА СИЛУ PZ

Для визначення впливу подачі на величину сили Pz обробляють заготовку з різними подачами (наприклад, S₁=0,25 мм/об, S₂=0,5 мм/об, S₃=0,75 мм/об, S₄=1 мм/об), залишаючи всі інші фактори (швидкість різання, глибину) незмінними.

$$P_z = f(S) \text{ при } t = \text{const}; V = \text{const}.$$

Для кожного прийнятого при випробуваннях значення подачі вимірюють величину сили різання P_z. Знайдені значення сили заносять в таблицю 3, форми 1. За даними таблиці в подвійних логарифмічних координатах будують графік залежності сили Pz від подачі S (рис.5 б)

$$P_z = C p_z'' \cdot S^{y_{Pz}}$$

Аналізуючи побудований графік, визначають показник ступеня Y_{Pz}, який чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу лінії функції Pz = f(S) до осі абсцис, тобто

$$Y_{Pz} = \text{tg}\alpha_2 = \frac{a_2}{b_2}$$

Коефіцієнт Cp_z'' чисельно дорівнює Pz при S = 1 мм.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ РІЗАННЯ НА СИЛУ PZ

Для визначення впливу швидкості різання на величину сили Pz обробляють заготовку з різними швидкостями різання (наприклад, V₁ = 50 об/хв, V₂ = 75 об/хв, V₃ = 100 об/хв, V₄= 125 об/хв) залишаючи всі інші фактори (глибина, подача) незмінними.

$$P_z = f(V) \text{ при } t = \text{const}; S = \text{const}.$$

Для кожного прийнятого при випробуваннях значення швидкості різання вимірюють величину сили різання Pz. Знайдені значення сили Pz заносять в таблицю 4 форми 1. За даними таблиці в подвійних логарифмічних координатах будують графік залежності сили Pz від швидкості різання V (рис. 6).

$$P_z = \frac{C p_z'''}{V^n}$$

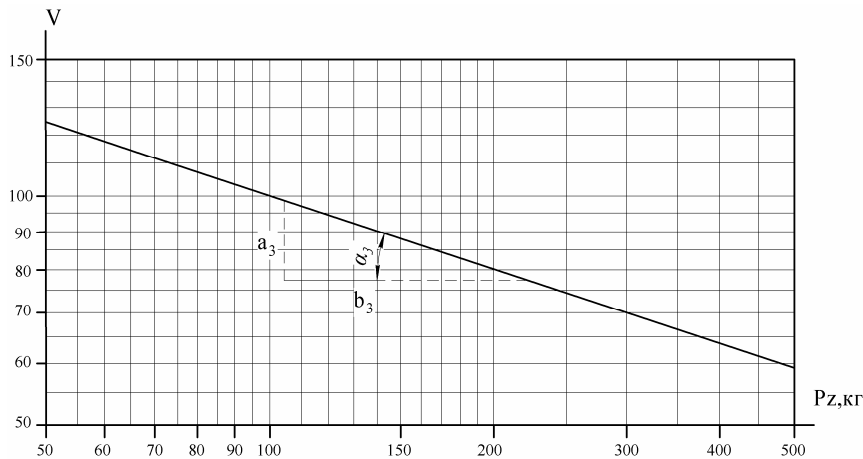


Рис. 6 – Залежність сили різання від швидкості

Аналізуючи побудований графік, визначають показник ступеня n, який чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу лінії функції Pz = f(V) к осі абсцис, тобто

$$n = \text{tg}\alpha_3 = \frac{a_3}{b_3}$$

Узагальнюючи отримані залежності, отримуємо загальну формулу, визначальну величину сили різання Pz=f(t ;S;V);

$$P_z = C p_z \cdot t^{x_{Pz}} \cdot S^{y_{Pz}} \cdot V^n$$

Величину коефіцієнта C_{Pz} визначають наступним чином. На графіках $Pz = f(t)$; $Pz = f(S)$; $Pz = f(V)$ беруть однакове значення сили Pz і знаходять відповідні значення t ; S ; V і про урахуванням знайдених показників ступенів X_{Pz} , Y_{Pz} ; n визначають значення коефіцієнта C_{Pz} , вирішуючи рівняння

$$C_{Pz} = \frac{Pz}{t^{X_{Pz}} \cdot S^{Y_{Pz}} \cdot V^n}$$

ЗАВДАННЯ

1. Ознайомитися з цією інструкцією, обладнанням і апаратурою, підготовленої до проведення експериментів.
2. Проконтролювати геометричні параметри різця.
3. Провести три серії дослідів відповідно до методики проведення експериментів.
4. Скласти звіт за формою.

ФОРМА 1

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Завдання.
4. Характеристика обладнання:
 модель верстата _____
 потужність електродвигуна _____
5. Характеристика заготовки:
 матеріал _____
 твердість або міцність _____
 розміри: довжина _____, діаметр _____
6. Характеристика інструменту:
 тип _____
 матеріал ріжучої частини _____
 перетин державки _____
 геометрія інструмента, градус _____

Таблиця 1

α	γ	β	δ	φ	φ_1	ξ	λ	α_1	γ_1	r

7. Дослідження впливу глибини різання на величину сили різання Pz .

Таблиця 2

№ п/п	D_0 , мм	D_1 , мм	Режим різання				Показання індикатора	Pz , кг
			t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V м/хв		
1.								
2.								
3.								
4.								

8. Побудова графіка залежності $Pz = f(t)$ (виконується на міліметрівці).
9. Дослідження впливу подачі на величину сили різання Pz .

Таблиця 3

№ п/п	D ₀ , мм	D ₁ , мм	Режим різання				Показання індикатора	Pz, кг
			t, мм	S, мм/ об	n, об/хв	V м/хв		
1.								
2.								
3.								
4.								

10. Побудова графіка залежності $P_z = f(S)$ (виконується на міліметрівці).

11. Дослідження впливу швидкості різання на величину сили різання P_z .

Таблиця 4

№ п/п	D ₀ , мм	D ₁ , мм	Режим різання				Показання індикатора	Pz, кг
			t, мм	S, мм/ об	n, об/хв	V м/хв		
1.								
2.								
3.								
4.								

12. Побудова графіка залежності $P_z = f(V)$ (виконується на міліметрівці).

13. Визначення чисельної величини показників ступенів і коефіцієнтів.

14. Висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ УСАДКИ СТРУЖКИ

Мета роботи: вивчити вплив параметрів різання та геометрії ріжучої частини інструменту форму та коефіцієнт усадки стружки

Обладнання: токарно-гвинторізний станок, комплект різців, вертикально-фрезерувальний станок, однозуба фреза.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Процес обробки металів різанням супроводжується пружними і пластичними деформаціями. У зоні дії пластичних деформацій змінюються властивості металів - оброблена поверхня набуває більш високої твердості, ніж вихідний матеріал. Разом з деформацією обробленої поверхні відбувається деформація зрізаного шару. У результаті пластичної деформації шару, що зрізується стружка усаджується (укорочується по довжині). Величина зони деформації і усадка стружки залежать від ступеня пластичності оброблюваного матеріалу, режимів різання (швидкості різання, подачі, глибини різання) і геометрії робочої частини різального інструменту. Зі зміною усадки стружки змінюються сили різання, потужність, деформація обробленої поверхні і інші фактори. Отже, усадка стружки і величина зони деформації певною мірою визначають характер і інтенсивність протікання процесу обробки різанням. Тому вивчення усадки стружки і деформації представляє інтерес.

У цій лабораторній роботі вивчаються питання усадки стружки в залежності від величини переднього кута, швидкості різання, подачі і оброблюваного матеріалу (сталь, чавун).

Довжина стружки L_1 менша довжини шару, що зрізається L ($L_1 < L$, рис. 1), товщина стружки a_1 більша товщини зрізаємого шару a ($a_1 > a$), а ширина стружки b_1 , більша за ширину зрізаємого шару b ($b_1 > b$). Відношення довжини зрізаного шару до довжини стружки називається коефіцієнтом повздовжньої усадки стружки

$$K=L/L_1$$

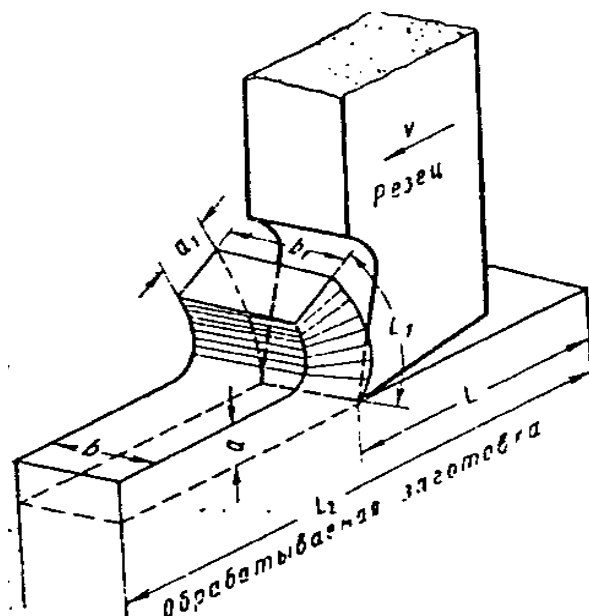


Рис. 1 - Схема деформування шару, що зрізується

На рис. 2 показана принципова схема поширення зони деформації при вільному різанні (зона деформації заштрихована). Для виконання лабораторної роботи необхідно закріпити різець у державці, а заготовку - у пристосуванні, встановленому на столі верстата. Бічну поверхню заготовки (пластини), звернену до мікроскопа, покривають тонким шаром лаку, який володіє високою крихкістю.

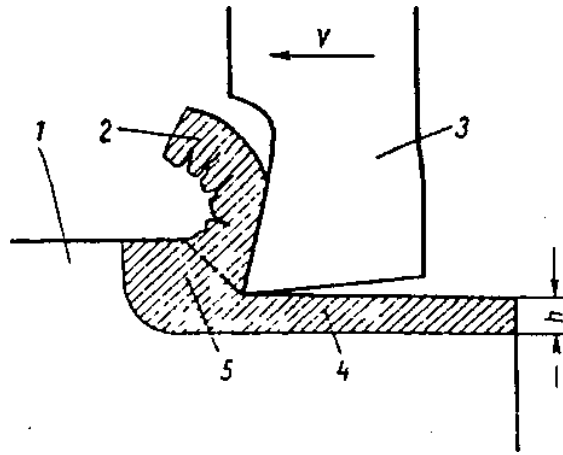


Рис. 2 – Вплив переднього кута на величину деформації за лінією різь

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Перша серія дослідів проводиться для визначення впливу величини передніх кутів різьця на усадку стружки. Досліди проводяться при $\gamma_1 = 0^\circ$, $\gamma_2 = 10^\circ$, $\gamma_3 = 20^\circ$, $\gamma_4 = 30^\circ$ і $\alpha = 10^\circ$. У цих дослідах змінною величиною є тільки передні кути, всі інші фактори постійні величини. Дослід проводиться на строгальному верстаті. Довжина заготовки $L = 200$ мм, товщина і ширина шару що зрізується відповідно $a = 0,5$ мм, $b = 3$ мм. Довжина зрізаної стружки вимірюється гнучкою мірою (ниткою, дротом) і масштабною лінійкою, а результати записують до протоколу № 1 а.

Протокол № 1

№ пп	№ різьця	Матеріал обробленої заготовки	Твердість НВ	Дослідження впливу переднього кута на усадку стружки											
				Кути різьців в град.				Число подвійних ходів верстата n в хвилину	Довжина шляху різьця по заготовці L у мм	Товщина a в мм	Ширина b в мм	Визначення усадки тонкого дроту		Тип стружки	
				γ	α	δ	ϕ					Довжина стружки за один прохід L_1 мм	Коефіцієнт усадки $K = L/L_1$		

Друга серія дослідів проводиться для визначення впливу швидкості різання на усадку стружки. Досліди проводяться на вертикально-фрезерному верстаті. Фрезерування проводиться однозубою торцевою фрезою при швидкості різання $V_1 = 50$ м / хв, $V_2 = 110$ м / хв, $V_3 = 220$ м / хв і $V_4 = 364$ м / хв; при постійній глибині різання $t = 2$ мм, подачі на зуб $S_z = 0,15$ мм і шириною фрезерування $B = 100$ мм.

Подача S_z з товщиною шару, що зрізується пов'язана рівнянням $S_z = a / \sin \phi$.

Зазвичай головний кут в плані $\phi = 45^\circ$. При проведенні дослідів з різними швидкостями різання треба взяти по 2-3 стружки з кожного дослідів, зробити виміри і результати вимірювання записати в протокол № 16. Коефіцієнт повздовжньої усадки стружки підраховується за формулою:

$$K = L/L_1$$

де L-довжина шляху, пройденого зубом фрези, яка дорівнює довжині дуги заготовки, що обробляється (мал.3);

L₁ – довжина стружки, виміряна по поверхні прирізцьової частини стружки. Довжина дуги підраховується за формулою:

$$L = \pi D \varphi / 360$$

де D - діаметр фрези в мм.

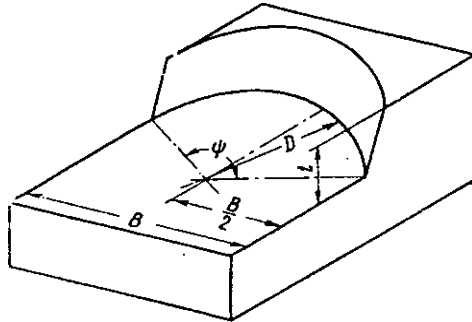


Рис. 3 – Заготовка у процесі обробки торцевою фрезою

Довжина стружки вимірюється ниткою. Іноді всю довжину стружки не має можливості виміряти. У цьому випадку вдаються до вагового методу визначення повздовжнього коефіцієнта усадки стружки.

Ваговий метод визначення усадки стружки. При деяких умовах деформації шару який зрізається стружка так щільно закручується в виток, що її важко розпрямити і виміряти довжину. У цьому випадку для визначення повздовжньої усадки стружки користуються ваговим методом. Цей метод полягає в наступному: беруть шматочок стружки довжиною 5-10 мм, зачистивши торці, зважують на аналітичних вагах (ваги високої точності) і підраховують коефіцієнт усадки стружки за формулою:

$$K = Q / \gamma_{\text{пит.}} \cdot L_1 S t,$$

де Q - вага шматочка стружки в мг; $\gamma_{\text{пит.}}$ - питома вага металу стружки в г/см³; L₁- довжина стружки в мм; t-глибина різання в мм; S - подача в мм.

Вимірюють і зважують не менш трьох шматочків стружки. За кінцевий результат приймають середнє арифметичне з трьох значень K. Результати підрахунку занести до протоколу № 1б.

Третя серія дослідів. Дана серія дослідів проводиться для встановлення впливу величини подачі на усадку стружки. Досліди виконуються на вертикально-фрезерному верстаті при наступних значеннях подач: S_{z1} = 0,12 мм, S_{z2} = 0,24 мм, S_{z3} = 0,42 мм.

У цих дослідах змінною величиною є тільки подача, всі інші фактори залишаються сталими. Досліди проводяться на матеріалі заготовки, який вказав керівник робіт.

Результати дослідів занести до протоколу № 1б. За отриманими і опрацьованими даними протоколів 1а і 1б необхідно побудувати закономірність K = f(γ), K = f(v), K = f(s). По закінченню роботи необхідно зробити короткий письмовий висновок.

Геометрія різця: $\alpha = \dots$, $\gamma = \dots$, $\varphi = \dots$, $\varphi_1 = \dots$, $\lambda = \dots$, $r = \dots$ мм. Діаметр фрези $D = \dots$ мм, глибина різання $t = \dots$ мм. Ширина фрезерування $B = \dots$ мм. Оброблюваний матеріал ... Твердість HB...

№ досліду	Подача в мм / зуб	Число оборотів в хвилину	Швидкість різання в м / хв	Визначення усадки						Форма і тип стружки
				тонким дротом			зважуванням			
				Довжина дуги заготовки L в мм	Довжина стружки за один оберт L_1 в мм	Коефіцієнт усадки $K = L/L_1$	Вага стружки Q в мг	Довжина відрізка стружки в мм	Коефіцієнт усадки K	

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити призначення виконуваної роботи, методу, обладнання і апаратуру, що застосовуються при дослідженні усадки стружки.
2. Провести спостереження за процесом деформації металу в зоні різання і замалювати процес (фрагмент) формування зрізаного шару в стружку.
3. Провести експериментальні дослідження для визначення коефіцієнта повздовжньої усадки стружки в залежності від швидкості різання V , подачі S , величини переднього кута γ і механічних властивостей оброблюваного матеріалу (сталь, чавун та ін.) відповідно до методики, викладеної у цій роботі.
4. За отриманими даними побудувати графіки функціональних залежностей і дати короткий письмовий висновок про виконану роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ШОРОХУВАТІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ТОЧІННІ І ФРЕЗЕРУВАННІ

Мета роботи. Визначення впливу швидкості різання, подачі і головного кута в плані на шорсткість обробленої поверхні; набуття практичних навичок вимірювання шорсткості, ознайомлення з конструкцією приладів для вимірювання шорсткості.

Обладнання. горизонтально-фрезерний верстат; токарно-гвинторізний верстат, заготовка, профілометр; різці токарні прохідні, оснащені пластинками твердого сплаву; набір фрез; прилад для вимірювання кутів різця; тахометр; штангенциркуль.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками за базовою довжиною.

Руйнування деталей машин в процесі їх експлуатації в більшості випадків починається з поверхневого шару. Тому велике практичне значення має вивчення якості поверхні деталі і вплив на неї різних факторів процесу різання. Якість поверхневого шару визначається сукупністю характеристик: фізико-механічними станом, мікроструктурою металу поверхневого шару, ступенем і глибиною наклепу, величиною і знаком залишкових напружень, шорсткістю поверхні та іншими ознаками. Стан поверхневого шару впливає на експлуатаційні властивості деталей машин: зносостійкість, вібростійкість, контактну жорсткість, міцність з'єднань, міцність конструкцій при циклічних навантаженнях і т.д.

Шорсткість - одна з основних характеристик якості поверхні. Для кількісної оцінки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-79 передбачає 6 параметрів:

висотні: R_a - середнє арифметичне відхилення профілю; R_z - висота нерівностей профілю за десятьма точками; R_{max} - найбільша висота профілю;

крокові: S - середній крок нерівностей профілю по вершинах; S_m - середній крок нерівностей профілю по середній лінії;

висотно-кроковий: tr - відносна опорна довжина профілю.

Базою для відліку висот виступів і западин нерівностей, властивості яких нормуються, служить середня лінія профілю "m" (рис. 1) - базова лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середньоквадратичне відхилення профілю до цієї лінії максимальне.

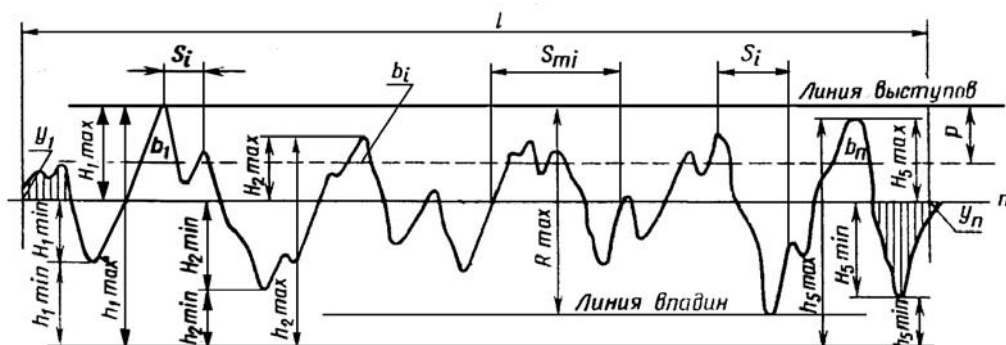


Рис. 1 – До визначення параметрів шорсткості поверхні.

Через вищу і нижчу точки профілю в межах базової довжини l проводять лінії виступів і западин профілю, еквідистантно до середньої лінії. Відстань між цими лініями визначає найбільшу висоту нерівностей профілю

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a визначається як середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

Висота нерівностей профілю за десятьма точками Rz дорівнює середній арифметичній сумі абсолютних відхилень точок п'яти найбільших мінімумів $H_{i_{\min}}$ і п'яти найбільших максимумів $H_{i_{\max}}$ профілю в межах базової довжини.

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |H_{i_{\max}}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i_{\min}}|$$

Замість середньої лінії, що має форму відрізка прямої, визначають відстань від найвищих точок п'яти найбільших максимумів $h_{i_{\max}}$ і нижчих точок п'яти найбільших мінімумів $h_{i_{\min}}$ до лінії, паралельній середній і не перетинаючої профіль.

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |h_{i_{\max}}| - \sum_{i=1}^5 |h_{i_{\min}}|$$

Тоді

Між величинами R_z і R_a існує певне співвідношення: $R_z = kR_a$. Для грубих поверхонь $k \approx 4$, при чистової обробки величина $k \approx 5$.

Середній крок нерівностей S_m обчислюють як середнє арифметичне значення кроку нерівностей S_{mi} в межах базової довжини:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

Середній крок нерівностей профілю по вершинах. S - середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю по вершинах S_i в межах базової довжини

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

Під опорною довжиною профілю η_p розуміють суму довжин відрізків в межах базової довжини, що відсікаються на заданому рівні в матеріалі виступів профілю лінією, еквідистантною до середньої лінії.

Відносна опорна довжина профілю t_p визначається як відношення опорної довжини профілю η_p до базової довжини:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i$$

Висоту мікронерівностей при точінні можна визначити з геометричних побудов, зробивши такі припущення: оброблюваний матеріал не піддається деформації; система ВПІД - абсолютно жорстка; ріжучі кромки інструменту є геометричними лініями. У цьому випадку, коли у різця відсутній радіус вершини, висоту мікронерівностей можна визначити з співвідношень (рис.. 2, а)

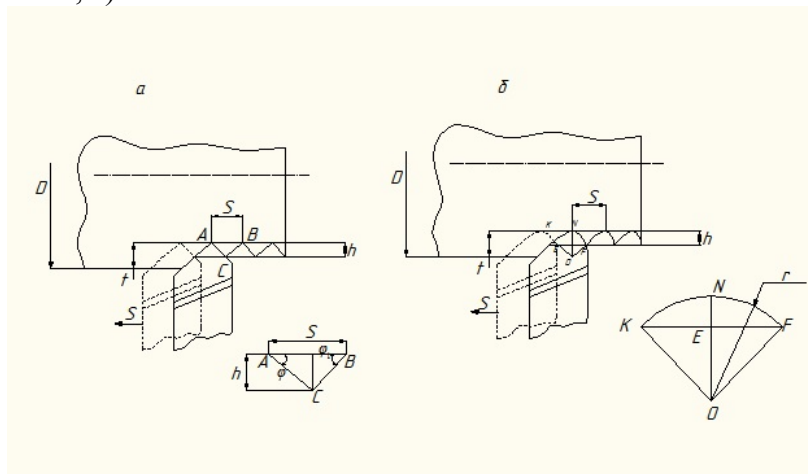


Рис. 2 – Залишкові гребінці при точінні

$$a - r = 0; \delta - r \neq 0$$

$$AO = OC \operatorname{ctg} \varphi_1 = h \operatorname{ctg} \varphi_1;$$

$$OB = OC \operatorname{ctg} \varphi = h \operatorname{ctg} \varphi;$$

$$AO + OB = S = h \cdot (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi_1) = h \cdot \frac{\sin(\varphi + \varphi_1)}{\sin \varphi \cdot \sin \varphi_1} \quad (1)$$

Коли працює тільки радіусна ріжуча кромка (рис. 2 б), отримуємо

$$h = EN = ON - OE;$$

$$OE = \sqrt{OK^2 - KE^2} = \frac{\sqrt{4r^2 - S^2}}{2};$$

$$h = R_z = r - \frac{\sqrt{4r^2 - S^2}}{2} \quad (2)$$

Перетворивши вираз (2), отримаємо

$$\frac{S^2}{4} = 2hr - h^2$$

Так як величина h^2 дуже мала в порівнянні з $2hr$, то можна написати

$$\frac{S^2}{4} = 2hr$$

Або остаточно

$$R_z = h = \frac{S^2}{8r} \quad (3)$$

При одночасній роботі прямолінійної і радіусної частин ріжучої кромки

$$h = R_z = r - \frac{r(\sin \varphi + \sin \varphi_1) - S \sin \varphi \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \quad (4)$$

При фрезеруванні, так само як і при точінні, на обробленій поверхні залишаються гребінці. Мікронерівності, утворені вершинами зубів, мають регулярний хвилеподібний профіль (рис.3).

Причиною утворення цих нерівностей є трахоїдальні траєкторії щодо робочого руху суміжних зубів. Крок нерівностей дорівнює подачі на зуб S_z . При наявності биття фрези висота гребінців визначається не подачею на зуб фрези, а подачею на оборот S_o .

Розмір цих гребінців, а також стан їх поверхні характеризує якість обробки. Теоретично висота гребінців при фрезеруванні може бути розрахована тим же методом, що і при точінні.

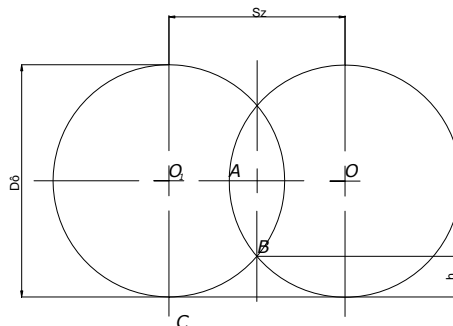


Рис. – 3 Висота нерівностей при фрезеруванні.

Нехай O і O_1 - два положення фрези діаметра D_ϕ , відповідні подачі на зуб S_z . Безпосередньо з креслення отримуємо

$$h = R_z = BC = AC - AB = \frac{D_\phi}{2} - \sqrt{\frac{D_\phi^2}{4} - \frac{S_z^2}{4}}$$

За аналогією з (2), отриманий вираз може бути з достатньою точністю замінено наступним:

$$h = R_z = \frac{S_z^2}{4D_\phi} \quad (5)$$

Таким чином, розрахункові нерівності при точінні і фрезеруванні визначаються величинами подачі, кутів у плані, діаметра фрези і радіуса вершини.

Проте дійсні розміри і форма мікронерівностей значно відрізняються від розрахункових. Це викликано спільною дією таких процесів, як пластична течія матеріалу із зони первинної деформації в бік вершин мікронерівностей; коливання деталі та інструменту під час різання; утворення і зриви наросту; зношування контактних майданчиків інструменту та інші. Одним з найбільш активно виявляючих себе процесів є наростоутворення. Його вплив на формування мікронерівностей можна охарактеризувати наступним чином. У результаті адгезійної взаємодії на контактних майданчиках утворюється нарід. Поступово він збільшує свої розміри і все більше впроваджується в оброблювану заготовку нижче нормальної лінії зрізу.

Це збільшує опір запровадженню, зароджується тріщина руйнування. При руйнуванні наросту він поділяється на три частини - одна з них міцно скріплена із стружкою і несеться з нею, друга залишається на передній поверхні і служить основою для формування нового наросту, а третя залишається на обробленій поверхні і впливає на розташування та розміри мікронерівностей, утворюючи характерну лускатість.

Наростоутворення в значній мірі пояснює вплив швидкості різання на шорсткість. При малих швидкостях різання, коли нарід відсутній, висота мікронерівностей невелика. При збільшенні швидкості висота наросту зростає, і разом з нею зростає висота мікронерівностей, досягаючи максимуму в зоні найбільш інтенсивного наростоутворення. Далі нарід зменшується, викликаючи зменшення шорсткості. Після зникнення наросту відзначається її подальше зниження, що обумовлено зменшенням обсягу пластичної деформації з середнього коефіцієнта тертя на майданчиках контакту. Якщо оброблюваний матеріал не схильний до наростоутворення, висота мікронерівностей монотонно зменшується із зростанням швидкості різання, хоча ступінь цього зменшення і невелика.

Коли швидкість різання досягає 120-150 м/хв, вона в більшості випадків практично перестає впливати на шорсткість.

Подача, кути в плані, діаметр фрези, радіус вершини впливають на висоту мікронерівностей, як показано в формулах (1) - (5): при зменшенні подачі, кутів ϕ і ϕ_1 і збільшенні радіуса r і діаметра D_ϕ шорсткість зменшується. Слід зазначити, що, крім суто геометричного впливу, тут дається взнаки дія цих параметрів на наростоутворення.

Глибина різання (ширина зрізу) і передній кут інструменту значного впливу на висоту мікронерівностей не роблять. З підвищенням твердості і міцності оброблюваного матеріалу і зниженням його пластичності шорсткість зменшується внаслідок зниження середнього коефіцієнта тертя та обсягу пластичної деформації і меншої інтенсивності наростоутворення.

Вплив технологічного середовища на шорсткість обробленої поверхні проявляється в першу чергу в зміні інтенсивності наростоутворення і величини середнього коефіцієнта тертя внаслідок утворення на контактних майданчиках інструменту мастильних плівок. У результаті їх часткового або повного зникнення при високих швидкостях різання дія технологічного середовища слабшає, а відмінності в характері різних середовищ зникають.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Заготовка для проведення експериментів представляє з себе набір дисків рівного діаметра і товщини, закріплених на оправці зі шпонкою. Між дисками встановлені розпірні втулки, затиск проводиться гайкою. На торцях дисків набиті номери. Кожен дослід виконується на одному якому-небудь диску. При почерговому виконанні дослідів та перехід з одного диска на інший їх номери необхідно фіксувати і разом з умовами проведення дослідів заносити до протоколу.

Різці мають однакові геометричні параметри за винятком кутів у плані. Величина кутів контролюється вимірювальними приладами. Перед початком роботи слід ознайомитися з обладнанням і приладами, виміряти кути різця, переконатися в старанності закріплення заготовки і різців у верстаті, в наявності заземлення профілометра. До початку дослідів диски проточують при постійному режимі різання, забезпечуючи рівність їх діаметрів, щоб виключити вплив попередньої обробки на формування мікронерівностей. Після цього проводяться серії дослідів.

У першій серії визначається залежність R_z від головного кута в плані при постійній швидкості різання $V \approx 100$ м/хв і подачі $S = 0,52$ мм/об. Використовуються різці з головними кутами в плані $\varphi = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$. $\varphi_1 = 10^\circ$.

Друга серія дослідів встановлює залежність параметра R_z від допоміжного кута в плані φ_1 при постійній швидкості різання $V = 100$ м / хв, подачі $S = 0,52$ мм/ об і головному вугіллі в плані $\varphi = 45^\circ$. Використовуються різці з допоміжними кутами в плані $\varphi_1 = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$.

Третя серія дослідів встановлює залежність R_z від подачі при постійній швидкості $V \approx 100$ м/хв і головному вугіллі різця в плані $\varphi = 45^\circ$. Значення подач приймаються рівними $S = 0,084; 0,14; 0,26; 0,52; 0,95$ мм / об., $\varphi_1 = 10^\circ$.

Четверта серія дослідів встановлює залежність впливу радіуса при вершині різця r на параметр R_z при постійній швидкості різання $V = 100$ м/хв, подачі $S = 0,52$ мм /об, кутах в плані $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$. Радіуси при вершині різця $r = 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0$ мм.

У п'ятій серії дослідів визначається залежність R_z від швидкості різання при постійній подачі $S = 0,52$ мм/об і головному вугіллі різця в плані $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$. Значення швидкостей різання приймаються рівними $V = 2, 20, 50, 100, 150$ м/хв.

Необхідні частоти обертання заготовки (об/хв) підраховуються до проведення дослідів за формулою $n = 1000V/\pi D$, де D - діаметр диска. Потім підбирається найближча наявна на верстаті частота обертання шпинделя, яка перевіряється тахометром і підраховується дійсне значення швидкості різання. Це значення записується до протоколу.

Для теоретичного дослідження впливу швидкості різання V на параметр R_z , перетворимо вираз (1) до наступного вигляду

$$h = R_z = \frac{S_m \pi D \sin \varphi \sin \varphi_1}{1000V \sin(\varphi + \varphi_1)} \quad (6)$$

де, S_m - хвилинна подача, мм / хв.

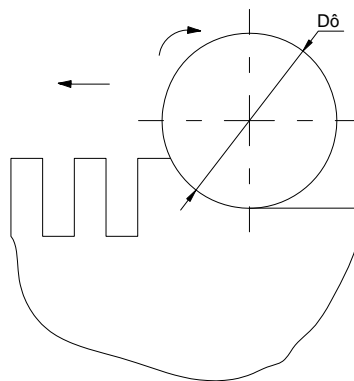


Рис. 4 – Схема заготовки

Глибина різання приймається постійною, хвилинна подача $S_m = 72,8$ мм/хв, діаметр оброблюваної заготовки $D = 100$ мм.

При фрезеруванні, заготовка для проведення експериментів представляє гребінцеву поверхню (рис. 4). На торцях виступів набиті номери. Кожен дослід виконується на одному якому-небудь виступі. При почерговому виконанні дослідів та перехід з одного виступу на

інший їх номери необхідно фіксувати і разом з умовами проведення дослідів заносити до протоколу.

Перед початком роботи поверхня фрезерується при постійному режимі різання, щоб виключити вплив попередньої обробки на формуванні мікронерівностей.

У першій серії дослідів визначається залежність параметра Rz від діаметра фрези D_{ϕ} при постійній швидкості різання $V = 55$ м/хв і подачі $S_z = 0,05$ мм / зуб. Використовуються фрези діаметром $D_{\phi} = 63, 80, 100, 125, 160$ мм.

Друга серія дослідів встановлює залежність параметра Rz від подачі на зуб S_z при постійній швидкості різання $V = 55$ м / хв і діаметрі $D_{\phi} = 100$ мм. Значення подач приймаються рівними $S_z = 0,05; 0,12; 0,2; 0,3; 0,4$ мм / зуб.

Третя серія дослідів встановлює залежність Rz від швидкості різання при постійній подачі $S_z = 0,12$ мм / зуб і діаметрі фрези $D_{\phi} = 100$ мм, $z = 12$. Значення швидкостей різання приймають рівними $V = 55, 68; 145; 170; 210$ м / хв.

Для теоретичного дослідження впливу швидкості різання V на параметр Rz при фрезеруванні, перетворимо вираз (5) до наступного вигляду

$$R_z = \frac{S_m^2 \pi^2 D_{\phi}}{4 \cdot 10^6 V^2 Z^2} \quad (7)$$

де S_m - хвилинна подача.

У даній серії експериментів прийняти $S_m = 182$ мм/хв.

Пристрій профілометра моделі 183. На плиті 1 (рис. 5) встановлена і жорстко закріплена колонка 5, всередині якої знаходиться ходовий гвинт, що переміщає кронштейн 4. Обертання гвинта здійснюється маховичком 6. До кронштейна 4 кріпиться привід 7, в штоку 17 якого встановлюється на шарнірі датчик-механотрон 3. На щупі датчика закріплена алмазна голка з радіусом закруглення 10 мкм і твердосплавна опора. Переміщення по вимірюваній поверхні здійснюється приводом.

Датчик і привід кабелями з'єднуються з електронним блоком 10. На передній панелі блоку розташований показуючий прилад 14, тумблер включення мережі 15, сигнальні лампи 11 і 16, перемикач меж вимірювань 13, кнопка пуску ходу датчика 12.

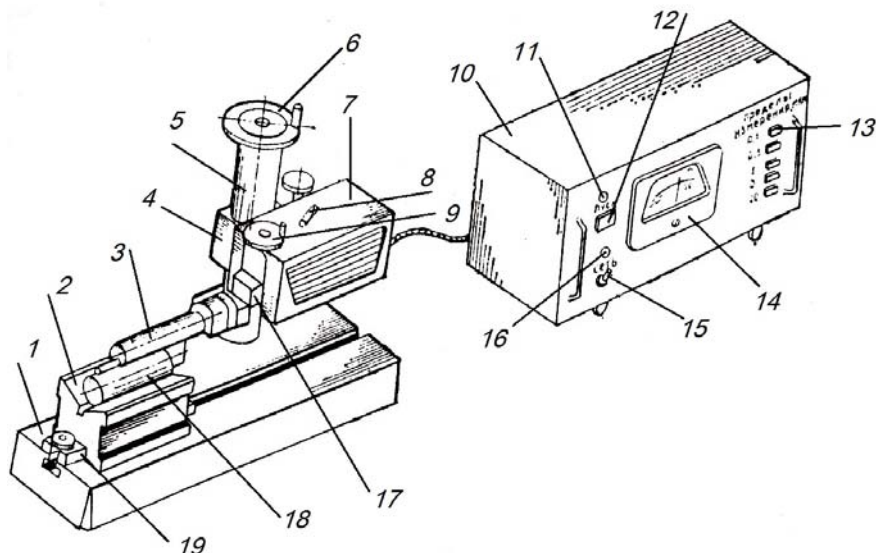


Рис. 5 – Профілометр 183

Робота на профілометри здійснюється наступним чином. Деталь 18 встановлюється в призмі 2, яка кріпиться до плити 1 двома затискними гвинтами 19. Прилад включається в мережу тумблером 15, після включення повинна спалахнути сигнальна лампа 16. Кронштейн 4 із приводом 7 і датчиком 3 підводиться до деталі маховичком 6 і опускається на вимірювану поверхню деталі маховичком 9 до тих пір, поки не співпадуть трикутні значки на планці датчика і штоку 17 приводу. Після цього положення датчика стопориться. На

перемикачі меж вимірювання натискається кнопка передбачуваного діапазону шорсткості вимірюваної поверхні. Важелем 8, розташованим на приводі, встановлюється необхідне відсічення кроку. При цьому слід враховувати, що переміщення датчика при відсіченні кроку 0,25 мм дорівнює 2 мм, а при відсіченні кроку 0,8 мм - 6,4 мм. Натискається кнопка 12 пуску ходу датчика, при цьому повинна загорітися сигнальна лампа 11, яка свідчить про рух датчика. Після зупинки датчика (сигнальна лампа згасне) проводиться відлік величини R_a за шкалою показуючого приладу 14.

У тому випадку, коли стрілка показує приладу йде за межі шкали або не доходить до робочої ділянки, необхідно вибрати більш високу або більш низьку межу вимірювання, натиснути відповідну кнопку на електронному блоці і повторити вимір.

Попередня перевірка роботи профілометра проводиться по еталонному зразку шорсткості, що входить в комплект приладу. Виміри проводяться в трьох перерізах кожного диска, результати вимірювань заносяться до протоколу. Після цього слід визначити середнє значення величини R_a в кожній експериментальній точці і побудувати графіки залежності, $R_a = f(\varphi, \varphi_1, S, V, r, D_\phi, Sz)$. За формулами (1) - (7) визначається розрахункова висота мікронерівностей і порівнюється з експериментальною (при цьому слід приймати $R_a \approx 0,25 R_z$).

ЗАВДАННЯ

У звіті необхідно відобразити: умови проведення дослідів (верстат, інструмент, оброблюваний матеріал); результати дослідів; побудувати графіки залежностей $R_a = f(\varphi, \varphi_1, S, V, r)$ при точінні і $R_a = f(V, D_\phi, Sz)$ при фрезеруванні; порівняти результати експериментів з розрахунковими; зробити висновки.

Протокол лабораторної роботи

Вплив різних факторів на шорсткість обробленої поверхні при точінні і фрезеруванні

Умови проведення дослідів

Модель верстата

Матеріал ріжучої частини інструменту

Геометричні параметри інструменту

Глибина різання

Результати вимірювань (записуються за формою, наведеною нижче по кожному пункту окремо):

- вплив зміни головного кута в плані на величину R_a ;
- вплив зміни допоміжного кута в плані на величину R_a ;
- вплив зміни подачі на величину R_a ;
- вплив зміни радіуса при вершині різця на величину R_a ;
- вплив зміни швидкості різання при точінні на величину R_a ;
- вплив зміни діаметра фрези на величину R_a ;
- вплив зміни подачі при фрезеруванні на величину R_a ;
- вплив зміни швидкості при фрезеруванні на величину R_a .

Графіки залежностей. Результати порівняння експериментальних і розрахункових значень R_a .

Висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Мета роботи. Ознайомлення з методами вимірювання температури в зоні різання; придбання навичок визначення температури в зоні різання, обробки експериментальних даних і отримання емпіричних залежностей; встановлення впливу на середню контактну температуру зони різання швидкості, подачі та глибини різання.

Обладнання. токарно-гвинторізний верстат, заготовка ізольована; різці токарні прохідні; прилади для вимірювання кутів різця; пристрій для вимірювання температури різання методом природної термопари; мілівольтметр; тахометр; штангенциркуль.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Одним з головних чинників, що визначає характер і результат процесу різання, є теплота, що утворюється в зоні різання. Закони теплоутворення пояснюють цілий ряд явищ, пов'язаних із стійкістю інструмента і якістю обробленої поверхні. Щоб правильно використовувати ріжучий інструмент, необхідно знати ці закони. Основними джерелами виникнення теплоти при різанні металів є:

1. робота, що витрачається на деформації в зрізаному шарі і в поверхневих шарах деталі, $A_{\text{деф}}$;

2. робота, що витрачається на подолання тертя по передній і задній поверхнях інструменту, $A_{\text{т.пп.}}$, $A_{\text{т.зп.}}$.

Сумарна робота, витрачена на процес різання, буде дорівнювати

$$A = A_{\text{деф}} + A_{\text{т.пп.}} + A_{\text{т.зп.}}$$

Робота різання, вироблена за одну секунду, дорівнює:

$$W = P_z V,$$

де P_z -сила різання, Н; V -швидкість різання, м/с. Встановлено, що практично вся механічна робота різання (99,5%) переходить в теплоту, отже, кількість тепла, що виділяється при обробці різанням за 1с

$$q = P_z v$$

Невелика частина роботи переходить в потенційну енергію спотвореної кристалічної решітки деформованих зерен металу (поглинена енергія деформації). Це пов'язано з тим, що стружка, оброблена поверхня та поверхні інструменту які труться, наклепуються. Тому більш точно формулу можна виразити так:

$$W = P_z v \alpha,$$

де α -коефіцієнт, що враховує зазначені втрати, незначні за величиною. Зазвичай цими втратами нехтують. Отже, загальна кількість тепла, що виділилася при різанні, залежить від деформації шару який зрізається і тертя на контактних майданчиках передньої і задньої поверхонь інструмента. Новоутворена в процесі різання теплота відходить разом зі стружкою, поширюється в деталь, різець і навколишнє середовище. Рівняння теплового балансу при різанні буде мати наступний вигляд:

$$Q = Q_{\text{деф}} + Q_{\text{т.пп.}} + Q_{\text{т.зп.}} = Q_c + Q_d + Q_{\text{ін.}} + Q_{\text{н.сер.}}$$

де $Q_{\text{деф}}$, $Q_{\text{т.пп.}}$, $Q_{\text{т.зп.}}$ - відповідно теплота, що виділилася в результаті роботи деформації, тертя по передній поверхні інструмента, тертя по задній поверхні інструмента; Q_c , Q_d , $Q_{\text{ін.}}$, $Q_{\text{н.сер.}}$ - відповідно теплота, що розповсюджується в стружку, деталь, інструмент, навколишнє середовище. Дослідним шляхом встановлено, що $Q_{\text{деф}}$ становить приблизно 55%, $Q_{\text{т.пп.}}$ - 35%, $Q_{\text{т.зп.}}$ - 10%. При невисоких швидкостях різання (30 ... 40 м / хв) Q_c складає приблизно 60 ... 70%, Q_d 30 ... 40, $Q_{\text{ін.}}$ - 3%.

Якщо швидкість різання значно підвищується, то тепло, яке утворилося в зоні різання, не встигає розповсюдитися по деталі та інструменту, а несеться стружкою. Наприклад, при $V = 400 \dots 500$ м / хв, Q_c становить 97 ... 98%, $Q_{\text{ін.}}$ - 1%. На розподіл тепла значно впливає теплопровідність оброблюваного металу. Наприклад, при обробці титанових сплавів $Q_{\text{ін.}} = 10 \dots 20\%$. Ступінь концентрації теплоти в різних ділянках виробу, стружки та інструменту

різна. Велика кількість тепла концентрується в певних зонах, сильно підвищує їх температуру. Тому різні точки робочих поверхонь інструмента, стружки і деталі мають різну температуру, що доходить до декількох сотень градусів. Утворюються температурні поля. Висока температура змінює властивості металу і визначає фактичну зносостійкість інструментального матеріалу. Температурні деформації деталі знижують точність обробки. Тому важливо знати, які виникають температури в різних умовах різання і який характер їх розподілу при зміні умов роботи. Залежності для розрахунку температури різання виводяться двома шляхами:

- а) визначаються теоретично на основі теорії теплопередачі;
- б) знаходяться емпіричні формули шляхом безпосереднього вимірювання температури при зміні умов різання.

Таким чином, на основі теоретичних і експериментальних досліджень можна показати залежність температури різання, а також температури ріжучого інструмента і оброблюваної деталі від різних факторів. Для визначення температури різання і температури нагріву різця, стружки та заготовки застосовують такі методи: термопар (штучної, напівштучної, природної); фотоелектричний; термочутливих фарб; метод вимірювання мікротвердості; калориметричний; кольорів мінливості. Найбільш широко застосовуються методи вимірювання температури за допомогою термопар. Відомо, що якщо нагріти місце спаю різних металів, залишаючи при цьому вільні кінці при більш низькій температурі, на кінцях провідників виникає термо ЕРС; величина якої залежить від різниці температур спаю і більш холодних кінців. Замикаючи ланцюг через мілівольтметр, можна виміряти величину термо ЕРС. Такий ланцюг називається **термоелектричним**.

Метод штучної термопари полягає в тому, що в різці просвердлюється отвір малого діаметру, який не доходить до будь-якої точки передньої або задньої поверхні різця приблизно на 0,2 ... 0,5 мм, в який вставляється ізолювана термопара (часто мідь - константан). Температура в точці дотику термопари і різця реєструється включеним в ланцюг термопари гальванометром. Цей метод дає можливість визначити температуру різних точок на передній і задній поверхнях різця, на поверхні стружки (рис. 1), тобто знайти температурне поле.

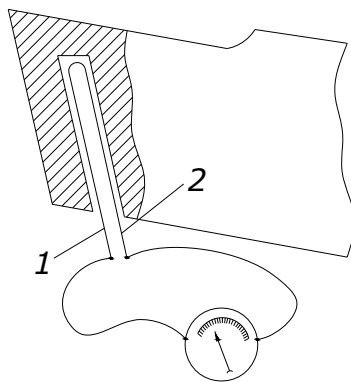


Рис. 1 – Визначення температури різання методом штучної термопари:
1-мідь; 2-константан.

Недоліком його є складність пристрою і неможливість визначити найвищу температуру, так як вимірювання температури фактично здійснюється не на поверхнях контакту різця і стружки, а на деякій відстані від них.

У методі напівштучної термопари одним з елементів служить сам різець, а іншим - є константановий дріт, простягнутий через наскрізний отвір у різці та ізолюваний від стінок отвору. Такий дріт виводиться через отвір на передню або задню грань інструменту, де і розклепується (рис. 2).

Метод напівштучної термопару дає більш точні результати, але, забезпечуючи вимірювання температур в даних точках поверхні, не дає можливості вивчити закономірності впливу елементів режиму різання на найвищу температуру процесу різання. Різець допускає малу кількість переточувань. При використанні методу напівштучної термопару елементом термопару може служити також деталь. При обробці деталі дріт перерізується і виходить нагрітий контакт його з деталлю. Можна також використовувати термопару, що складається з ізолюваного від деталі, закладеного в роз'їм деталі дроту та інструменту.

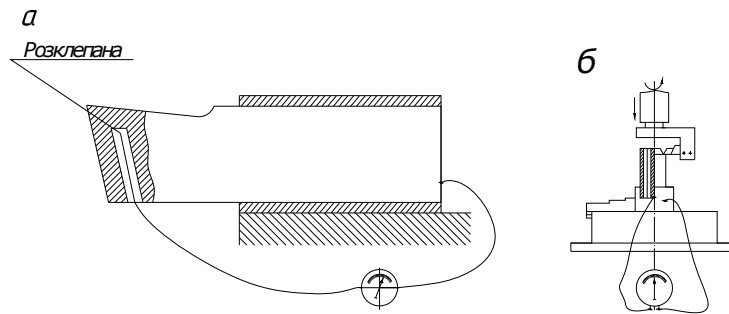


Рис. 2 – Вимір температури різання методом напівштучної термопару: а-різець-константан; б - деталь-константан

Штучні та напівштучні термопару можуть бути притискними, затисними, перерізними і бігучими. Прикладом притискної термопару є ковзна термопара хромель - алюмель або платина - платинородій, закріплена на підставці з твердого сплаву, підведена до торкання зі стружкою (рис.3).

Затиснені термопару закладаються в канавки, виготовлені в роз'їмні інструменту або деталі, після чого половинки інструменту або деталі скріплюють до повного зіткнення. Провідники термопару додатково ізолюють.

Перерізні та бігучі термопару використовуються для вивчення законів розподілу температур на кромках і контактних поверхнях інструменту. Прикладом використання перерізних термопар є пристрої, показані на рис. 4, 5. Дві половини виробу ретельно обробляються по площині роз'їмну 1-1. В канавки одній з половин закладаються ізолювані провідники 1 і штучні термопару 2. Ретельна підготовка площин роз'їму забезпечує защемлення провідників, безударну роботу інструменту і плавне перерізання провідника. При перерізанні провідників вони контактують з виробом і інструментом, утворюючи напівштучні термопару, які реєструють температури різних точок ріжучої кромки інструменту.

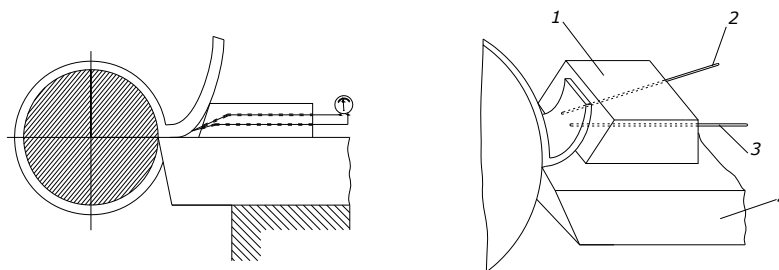


Рис. 3 – Вимірювання температури стружки за допомогою ковзаючої термопару: 1- твердосплавна підставка; 2-платина; 3 - платинородій; 4 -різець

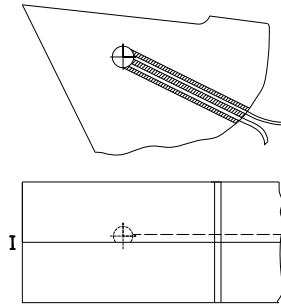


Рис. 4 – Схема установки притискної термопары в різці

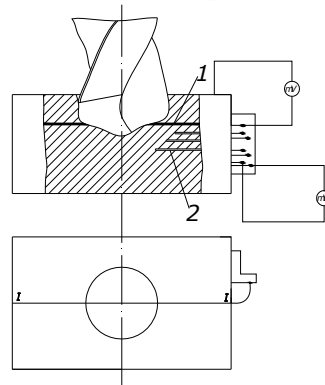


Рис. 5 – Схема пристрою перерізної і штучними (2) термопарами при дослідженні температури в процесі свердління

Штучні термопари реєструють температуру різних точок виробу.

Принципова схема бігучої термопары представлена на рис.6., деталь має гребені у формі спіралі. У них свердлять отвори діаметром 15 ... 0,7 мм, в які вставляють захисні трубки з двома ізолюваними провідниками термопары.

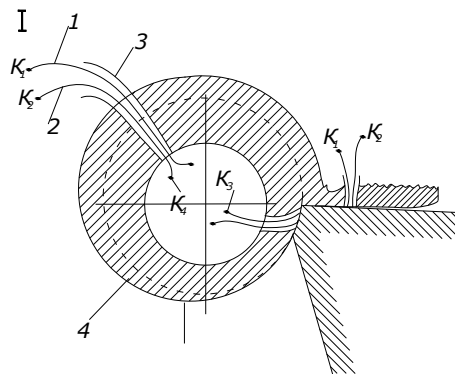


Рис. 6 – Схема вимірювання температури бігучою термопарою: 1,2-електроди термопары; 3-захисна трубка, 4-деталь; k_1, k_2, k_3, k_4 - контакти термопар

Трубка з оброблюваного або близького до нього за властивостями матеріалу захищає провідники від передчасного замикання. При перерізанні різцем трубки провідники замикаються і на поверхні різання утворюється крапкова термопара, яка рухається разом з прирізцьовим шаром стружки по передній поверхні, що дозволяє записати розподіл температури по довжині контакту. Ділянки провідників, що залишилися в заготовці, дозволяють визначити розподіл температури спочатку по задній грані, а потім температуру поверхні різання.

У методі природної термопары елементами термопары служать деталь і різець, які, будучи різнорідними металами, в процесі різання мають сильно нагрітий контакт, який є спаяем цієї термопары. Кінці різця і деталі мають значно нижчу температуру. Одна з поширених схем природної термопары наведена на рис.7. Заготовка 7 ізолюється від верстата за допомогою діелектричних прокладок і текстолітової вставки 2 в деталь, на яку спирається

задній центр верстата. Різець 3 ізолюється від різцетримача верстата за допомогою прешшпанових і текстолітових прокладок 4. Для замикання контакту з деталлю в заготовку вставляється стержень 6, діаметр якого менше, ніж отвір в шпинделі. Цей стержень при виході зі шпинделя проходить через текстолітову втулку 8, щоб уникнути зіткнення із шпинделем. На кінці стержня встановлений струмознімач 7, який забезпечує надійне замикання обертаємої та нерухомої ділянок кола, що виникають в процесі різання. Термо ЕРС реєструється гальванометром 5. Для усунення додаткових паразитних термопар, що виникають у місцях стику деталей верстата з заготовкою, різець і заготовку ізолюють від верстата. При дослідженні, не вимагають високої точності, установка може бути значно спрощена. Деталь не ізолюють від верстата, вважаючи, що роль виникаючої додатково термопари незначна через слабе розігрівання заднього центру в порівнянні з різцем. У зв'язку з цим дріт, який раніше приєднувався до деталі, можна приєднати до будь-якої точки верстата.

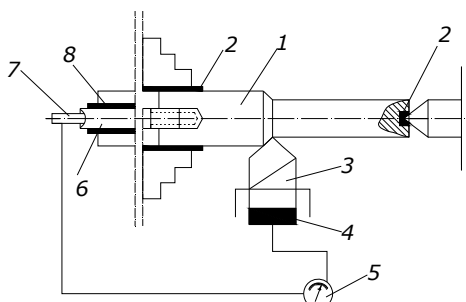


Рис. 7 – Схема вимірювання температури різання методом природної термопари

Метод природної термопари простий. Його недоліком є хибність і необхідність тарування при кожній зміні матеріалу деталі або інструмента. Природна термопара вимірює деяку середню температуру, тоді як на майданчику контакту стружки і передній грані інструмента в процесі різання розвивається різна температура в різних точках контакту. Відношення цієї середньої температури до найвищої непостійне.

Природні термопари можуть також застосовуватися і для вимірювання середніх температур на кожному з контактних майданчиків окремо і для вивчення закону розподілу температур на поверхні зіткнення стружки з різцем. Прикладом такого пристрою є розрізний різець (рис. 8)

Він складається з пластин 1 та 2, закріплених в державці. Одна з пластин – з діелектрика (мінералокераміка), друга – з струмопровідного матеріалу. Міняючи пластини місцями при $f \approx 0$, в процесі різання можна виміряти середні температури на кожній з контактних поверхонь окремо. Застосовуючи різці з різними розмірами фаски f на пластині з діелектрика, можна виміряти середні температури на окремих ділянках передній поверхні інструмента зі стружкою і скласти уявлення про закон розподілу температур на цьому контактному майданчику. Але при цьому допускається ряд похибок якщо зрівняти з реальним процесом різання, зокрема, змінюються умови різання на передній поверхні, інтенсивність і напрямок теплових потоків через відмінності у властивостях використовуваних інструментальних матеріалів.

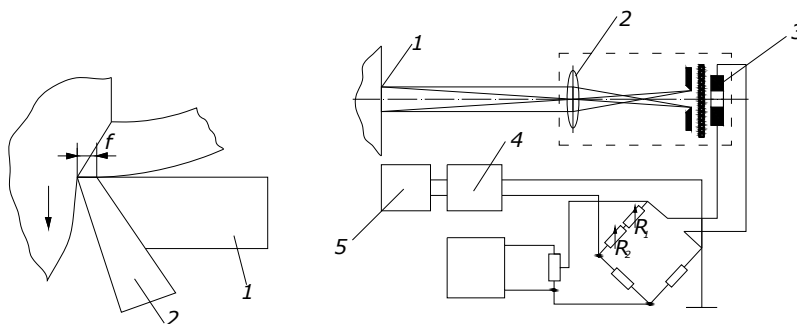


Рис. 8 – Розрізний різець

Мал.9 Схема фотоелектричного пірометра для вимірювання температури інструмента, деталі й стружки

Фотоелектричний метод вимірювання температури в зоні різання (рис.9) заснований на принципі збирання променевипускаємого тепла з ділянки нагрітої поверхні 1 за допомогою лінз 2 і спрямування його на фотоопір 3. Під дією теплового випромінювання в фотоелементі виникає струм, який підсилюється підсилювачем 4 і реєструється вимірювальним пристроєм 5. Фотоелектричний метод дозволяє вимірювати температуру різних ділянок зони різання і визначати температурні поля на передній і задній поверхнях різця.

Недоліками методу є складність конструкції пристрою і вплив окисних плівок, що з'являються в процесі різання на досліджуваних поверхнях, на точність показань.

Методом вимірювання мікротвердості можна отримати наближене температурне поле поверхонь інструмента. Цей метод заснований на тому, що нагрівання інструментальних матеріалів (швидкорізальної сталі вище 550°C, твердого сплаву вище 900°C) веде до зниження їх мікротвердості, а величина зниження при однаковому часу пропорційна температурі. Метод дає значні похибки.

Калориметричний метод використовують для визначення всієї кількості тепла, що виділяється в процесі обробки різанням, а також для визначення тепла, що переходить у стружку або інструмент. Вловлюючи в калориметр гарячу стружку, знаючи масу стружки і води в калориметрі та зміну температури води, можна визначити середню температуру стружки (рис.10). Є також калориметри, в які занурюють деталь і інструмент.

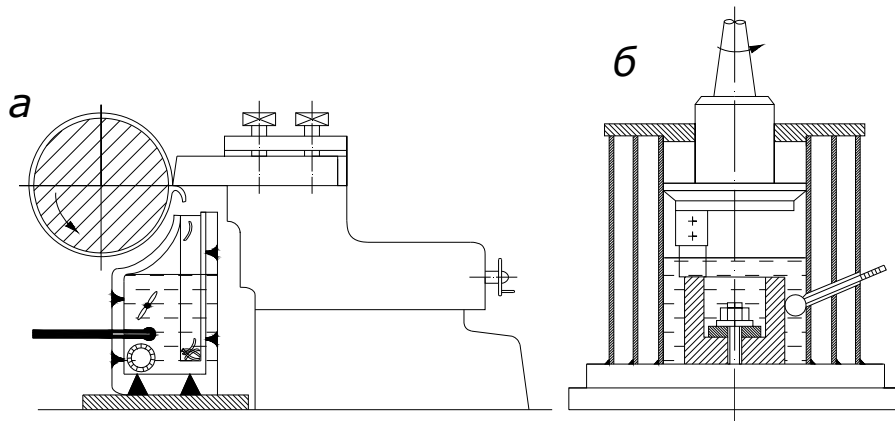


Рис. 10 – Схеми калориметрів: а - для визначення середньої температури стружки, б - для визначення загальної кількості тепла яке виділилося при різанні

Методом термочутливих фарб можна визначати максимальні значення температур сходячої стружки на її поверхнях, що не стикаються з різцем. Метод простий, але не дозволяє визначати температуру сильно нагрітих поверхонь.

Можна приблизно реєструвати рівень температури на різці, фіксуючи момент плавлення дротів діаметром 0,5 ...1 мм з олова (231°C), свинцю (327°C), цинку (419°C), алюмінію (660°C), міді (1083°C), щільно вставлених в радіально просвердлені отвори оброблюваної заготовки.

Тарування термопар. Більшість методів, використовуваних в даний час для вимірювання температури різання, фіксують не безпосередні значення температур, а параметри електричного кола, наприклад, напруга (мВ).

Для того, щоб перейти від показань у мілівольтах до градусів, кожен пристрій має бути протарировано з тим приладом, який буде включений у його ланцюг при вимірах температури. Тарування термопарі заключається в тому, що визначається відповідність значень температури показанням мілівольтметра, ввімкненого в ланцюг термопарі. Для цього зміщують спай термопарі в середу, температура якої відома, і фіксують свідчення мілівольтметра, що відповідають різним температурам. Потім будується тарувальних графік, за яким розшифровуються свідчення мілівольтметра термопарі після проведення дослідів. Температура холодних кінців при таруванні повинна бути такою ж, як в процесі роботи.

Правильна методика тарування забезпечує достовірність результатів експериментів. В даний час найбільш поширені два методи тарировки термопар. При таруванні природної термопарі першим методом в металеву ванну (зі свинцю, олова, сурми), що підігрівається будь-яким джерелом тепла, вставляються застосовуваний при досліді різець і стружка від оброблюваної заготовки (або стержень з матеріалу заготовки). Вони не спаюються, але є як би термопарою. У цю ж ванну в безпосередній близькості від зазначеної термопарі вводиться так звана "контрольна" термопара з проградуєваною раніше гальванометром (рис. 11). Під час підігрівання і охолодження ванни через певні проміжки часу реєструються температура, що вказується "контрольною" термопарою, і показання гальванометра тарированої термопарі. За отриманими результатами будується графік, що показує значення температури, відповідні різним показникам гальванометра тарированої термопарі (рис.12).

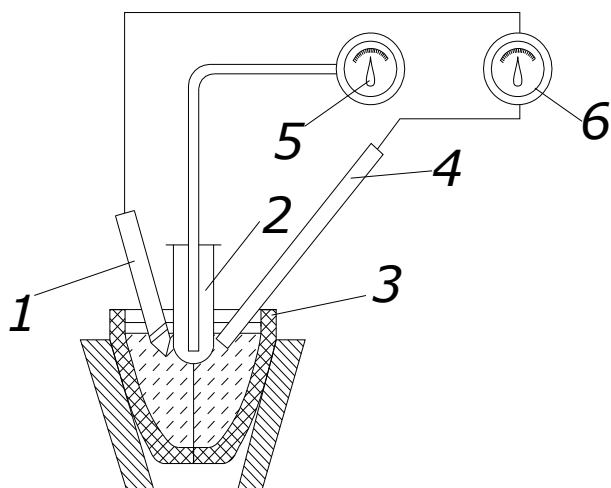


Рис. 11 – Схема тарировки природної термопарі

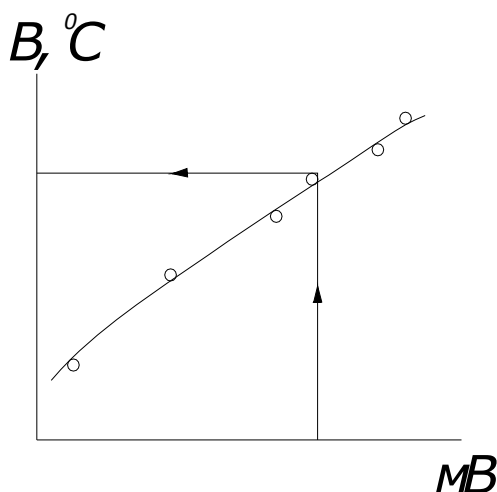


Рис. 12 – Тарировочний графік в розплавленому металі:
 1-різець, 2-контрольна термопара,
 3-тигель, 4-пруток,
 5,6-реєструючих прилади

Цей метод тарування не відтворює дійсних умов роботи різця, так як не забезпечує однакові площі контакту оброблюваного металу з різцем. При таруванні температура контактної поверхні постійна, між тим як на площі контакту стружки і передньої поверхні інструменту в процесі різання розвивається різна температура. Таким чином, вимірювана при

таруванні термопари температура є усередненою. При другому методі (рис. 13) пластина 1 з матеріалу інструменту наводиться в щільний контакт з нагрівачем 3 у вигляді ніхромової пластини. З іншого боку до нагрівача притискається стержень з оброблюваного металу 2. До нагрівача приварені дві тонкі пластинки, які становлять собою розплющені кінці проводів з міді і константану. Вони утворюють контрольну термопару 8. Нагрівання ніхромової пластинки 3 здійснюється змінним струмом через трансформатор 4. Для регулювання температури нагріву служить реостат 5. Температуру пластини нагрівача реєструють контрольним гальванометром 7. Відповідні певним температурам нагрівача і торців таріруемой термопари термоЕРС реєструються мілівольтметром 6. За отриманими даними будується тарувальних графік.

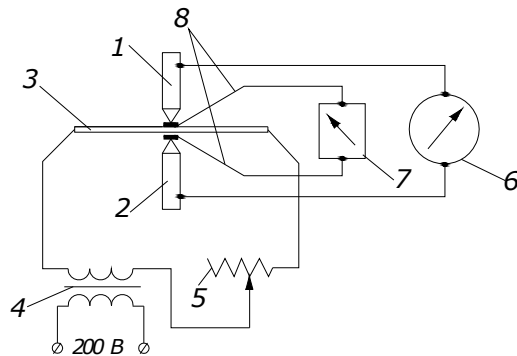


Рис. 13 – Схема контактного способу тарировки термопар

У процесі експериментального дослідження температур можна знайти ліричні розрахункові залежності виду

$$Q = f(V, a, b, k_m, k_{ин}, \gamma, \alpha, \varphi, h, h_{охол})$$

де b - ширина, a - товщина шару, що зрізується; V - швидкість різання; k_m - коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу; $k_{ин}$ - коефіцієнт, що враховує властивості інструментального матеріалу; γ, α, φ - геометричні параметри інструменту; h - знос інструменту; $h_{охол}$ - коефіцієнт, що враховує умови охолодження. Оцінюючи вплив різних чинників на температуру різання, потрібно виходити з того, як цей фактор з одної сторони впливає на кількість тепла, що виділяється, а з іншої - на вхід тепла із зони різання.

Кількість тепла (Вт), що виділяється при різанні за одиницю часу залежить від роботи різання: $Q = P_z V$.

Зміна швидкості різання впливає на температуру різання більше всіх інших факторів. Якщо б зі зміною швидкості сила різання не змінювалася, робота різання і кількість тепла, що виділяється зростали б прямопропорційно. Але зі збільшенням швидкості сила різання трохи зменшується. Тому зі збільшенням швидкості різання робота різання та залежна від неї кількість тепла, що виділяється збільшуються, але їх зростання відстає від зростання швидкості різання.

З іншого боку, чим вище швидкість різання, тим більша частка тепла несеться стружкою, не встигаючи поширюватися на інструмент і деталь. У результаті, чим вище, швидкість різання, тим меншою мірою зростає температура різання. Крива залежності $\Theta = f(V)$ асимптотично наближається до лінії температури плавлення. При точінні сталей

$$\Theta = C_v V^z, z \approx 0.3 \dots 0.5$$

Зі збільшенням ширини зрізаного шару прямопропорційно зростає сила різання, а також робота різання і кількість тепла, що виділяється. Але в такій же мірі зростає ширина контакту інструменту зі стружкою і деталлю, тобто навантаження на одиницю довжини ріжучої кромки не збільшується, умови тепловідведення поліпшуються. У зв'язку з цим температура різання зі збільшенням ширини зрізаного шару незначно зростає. Для сталей

$$\Theta = C_b b^x, x \approx 0, 1$$

Зі збільшенням товщини шару, що зрізується, сила різання (за умови $b/a > 1$) зростає в меншому ступені. Отже, збільшення роботи різання і кількості тепла, що виділяється, відстає від збільшення товщини зрізу.

З іншого боку зі збільшенням товщини шару, що зрізується зсувається центр тиску стружки на різець, дещо збільшується площа контакту стружки з передньою поверхнею різця, що сприяє деякому гасінню тепловідведення. У зв'язку з цим при збільшенні товщини зрізаного шару зростання температури різання значно відстає від зростання товщини зрізу, навантаження на одиницю довжини ріжучої кромки збільшується. Тепловідведення поліпшується в меншій мірі, ніж при збільшенні ширини зрізу. Тому, незважаючи на те що кількість тепла при збільшенні товщини зрізу зростає менше, ніж при збільшенні ширини зрізу, через умови тепловідведення товщина зрізу впливає на температуру різання в значно більшому ступені - ширина зрізу (рис. 14). Для сталей

$$\Theta = C_a a^Y, Y \approx 0,2 \dots 0,3$$

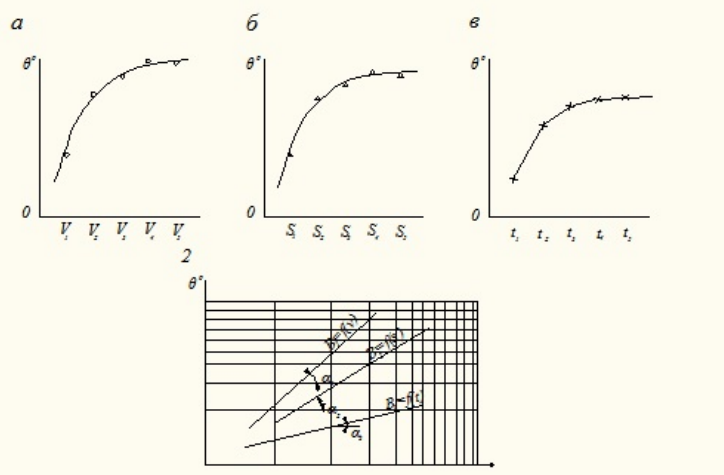


Рис. 14 – Типові графіки залежності температури різання від швидкості, глибини і подачі:
 а- $\Theta = f(V)$; б- $\Theta = f(S)$, в- $\Theta = f(t)$; г-логарифмічний графік залежності Θ від V, S, t

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

До початку роботи потрібно заміряти кути різців. Температура в зоні різання визначається методом природної термопари. Перед початком проведення дослідів слід переконатися в старанному закріпленні заготовки та інструменту, перевірити ізоляцію різця і деталі, правильність підключення мілівольметра. Для знаходження експериментальних залежностей у різанні металів необхідно провести експерименти при певних поєднаннях досліджуваних параметрів.

Вибір значення цих параметрів залежить від способу математичної розробки, використовуюваного в роботі. У разі використання методу багатофакторного експерименту досліді проводяться відповідно до матриці лагування експерименту (див. додаток).

Для визначення впливу елементів режиму різання на температуру різання методом однофакторного експерименту (див. додаток) необхідно провести три серії дослідів.

У першій серії встановлюється залежність температури від глибини різання. Робота проводиться за таких режимах $V=50$ м / хв; $S = 0,17$ мм / об; $t = 3,0; 2,3; 1,7; 1,3; 1$ мм.

У другій серії дослідів визначається залежність температури різання від подачі при незмінних інших умовах різання. Робота проводиться при наступних режимах: $V = 50$ м / хв; $t = 1,7$ мм; $S = 0,084; 0,12; 0,17; 0,23; 0,34$ мм / об.

У третій серії дослідів досліджується залежність температури різання від швидкості різання при незмінних інших умовах різання. Робота проводиться при наступних режимах: $S = 0,17$ мм / об; $t = 1,7$ мм; $V = 5; 10; 20; 60; 80; 150$ м / хв. Необхідні частоти обертання заготовки (об/хв) підраховуються до проведення дослідів за формулою:

$$n = 1000V/\pi D$$

де D - діаметр оброблюваної поверхні заготовки.

Потім підбирається найближча, наявна на верстаті частота обертання шпинделя, яка перевіряється тахометром, і підраховується швидкість різання, що здійснюється в досліді;

значення записуються в протокол звіту, для кожного прийнятого в досліді значення швидкості, подачі та глибини різання реєструються свідчення мілівольтметра і заносяться до протоколу звіту. Температура різання в градусах (відповідно до показань мілівольтметра) визначається за тарировочним графіком.

Експериментальні дані обробляються одним з математичних методів, наведених нижче.

У результаті обробки необхідно вивести рівняння

$$\Theta = C_{\Theta} t^x S^y V^z$$

і знайти чисельні значення коефіцієнта C_{Θ} і показників степеня. Отримані дані порівнюють з даними, наведеними в підручниках і конспектах, і роблять висновки про вплив швидкості різання, глибини і подачі на величину температури різання.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

У звіті необхідно відобразити умови і результати експериментів; результати тарировки і тарувальний графік; скласти графіки залежностей; обробити результати експерименту для отримання залежностей виду $\Theta = C_{\Theta} t^x S^y V^z$, зробити загальні висновки.

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Вплив різних факторів на температуру в зоні різання

Схема установки для вимірювання температури в зоні різання

Результати тарировки приладу:

№ пп	Показники мілівольтметра, мВ	Температура, ° С

Визначення залежності температури в зоні різання від елементів режиму

Умови проведення дослідів

Модель верстата

Матеріал ріжучої частини різця

Геометричні параметри різця

Оброблюваний матеріал

Результати вимірювань (записуються за формою, наведеною нижче по кожному пункту окремо):

а) вплив зміни швидкості різання на температуру в зоні різання;

б) вплив зміни подачі на температуру в зоні різання;

в) вплив зміни глибини різання на температуру в зоні різання;

№ пп	Частота обертання шпинделя, об/хв	Діаметр заготовки, мм	Швидкість різання, м/хв	Подача, мм/об	Глибина різання, мм	Показання мілів. мВ	Температура в зоні різання ° С

Графіки залежностей $\Theta = f(V, S, t)$ даних і отримання емпіричних залежностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аршинов В.А., Алексєєв Г.А. Різання металів і різальний інструмент. М., Машинобудування, 1976.
2. Глазова Г.А., Скобнікова К.М. Технологія металів та інших конструкційних матеріалів. М., Машинобудування, 1972.
3. Довідник технолога-машинобудівника, т.2 під редакцією Малова А.Н. М., Машинобудування, 1972.
4. Горбунов Б.І. Обробка металів різанням, металоріжучий інструмент і верстати. М., Машинобудування, 1981.
5. Довідник інструментальника. Гладілін О.М., Малевський Н.П. М., Машинобудування, 1973.
6. Абразивна і діамантова обробка матеріалів. Довідник. М., Машинобудування", 1977.
7. Ласкутов В.В. Шліфування металів. М., Машинобудування, 1979.
8. Терган В.С. Плоске шліфування. М., Вища школа, 1974.
9. Бобров В.Ф. Основи теорії різання металів. М., 1975.
10. Різання конструкційних матеріалів, ріжучі інструменти та верстати (Під ред. В. А. Кривоухова. М., 1967.)

Зіль Валерій Васильович
Безрукава Вікторія Анатоліївна

ТЕОРІЯ РІЗАННЯ
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

для студентів напряму підготовки
6.050502 Інженерна механіка

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 30.05.12. Формат 30x42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 3,7.
Обл.-вид. арк. 3,7. Тираж 50 прим. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49600, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19