

Міністерство освіти України
Дніпропетровський державний університет

Кафедра технологій виробництва

**Лабораторний практикум
з курсу
«Технологія машинобудування»**

Дніпропетровськ
ДДУ
1998

Містить лабораторні роботи з усіх розділів курсу «Технологія машинобудування»

Для студентів спеціальностей «Проектування та виробництво РКЛА», «Металорізальні верстати та системи», «Прикладне матеріалознавство» Фізико-технічного інституту ДДУ.

Темпплан 1998, поз. 75

Лабораторний практикум з курсу «Технологія машинобудування»

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Д. І. Шевчук
 канд. техн. наук, доц. В. С. Зєвако
 канд. техн. наук, доц. М. М. Убизький
 канд. техн. наук, доц. А. Г. Фесенко
викладач Ю. В. Ткачов

Редактор А. В. Колісник
Техредактор Л. В. Куценко
Коректор Л. В. Рожко

Підписано до друку 25.12.98. Формат 60x84 / 16. Папір друкарський.
Друк плоский. Умов. друк. арк. 2,5. Облік.-вид. арк. 2,64.
Тираж 100 прим. Замовлення №987.

Редакційно-видавничий відділ ДДУ, 320625, МСП,
м. Дніпропетровськ-10, пр. Гагаріна, 72.
Ротапринт ДДУ, 320060, м. Дніпропетровськ, вул. Козакова, 46

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ І КОНСТРУКЦІЇ

РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Мета роботи: вивчення геометрії і конструктивних особливостей токарного різця, спірального свердла й циліндричної фрези, а також конструкцій вимірювального інструмента, використаного при цьому.

Технологія виготовлення деталей конструкцій передбачає послідовне застосування різних технологічних засобів з метою надання оброблюваній заготовці необхідної форми і розмірів. Одним з таких засобів є механічна обробка заготовок різанням, яка здійснюється різальним інструментом на металорізальних верстатах. Для того, щоб цей процес був продуктивним і економічним, використовують різноманітні спеціальні різальні інструменти, що відрізняються розмірами та конструкцією. У даній лабораторній роботі розглядаються геометричні елементи трьох найпоширеніших видів різального інструмента: різця, свердла і фрези. При цьому необхідно відмітити, що основні конструктивні особливості різальної частини токарного різця в тій чи іншій мірі присутні в будь-якому іншому виді різального інструмента, який утворює при обробці деталі стружку.

ТОКАРНІ РІЗЦІ

Токарний різець є найпростішим видом різального інструмента, який використовується для зняття стружки з поверхні оброблюваної заготовки на токарних, стругальних та розточувальних верстатах. Токарні різці будь-якого призначення мають з'єднувальну частину у вигляді державки або корпуса і різальну частину, на якій розташовані різальні поверхні та кромки. Різальну частину виготовляють з інструментальних сталей, металорізальних твердих сплавів, неметалевих інструментальних матеріалів і прикріплюють до з'єднувальної частини. У різальній частині розрізняють такі елементи (рис.1): передня поверхня 1, по якій сходить зрізана стружка; задня поверхня (головна 2 і допоміжна 3, повернута до оброблюваної заготовки); головна різальна кромка 4, утворена передньою і головною задньою поверхнею, допоміжна різальна кромка 5, утворена перетином передньої і допоміжної задньої поверхні; вершина різця 6 сполучає головної і допоміжної різальної кромки.

Головна різальна кромка виконує основну роботу – різання, а допоміжна – формування оброблюваної поверхні. Так, на оброблюваній заготовці при зніманні стружки різцем розрізняють такі поверхні (рис. 2): оброблювана 1, з якої необхідно зрізати шар металу (припуск); оброблена 2 – по-

верхня заготовки (деталі), одержана після зняття стружки; поверхня різання 3 – поверхня, утворена різальною кромкою різця.

Для визначення кутів різця необхідно з'ясувати, які координатні площини утворюються при різанні (рис. 2). Перш за все це основна площаина 5, паралельна напрямкам поздовжньої і поперечної подач, а тож площаина різання 4, перпендикулярна основній і дотична до поверхні різання, утвореної головною різальною кромкою різця.

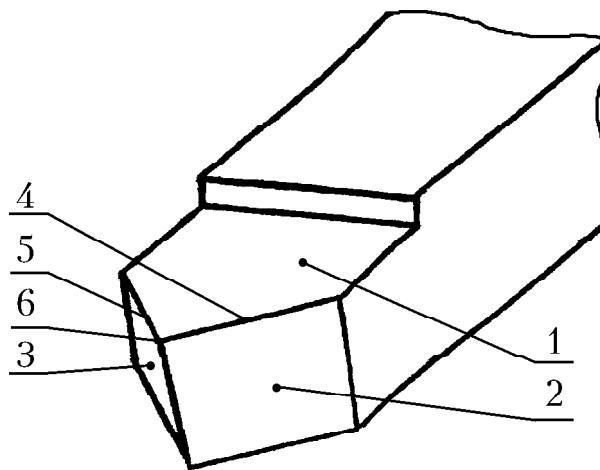
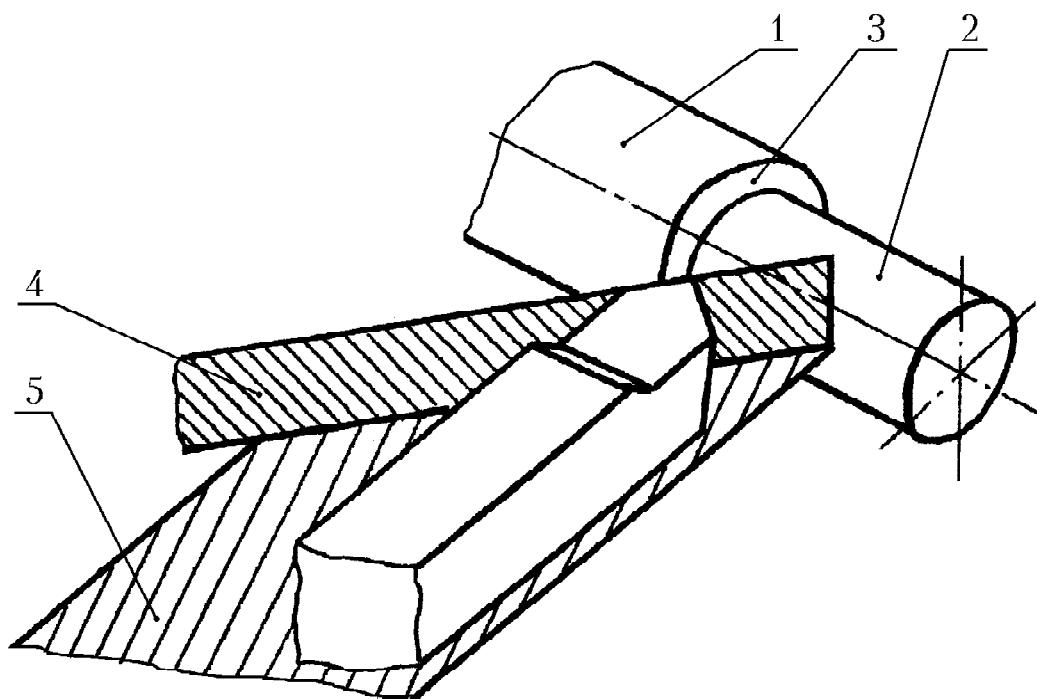


Рис. 1. Елементи різальної частини різця:

- 1 – передня поверхня;
- 2 – головна поверхня;
- 3 – допоміжна поверхня;
- 4 – головна різальна кромка;
- 5 – допоміжна різальна кромка;
- 6 – вершина різця



**Рис. 2. Поверхні оброблюваної заготовки
та площини при різанні:**

- 1 – оброблювана поверхня;
- 2 – оброблена поверхня;
- 3 – поверхня різання;
- 4 – основна площаина;
- 5 – площаина різання

Крім того, розрізняють головну і допоміжну січні площини (рис. 3). Головна січна площа $N - N$ перпендикулярна проекції головної різальної кромки на основну площину. Допоміжна січна площа $N_1 - N_1$ перпендикулярна проекції допоміжної різальної кромки на основну площину. Геометричні параметри різальної частини, токарного різця розподіляють на кінематичні кути (кути руху) і статичні кути (кути заточки). У даній лабораторній роботі розглядаються тільки статичні кути.

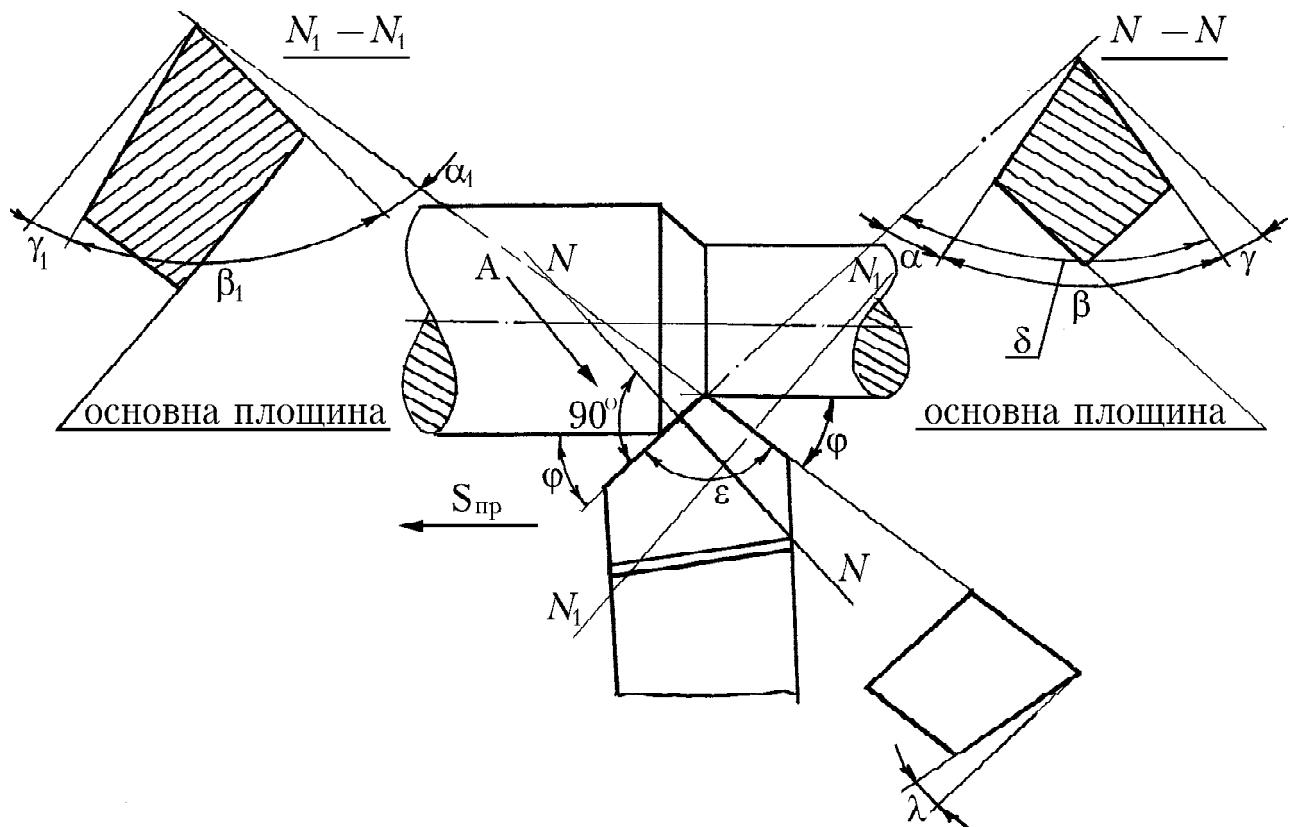


Рис. 3. Статичні кути токарного різця

У головній січній площині $N - N$ утворюються: головний задній кут α між головною задньою поверхнею різця і площею різання; головний передній кут γ між передньою поверхнею різця та площею $N - N$ перпендикулярної різання і проведеної через головну різальну кромку (кут γ прийнято вважати додатним, якщо передня поверхня різця розташована нижче площини $N - N$, і від'ємним, якщо вище площини $N - N$); кут загострення β між передньою і основною поверхнями різання; кут різання δ між передньою поверхнею різця і площею різання.

Згідно з даними вище означеннями

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ, \quad \beta = 90^\circ - \gamma - \alpha. \quad (1)$$

У допоміжній січній площині $N_1 - N_1$ аналогічно головній $N - N$ розрізняють допоміжний задній кут α_1 , допоміжний передній кут γ_1 і кут загострення β_1 .

У плані утворюються такі кути: головний ϕ між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрямком поздовжньої подачі; допоміжний ϕ_1 між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямком поздовжньої подачі; кут при вершині різця ε між проекціями на основну площину головної і допоміжної різальної кромки.

Кут при вершині різця дорівнює:

$$\varepsilon = 180^\circ - (\phi + \phi_1). \quad (2)$$

Кут нахилу головної різальної кромки λ до площини, проведеної через вершину різця паралельно основній, вимірюється в площині, що проходить через цю кромку перпендикулярно основній. Кут $\lambda = 0$, коли різальна кромка паралельна основній площині (рис. 4, а); від'ємний, коли вершина різця є вищою точкою (рис. 4, б); додатний, коли вершина різця є нижчою точкою різальної кромки (рис. 4, в).

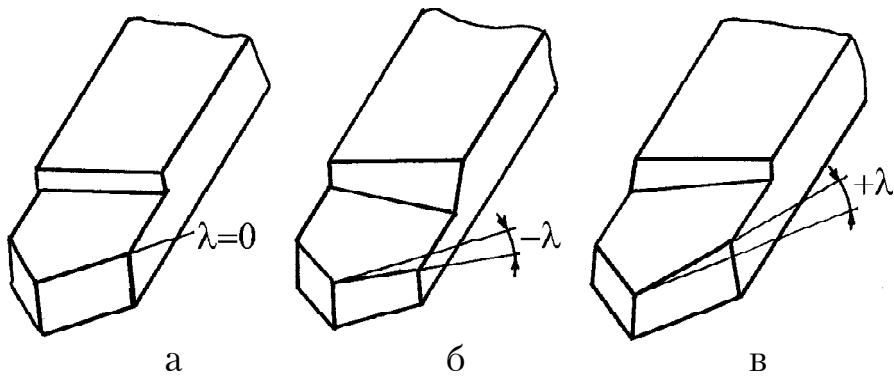


Рис. 4. Кут нахилу головної різальної кромки токарного різця:

- а – головна різальна кромка паралельна основній площині;
- б – вершина різця – вища точка головної різальної кромки;
- в – вершина різця – нижча точка головної різальної кромки

ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ

Для подібного вимірювання використовуються такі інструменти:

- штангенциркуль,
- вимірювальна лінійка,
- універсальний кутомір,
- настільний кутомір.

Довжину і переріз з'єднувальної частини (державки) токарного різця вимірюють штангенциркулем або вимірювальною лінійкою (рис. 5). Кути в плані – універсальним кутоміром (рис. 6). Кути в головній і допоміжній січних площинах, а також кут нахилу головної різальної кромки – за допомогою настільного кутоміра (рис. 7). Результати вимірювань заносять в табл. 1 (протокол №1).

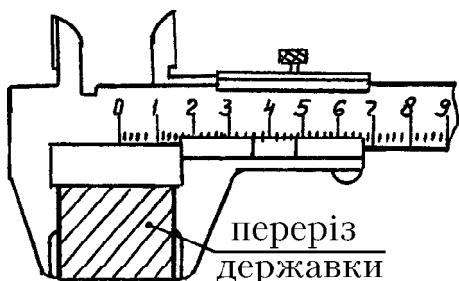


Рис. 5. Вимірювання державки різця

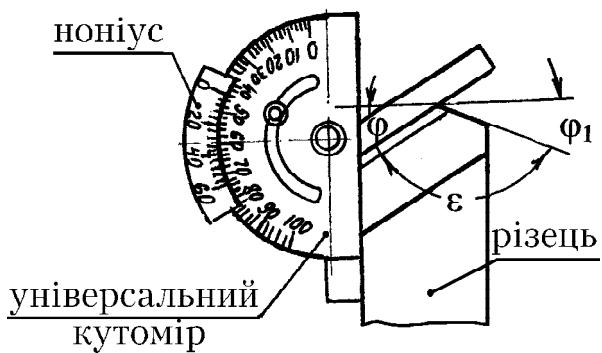


Рис. 6. Вимірювання кутів у плані

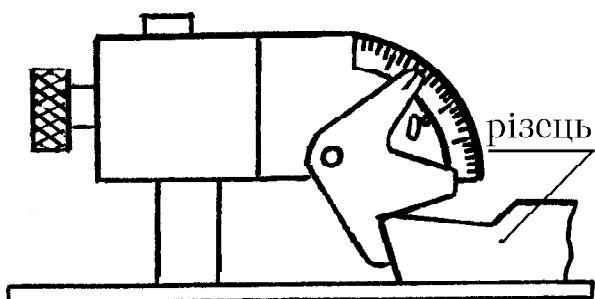


Рис. 7. Вимірювання кутів у головній та допоміжній січній площині

СПІРАЛЬНІ СВЕРДЛА

Спіральне свердло – це різальний інструмент, призначений для утворення глухих та крізних отворів у суцільній заготовці, а також для розсвердлення вже існуючих отворів. Воно складається з робочої частини, шийки та хвостовика. У свою чергу робоча частина поділяється на різальну та калібруючу (рис. 8).

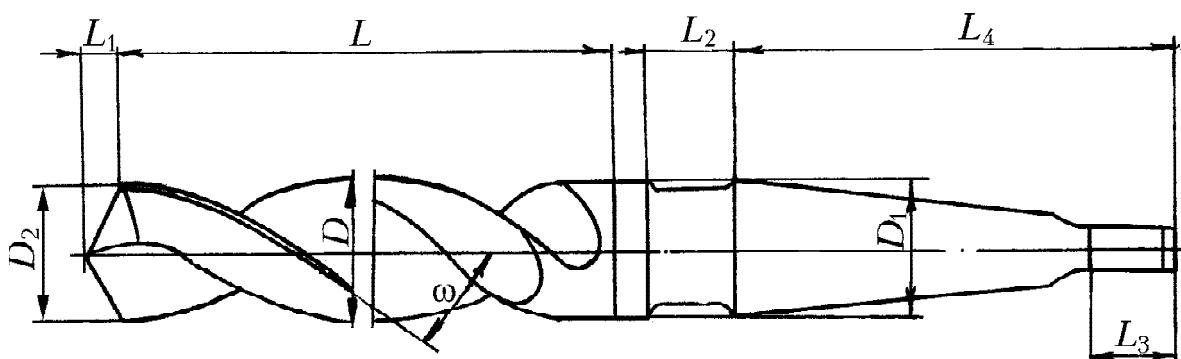


Рис. 8. Складові частини спірального свердла:

L_1 – різальна частина; L – калібруюча частина;
 $L_1 + L$ – робоча частина; L_2 – шийка; L_3 – лапка;
 L_4 – хвостовик; ω – кут нахилу гвинтової канавки

Хвостовик спірального свердла діаметром від 0 до 10 мм має, як правило, форму циліндра, а діаметром більше 10 мм – форму конуса. На робочій частині симетрично розташовані дві гвинтові канавки з кутом нахилу до поздовжньої осі ω . Для зменшення площини дотику зовнішньої поверхні свердла і висвердлюваного отвору діаметр цієї поверхні D зменшений на величину L . Тільки вздовж краю гвинтових канавок у вигляді вузької стрічки шириною f (див. рис. 9) зберігається поверхня зовнішнього діаметра. У центрі свердла між гвинтовими канавками знаходиться перемичка товщиною C , яка з'єднує дві різальні кромки і називається поперечною кромкою. Для уникнення розбивки і можливого защемлення свердла в просвердлюваному отворі діаметр D зменшується у напрямку від різальної частини вздовж усієї робочої частини. Зменшення діаметра деталі прийнято називати зворотною конусністю.

На різальній частині свердла виділяють передній і задній поверхні. Передніми поверхнями свердла є поверхні гвинтових канавок. Задніми – їх торцеві поверхні. Лінія перетину передньої та задньої поверхонь є головною різальною кромкою свердла. Функцію допоміжної різальної кромки виконує гвинтова лінія, утворена перетином поверхні гвинтової канавки і поверхні стрічки шириною f , що прилягає до неї.

Геометрія різальної частини свердла (рис. 9) характеризується кутами: переднім γ , заднім α , головним кутом в плані φ (кут 2φ називається кутом різальної частини, або кутом при вершині), кутом нахилу поперечної різальної кромки ψ , кутом нахилу гвинтової стружкової канавки ω (див. рис. 8). Значення цих кутів і конструктивні елементи вибираються в залежності від призначення інструмента та умов обробки.

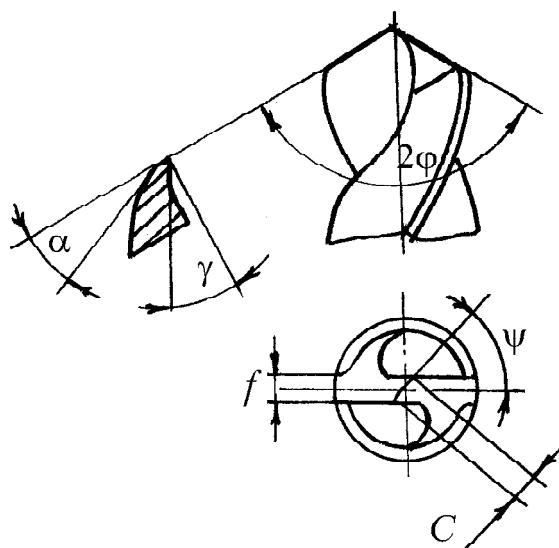


Рис. 9. Геометричні параметри різальної частини спірального свердла:

γ – передній кут; α – задній кут; φ – головний кут в плані;
 2φ – кут різальної частини; ψ – кут нахилу поперечної різальної кромки; C – поперечна кромка; f – зовнішня поверхня

ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СПІРАЛЬНОГО СВЕРДЛА

Для подібного вимірювання використовують такі інструменти:

- універсальний кутомір,
- штангенциркуль,
- індикатор.

Діаметр свердла D вимірюється мікрометром у різальній частині по стрічках. Діаметр D_1 вимірюється мікрометром на калібрючій частині біля шийки в тому місці, де закінчується спіральна канавка. Діаметр D_2 вимірюється мікрометром по затилкових поверхнях різальніх кромок. Відстань L між точками, у яких визначались діаметри D і D_1 , вимірюють масштабною лінійкою. Конусність калібрючої частини свердла K на 100 мм довжини і висоти стрічки e розраховують так:

$$K = \frac{D - D_1}{L} \cdot 100, \quad e = \frac{D - D_2}{L}. \quad (3)$$

Кут нахилу гвинтової стружкової канавки ω на периферії свердла визначають по відтисках після прокатки свердла на аркуші паперу або його тангенсу:

$$\omega = \arctg \frac{\pi D}{H}, \quad (4)$$

де H — крок гвинтової лінії, утвореної допоміжною кромкою, мм.

Останній вимірюють уздовж твірної свердла масштабною лінійкою чи штангенциркулем. Якщо у свердла коротка робоча частина, то вимірюють половину кроку гвинтової лінії, а потім отриману величину збільшують удвічі.

Половину кута при вершині ϕ вимірюють універсальним або оптичним кутоміром, як показано на рис. 10. Вимір проводиться для обох головних різальніх кромок. При вірному заточуванні свердла обидва кути будуть однаковими.

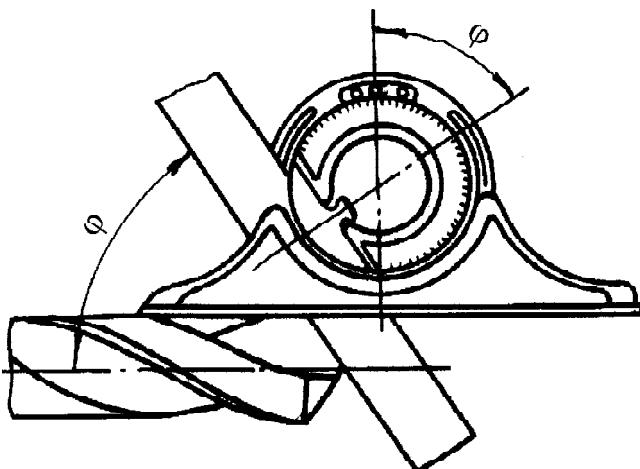


Рис. 10. Вимірювання кута нахилу головної різальної кромки свердла універсальним кутоміром

Довжину головних різальних кромок вимірюють масштабною лінійкою, штангенциркулем або спеціальним шаблоном. При вірному заточуванні свердла довжини обох різальних кромок також будуть однаковими.

Кут нахилу поперечної різальної кромки ψ (перемички) вимірюється кутоміром безпосередньо на свердлі або транспортиром по відтиску, для чого свердло придавлюють до паперу таким чином, щоб воно дотикалось до нього по черзі головною і поперечною різальною кромкою. В головній площині між дотичною до передньої поверхні в певній точці різальної кромки і нормальню в тій же точці до поверхні обертання, утвореної головною різальною кромкою, знаходиться передній кут γ . У зв'язку з тим, що передня поверхня є гвинтовою з постійним кроком спіралі, а діаметр свердла на різальній частині змінний, то і кут цієї спіралі на забірному конусі також змінний. Внаслідок цього передній кут спірального свердла змінюється по всій довжині різальної кромки і знаходиться з виразу

$$\gamma = \arctg \frac{D_x}{D} \cdot \frac{\tg \omega}{\sin \varphi}, \quad (5)$$

де D_x – діаметр свердла в обраній точці різальної кромки.

Користуючись цією формулою і результатами вимірювань кутів ω і φ , вираховують значення переднього кута в різних точках головної різальної кромки, розташованих від осі свердла.

Головний задній кут α обчислюється за допомогою спеціальної установки (рис. 11). Обертаючи свердло за допомогою дільильної головки, визначають падіння кривої задньої по поверхні h на дузі повороту S . Вимірювання h проводиться у трьох точках, на різних діаметрах різальної частини, куди встановлюється ніжка індикатора.

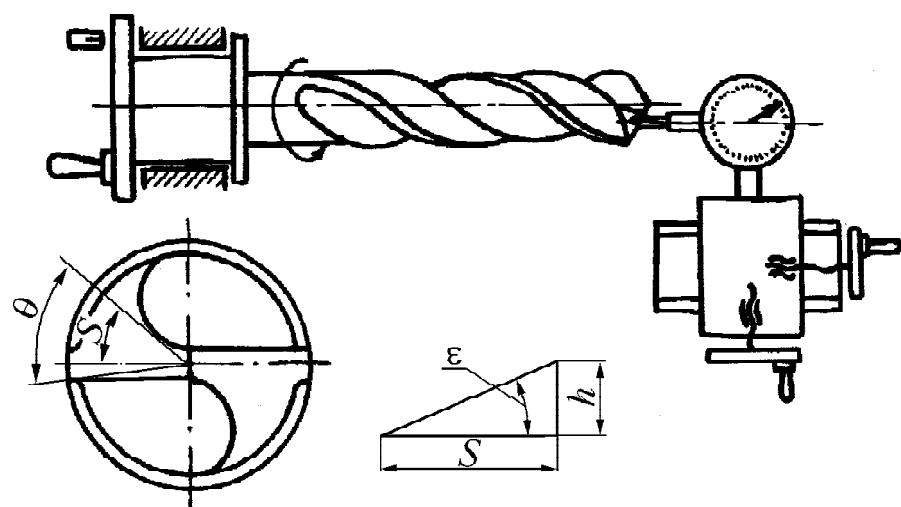


Рис. 11. Схема вимірювання головного заднього кута спірального свердла

Довжина дуги повороту обчислюється за формулою

$$S = \frac{\pi D_x \theta}{360}, \quad (6)$$

де D_x – діаметр, по якому проводиться вимірювання на задній поверхні; θ – кут повороту свердла.

По даним вимірювань знаходять

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{h}{S}. \quad (7)$$

Задній кут обчислюється по формулі

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\sin \varphi}. \quad (8)$$

Користуючись цими формулами і результатами вимірювань, можна визначити задній кут у різних точках головної різальної кромки. Дані всіх вимірювань обчислень заносяться в табл. 2 (протокол №2).

ФРЕЗИ

Фрези належать до групи інструментів різноманітних за конструкцією, формою і розмірами. Вони використовуються на фрезерних верстатах загального і спеціального призначення для виконання таких робіт:

- чорнова й чистова обробка площин;
- прорізка пазів і шпонкових канавок;
- прорізка вузьких щілин і розрізу металу;
- чорнова й чистова обробка фасонних поверхонь з прямими і криволінійними твірними.

До простого типу належить циліндрична фреза, яка являє собою циліндричне тіло довжиною B і діаметром D з гвинтовими канавками для сходу стружки, прорізаними на твірній поверхні, і зубцями, що утворюють різальні кромки. Циліндрична фреза завдяки центральному отвору діаметром d , у якому наявний шпоночний паз, насаджується на оправку й утримується за допомогою шпонки (рис. 12).

Гвинтова форма різальних зубців косозубої циліндричної фрези забезпечує їм плавність навантаження, а при роботі дозволяє уникати ударів і зменшує вібрацію. Нахил зубця визначається кутом ω між віссю фрези і дотичної до гвинтової лінії. Характерним параметром косозубої циліндричної фрези є осьовий крок H_0 гвинтової лінії. Крім того, у фрез такої конструкції розрізняють торцевий крок H_T і нормальній крок H_H :

$$H_0 = \frac{\pi D}{Z} \operatorname{ctg} \omega, \quad H_T = \frac{\pi D}{Z}, \quad H_H = H_T \cos \omega, \quad (9)$$

де Z – кількість зубців фрези.

У поперечній площині \bar{y} у нормальній, що проходить перпендикулярно головній різальній кромці різальної частини циліндричних косозубих фрез, виділяють передній і задній кути (див. рис. 12). Так, у головній січній площині $N-N$ маємо головний передній кут γ_H і головний задній кут α_H . У поперечній площині – торцевий передній кут γ_T і торцевий задній кут α_T .

Головний передній кут можна зайди за формулою

$$\operatorname{tg} \gamma_H = \gamma_T \cos \omega. \quad (10)$$

Кут різання фрези в головній січній площині дорівнює:

$$\delta_H = 90^\circ - \gamma_H. \quad (11)$$

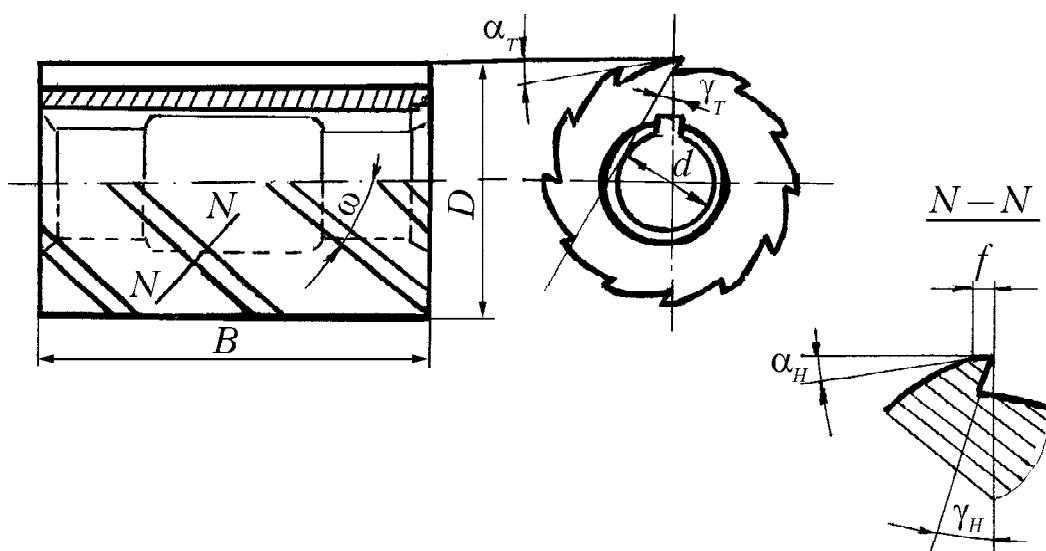


Рис. 12. Геометричні елементи різальної частини фрези

ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФРЕЗИ

Для подібного вимірювання використовують такі інструменти:

- вимірювальна лінійка,
- універсальний кутомір,
- прилад для вимірювання передніх і задніх кутів у торцевій площині (кутомір Бабчиніцера),
- штангенциркуль.

Діаметри фрези D і центрального отвору d вимірюються штангенциркулем, довжина фрези – вимірювальною лінійкою.

Кут нахилу зубців ω визначається безпосередньо вимірюванням його по сліду гвинтової лінії фрези на площину або обчислюється за формулою

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{a_x}{b_x}, \quad (12)$$

де a_x і b_x – катети прямокутного трикутника для будь-якої точки на розвернутій гвинтовій лінії. Розгортка гвинтової лінії фрези робиться накатуванням через копіювальний папір.

Передній та задній торцеві кути (γ_T , α_T) вимірюються спеціальними приладами Бабчиніцера на торці фрези. Задній кут α_T вимірюється в такій послідовності (рис. 13):

1. Прилад прикласти до двох суміжних зубців 1 та 2 так, щоб лезо вимірювального ножа впиралось у вершину кута, утвореного вимірювальною площиною ножа a і планки b , а торцева частина приладу була перпендикулярна до вісі фрези.

2. Сектор c приладу повернати, поки вимірювальний ніж a не примкне до передньої поверхні зубця фрези.

3. Одкласти на градусній шкалі сектора c значення заднього кута. Значення заднього торцевого кута α_T знаходиться по дузі між штрихом на градусній шкалі c і одним із штрихів на шкалі Z , що відповідає числу зубців. Наприклад, для числа зубців фрези $Z=18$ задній кут $\alpha_T=26^\circ$.

4. Значення переднього торцевого кута γ_T знаходиться по дузі:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_H &= \operatorname{tg} \gamma_T \cos \omega, \\ \operatorname{tg} \alpha_H &= \frac{\operatorname{tg} \alpha_T}{\cos \omega}. \end{aligned} \quad (13)$$

Результати всіх вимірювань обчислень заносяться в табл. 3 (протокол №3).

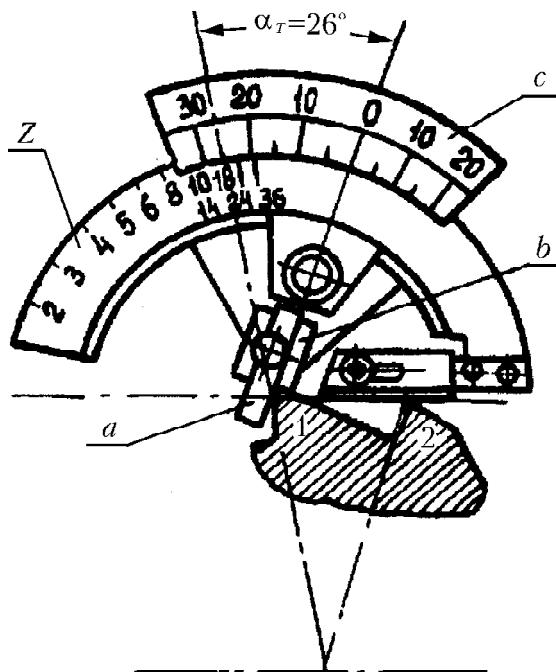


Рис. 13. Вимірювання заднього торцевого кута:

a – лезо вимірювального ножа; b – планка;
 c – градусна шкала; Z – шкала кількості зубців

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вибрати вид різального інструмента (по вказівці викладача).
2. Підібрати необхідний інструмент для вимірювання.
3. Виконати вимірювання геометричних параметрів різального інструмента згідно з описом. Результати занести у таблицю.
4. Зазначити, де застосовується інструмент; навести приклад роботи з ним.

ПРОТОКОЛ №1

Вимірювання основних конструктивних елементів і геометричних параметрів токарного різця

1. Характеристика різця : назва, марка матеріалу різальної частини. Ескіз токарного різця.
2. Застосування різця.
3. Використаний при вимірюваннях інструмент.
4. Інтервал вимірювання.
5. Точність в одиницях вимірювання.
6. Результати вимірювань (подані у вигляді таблиці).

Таблиця 1

Геометричні параметри	Позначення	Величина
Довжина токарного різця	L	
Довжина головки	L_1	
Переріз державки	$H \times B$	
Головний задній кут	α	
Головний передній кут	γ	
Допоміжний задній кут	α_1	
Допоміжний передній кут	γ_1	
Головний кут у плані	φ_1	
Допоміжний кут у плані	φ_2	
Кут нахилу головної різальної кромки	λ	

7. Результати розрахунків кутів:

кут загострення – $\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)$;

головний кут різання – $\delta = 90^\circ - \gamma$;

кут при вершині різця – $\varepsilon = 180^\circ - (\varphi_1 + \varphi_2)$.

ПРОТОКОЛ №2
Вимірювання основних конструктивних елементів
і геометричних параметрів спірального свердла

1. Характеристика свердла: назва, марка, матеріалу різальної частини. Ескіз спірального свердла.
2. Використаний при вимірюваннях інструмент.
3. Інтервал вимірювання.
4. Точність в одиницях вимірювання.
5. Результати вимірювань (подані у вигляді таблиці).

Таблиця 2

Геометричні параметри	Позначення	Величина
Діаметр свердла:		
різальної частини	D	
біля шийки	D_1	
по затилкових поверхнях	D_2	
Довжина робочої частини	L	
Конусність на довжині 100 мм	K	
Довжина головної різальної частини	L_1	
Висота стрічки	$e/2$	
Кут нахилу поперечної різальної кромки	ψ	
Кут нахилу гвинтової стружкової канавки	ω	
Передній кут	γ	
Задній кут	α	
Головний кут у плані	φ	

ПРОТОКОЛ №3
Вимірювання основних конструктивних елементів
і геометричних параметрів циліндричної фрези

1. Характеристика фрези: спосіб використання, марка матеріалу різальних зубців. Ескіз фрези.
2. Застосування фрези.
3. Використаний при вимірюваннях інструмент.
4. Інтервал вимірювання.
5. Точність в одиницях вимірювання.
6. Результати вимірювання (подані у вигляді таблиці).

Таблиця 3

Геометричні параметри	Позначення	Величина
Діаметр фрези	D	
Діаметр отвору	d	
Довжина фрези	B	
Кут нахилу зубців	ω	
Задній торцевий кут	α_T	
Передній торцевий кут	γ_T	
Число зубців фрези	Z	

7. Результати розрахунків параметрів :
 - осьовий крок фрези – H_0 ;
 - торцевий крок фрези – H_T ;
 - нормальний крок фрези – H_H ;
 - головний задній кут – α_H ;
 - головний передній кут – γ_H ;
 - кут різання фрези – δ .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ НА СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Мета роботи: дослідити залежність сил різання від режиму різання, а також ознайомитись з методикою вимірювання сил різання і обробки експериментальних даних, отриманих при дослідженні.

Під силою різання розуміють силу, яку необхідно прикласти до різального інструмента для подолання опору матеріалу заготовки різанню.

У кількісному відношенні сила різання залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, режиму різання (V, t, S), геометрії різального інструмента, форми і матеріалу різального леза, величини зносу різальної кромки, мастильно-охолодної рідини (МОР). При певному поєднанні цих факторів можна отримати найменше значення величини сили різання, а можливо, й мінімальну потужність для здійснення процесу різання. Напрямок сили різання R у просторі і його величина не можуть бути безпосередньо визначені, тому для практичних розрахунків повну силу різання розкладають на відповідні складові, напрямок яких визначається кінематичною схемою різання.

При поздовжньому точінні силу R розкладають у трьох напрямках: тангенціальному, радіальному і в напрямку, протилежному подачі (рис. 1). P_z – тангенціальна сила, яка діє в напрямку, паралельному головному руху; по ній обчислюється крутяний момент і потужність різання. P_y – радіальна сила, яка відштовхує різець від оброблюваної деталі; її завдання – вигнути оброблювану деталь. Ця сила сприяє виникненню вібрації і впливає на точність та геометричну форму оброблюваної деталі. P_x – сила подачі, яку повинен подолати механізм подачі.

ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА СИЛИ РІЗАННЯ

Швидкість різання

Із збільшенням швидкості різання зростає інтенсивність тепловиділення та температура у зоні стружкоутворення і на ділянці кріплення, що призводить до зниження опору пластичної деформації, а отже, і до зменшення сили P_z . Таку закономірність можна зобразити функцією

$$P_z = C_V V^Z, \quad (1)$$

де Z – показник степеня, що має від'ємне значення.

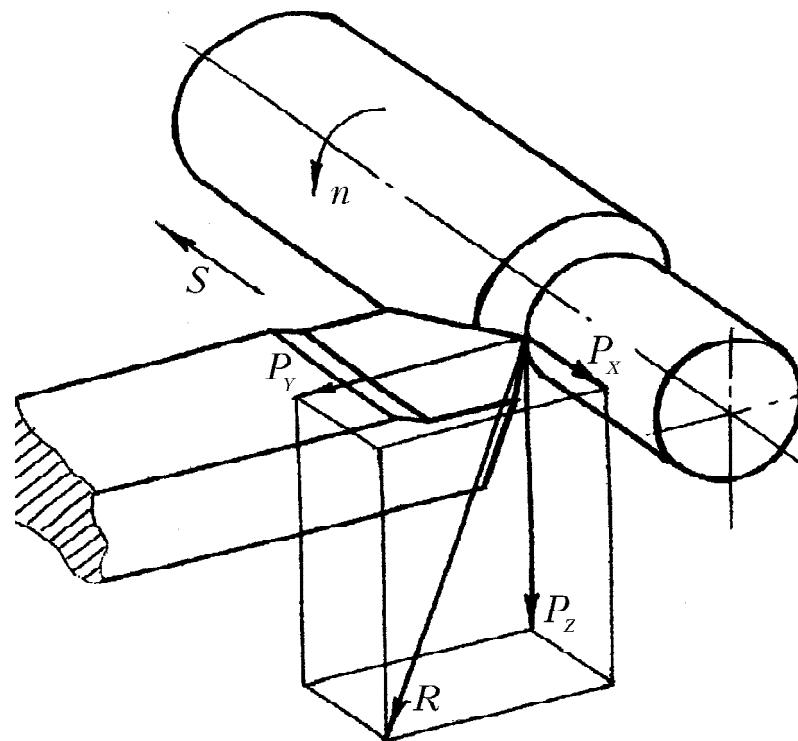


Рис. 1. Складові сили різання

Розріз зрізу

Із збільшенням розмірів розрізу зрізу, глибини різання t (або ширини різання b) і подачі S (або товщини зрізу a) сили різання збільшуються на стільки, на скільки збільшується об'єм деформованого металу. Сила різання P_z із збільшенням глибини різання t зростає прямо пропорційно, подача S впливає на неї в меншій мірі. При обробці сталі або чавуну із збільшенням подачі в 2 рази сила різання збільшується приблизно в 1,7 раза. Вплив глибини різання t і подачі, як правило, виражають степеневою залежністю

$$P_z = C_{P_z} t^X S^Y, \quad (2)$$

де $X=1$ і $Y=0,75$ при умові швидкісного точіння сталі з $\sigma_B=750$ МПа.

Геометричні параметри різця

На величину P_y найбільше впливає значення переднього кута γ і головного кута в плані ϕ . При збільшенні значення переднього кута полегшується процес утворення стружки, зменшується робота, витрачена на пластичну деформацію. Отже, зменшуються сили різання P_z , P_y , P_x .

Збільшення значення головного кута в плані ϕ при одинакових значеннях S і t сприяє збільшенню товщини зрізаного шару a і зменшенню товщини зрізаного шару L . Внаслідок цього зменшується сила P_z .

Вплив оброблюваного матеріалу

Значно впливають на сили різання фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу. При обробці крихких металів витрачають менше сили різання, ніж при обробці пластичних. Наприклад, при точінні чавуну сили різання в 1,5–2 рази менше, ніж при точінні сталі. Це пояснюється тим, що шар чавуну, що зрізають, мало деформується. При обробці ж сталі на пластичну деформацію шару, що зрізується, необхідно витратити додаткову силу.

При обробці пластичних металів сили різання тим більші, чим більша здатність оброблюваного матеріалу до наклепу. В цьому випадку метал зміцнюється, що збільшує його опір різанню. Сили різання також залежать від твердості і структури металу заготовки. Чим дрібніші зерна, тим міцніший і твердіший метал, а отже й більші сили різання витрачають на його обробку. Таким чином, величина сил різання є функцією комплексу фізико-механічних властивостей і структури металу. Для спрощення розрахунків вплив оброблюваного матеріалу, як правило, виражають за допомогою однієї найтиповішої характеристики. Для в'язких матеріалів (сталей) такою характеристикою є границя міцності на розрив σ_B , а для крихких (чавун) – твердість HB . Вплив цих характеристик на силу різання виражають степеневими функціями:

$$P_z = C_1 \sigma_B^{U_1}, \quad P_z = C_2 HB^{U_2}, \quad (3)$$

де U_1 , U_2 – показники степеня впливу характеристик матеріалу на сили різання;

C_1 , C_2 – коефіцієнти, які визначають шукану силу різання при σ_B та HB відповідно.

Мастильно-охолодні рідини

Ці рідини мають властивість проникати в зону контакту інструмента з оброблюваним матеріалом. Зменшуючи тертя й коефіцієнт усадки стружки, вони сприяють зменшенню сили різання в залежності від фізичних характеристик використаної рідини й оброблюваного матеріалу. Рослинні, сіркові масла, емульсії зменшують сили різання на 15–30%.

ЗНАХОДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ СИЛ РІЗАННЯ

Для розрахунку складових сили різання використовують емпіричні формули:

$$\begin{aligned} P_Z &= C_{P_z} t^X S^Y V^Z K_{P_z}, \\ P_Y &= C_{P_y} t^X S^Y V^Z K_{P_y}, \\ P_X &= C_{P_x} t^X S^Y V^Z K_{P_x}. \end{aligned} \quad (4)$$

Величини коефіцієнтів C_{P_z} , C_{P_y} , C_{P_x} і показники степеня залежать від умов різання й подаються в довідниках з режимів різання.

K_{P_z} , K_{P_y} , K_{P_x} – поправкові коефіцієнти, що утворюються добутком ряду коефіцієнтів, які враховують конкретні умови обробки (геометрію інструменту, властивості оброблюваного матеріалу та ін.).

Числові значення інших параметрів (t , S , V), які також залежать від режимів різання й властивостей оброблюваного матеріалу, невідомі. Знайти їх можна тільки експериментально, вимірюючи сили різання спеціальним динамометром.

Для дослідження динамічних процесів при різанні на токарних станках використовують трикоординатний різець-динамометр типу ЛМ7-Т.

Крім динамометра для вимірювання використовують ряд інших пристрій: вимірювальний блок, чотирикамерний підсилювач ТА-5, приборний щит з реєструючою апаратурою. По результатах на мікроамперметрах, встановлених на приборному щиті, визначаються середні значення сили різання.

Для отримання вірних показників пристрій попередньо торінують. Торіування виконується методом штучного навантаження. Шляхом декількох послідовних навантажень різних за величиною, але відомих, одержують відповідний ряд показників пристрію. За цими показниками будують торівочні графіки (рис. 2) і градують шкали.

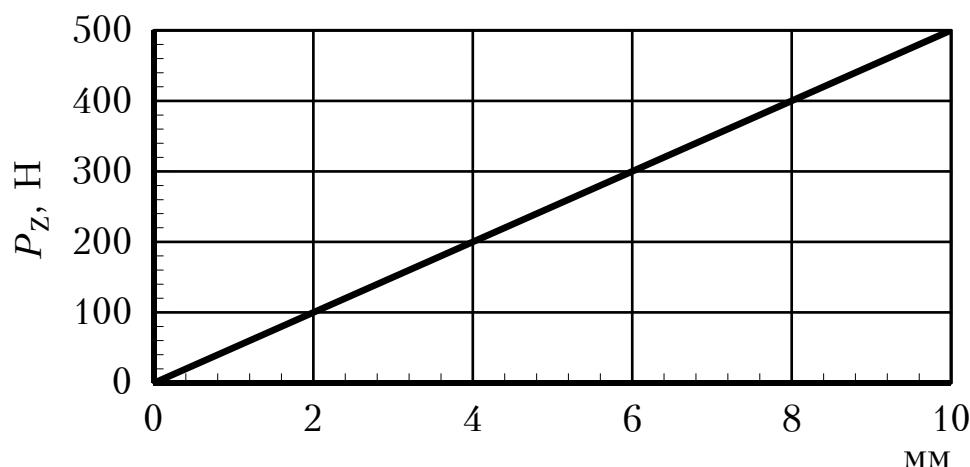


Рис. 2. Торівочний графік для визначення сили різання

Складові сил різання і їх залежність від глибини, подачі й швидкості різання визначаються при точінні. Для цього проводиться три серії дослідів:

- а) визначення складових P_z , P_y , P_x при змінній глибині різання й постійних швидкості подачі та різання;
- б) визначення складових сил P_z , P_y , P_x при змінній швидкості різання й постійних глибині та подачі;
- в) визначення складових сил P_z , P_y , P_x при змінній подачі й постійних швидкості та глибині різання.

У даній роботі оброблюється заготовка із сталі 20 (сталі 45, сталі ШХ-15) трикоординатним різцем-динамометром, оздобленим твердосплавною пластинкою Т15К10 (ВК8).

Точіння проводиться на токарно-гвинтовому верстаті моделі 16К20. Інструмент — прохідний різець з геометрією $\gamma=1^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\varphi=45^\circ$, $\varphi_1=25^\circ$, $r=0,4$ мм. Режим різання для кожної серії дослідів задається викладачем.

ГРАФІЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДУ

Методики побудування графічних залежностей для трьох складових сил P_z , P_y , P_x аналогічні, тому обмежимося побудуванням і розрахунком тільки тангенціальної сили P_z в залежності від режимів різання. Логарифмуючи вираз залежності сили від подачі, глибини й швидкості різання

$$\begin{aligned} P_z &= C_t t^X, \\ P_z &= C_s S^Y, \\ P_z &= C_v V^Z, \end{aligned} \tag{5}$$

дістанемо

$$\begin{aligned} \lg P_z &= \lg C_t + X \lg t, \\ \lg P_z &= \lg C_s + Y \lg S, \\ \lg P_z &= \lg C_v + Z \lg V. \end{aligned} \tag{6}$$

Рівняння (6) в логарифмічних координатах зображуються прямими, тангенси кута нахилу яких до осі абсцис дорівнюють показникам степеня при змінній величині. Для визначення невідомих коефіцієнтів і показників степеня будуємо в логарифмічних координатах з однаковим масштабом графіки залежності сили P_z від глибини, подачі й швидкості різання (рис. 3).

Показники степеня дорівнюють:

$$\begin{aligned} X &= \operatorname{tg} \alpha_1, \\ Y &= \operatorname{tg} \alpha_2, \\ Z &= \operatorname{tg} \alpha_3. \end{aligned} \tag{7}$$

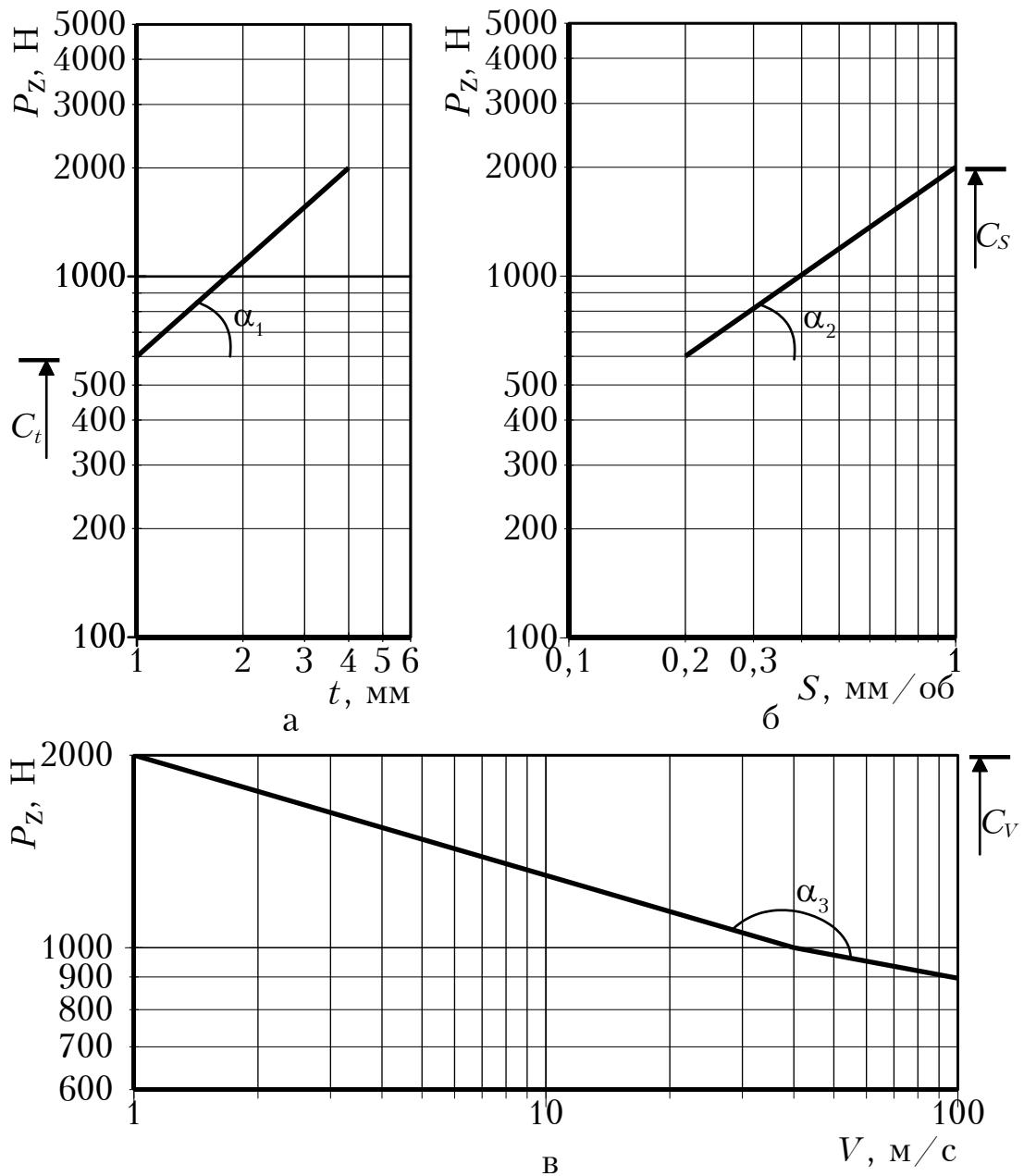


Рис. 3. Графіки залежності сили різання від елементів режиму різання в логарифмічних координатах:
а – від глибини різання; б – від подачі; в – від швидкості різання

У зв'язку з тим, що $\alpha_3 < \pi/2$ показник степеня Z має від'ємне значення. Значення коефіцієнтів C_t , C_s , C_v згідно з рівняннями (6) дорівнюють величині сили P_z при значеннях

$$\begin{aligned} \lg t &= 0 \quad (t = 1), \\ \lg S &= 0 \quad (S = 1), \\ \lg V &= 0 \quad (V = 1). \end{aligned} \tag{8}$$

При необхідності прямі екстраполюються до перетину з відповідними

ординатами. Коефіцієнт C_{P_z} у формулі (4) визначаємо для кожної серії досліджень окремо:

$$\begin{aligned} C_{P_z}^1 &= \frac{C_t}{S_{const}^Y V_{const}^Z}; \\ C_{P_z}^2 &= \frac{C_s}{t_{const}^X V_{const}^Z}; \\ C_{P_z}^3 &= \frac{C_v}{S_{const}^Y t_{const}^X}. \end{aligned} \quad (9)$$

У зв'язку з неминучими похибками дослідів при вимірюванні величини C_{P_z} , отримані дляожної серії досліду, будуть відрізнятися один від одного. Кінцеве значення постійної C_{P_z} є середнім арифметичним трьох значень:

$$C_{P_z} = \frac{C_{P_z}^1 + C_{P_z}^2 + C_{P_z}^3}{3}. \quad (10)$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з теоретичним матеріалом.
2. Проторіувати прилади.
3. Виконати різання, зняти покази реєструючих приладів A_z , A_y , A_x для кожного сполучення режимів різання. По торівочним графікам визначити складові сили різання.
4. Заповнити протокол дослідів (табл. 1).
5. Побудувати графіки $\lg P_z = f(\lg t)$, $\lg P_z = f(\lg S)$, $\lg P_z = f(\lg V)$.
6. Визначити X , Y , Z і C_{P_z} .
7. Записати залежність $P_z = f(t, S, V)$ для заданих умов обробки. Проаналізувати формули. Розрахувати P_z по експериментально визначеній залежності.

ПРОТОКОЛ

Вимірювання основних конструктивних елементів і геометричних параметрів сили різання

Оброблюваний матеріал _____.

Геометрія різця:

$\gamma = \underline{\hspace{2cm}}$; $\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$; $\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$; $\varphi_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $r = \underline{\hspace{2cm}}$.

Матеріал різця _____.

Таблиця 1

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ

Мета роботи: оволодіти методикою визначення температури різання при токарній обробці і дослідити вплив на температуру різання факторів, що супроводжують цей процес.

ТЕПЛОТА І ТЕМПЕРАТУРА РІЗАННЯ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ

Процес різання супроводжується виділенням великої кількості теплоти — одного з головних факторів, що визначає процес різання. Джерело виникнення та характер розподілу теплоти дозволяють пояснити ряд явищ, зв'язаних з навантаженням на різець, його стійкістю, якістю оброблюваної поверхні.

Теплота Q в процесі різання виникає в результаті внутрішнього тертя між частинами оброблюваного матеріалу при деформуванні, зовнішнього тертя стружки по передній поверхні різця, зовнішнього тертя поверхні різання та оброблюваної поверхні на задній поверхні різця, відриву стружки й утворення в ній нових поверхонь.

Між роботою, виконаною під час різання A і теплотою, утвореною при цьому, існує залежність

$$Q = \frac{A}{E} \alpha_0, \quad (1)$$

де E — механічний еквівалент теплоти ($E = 4270 \text{ нм}/\text{ккал}$);

α_0 — коефіцієнт, що враховує витрати на витравлення практичної решітки (для приблизних обчислень приймається $\alpha_0=1$).

Розрахункова залежність, за допомогою якої можна знайти кількість теплоти, що виділяється при різанні за одиницю часу ($\text{ккал}/\text{s}$), має вигляд

$$Q = \frac{P_z V}{E} = \frac{P_z \pi D n}{4270 \cdot 60 \cdot 1000} \approx 1,23 \cdot 10^{-7} P_z D n, \quad (2)$$

де P_z — вертикальна складова сили різання, Н;

D — діаметр заготовки в зоні різання, мм;

n — число оборотів шпинделя, об/хв;

V — швидкість різання, м/хв.

Для вірного використання різального інструмента й вибору параметрів режиму різання важливо визначити характер розподілу теплоти, а отже, і

температуру в різних частинах заготовки, стружки й інструмента. Збільшення температури на різальній кромці призводить до зменшення її твердості та збільшення інтенсивності зносу. В результаті нагрівання можлива зміна структури верхнього шару матеріалу заготовки, а отже, і його механічних властивостей. Інтенсивне нагрівання стружки може привести до виникнення зварного з'єднання між нею і різцем.

Експериментально з'ясовано, що найвища температура при різанні буде в зоні контакту стружки з передньою поверхнею інструмента. Цю температуру і називають температурою різання. Оскільки ж вона не повинна перевищувати заданого значення, її необхідно вміти розраховувати й визначати експериментально.

РІВНЯННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ

Температура різання Θ залежить від цілого комплексу різних факторів, таких як швидкість, режим різання, геометрія різця, механічні та теплофізичні характеристики матеріалів заготовки і різальної кромки. Теоретичний розрахунок по формулі, де враховані всі вище перелічені фактори, пов'язаний із значними труднощами, через те що ці фактори є взаємопов'язаними параметрами. Тому для розрахунку температури різання часто користуються емпіричними формулами, в яких розкривається закономірність зміни температури від окремих параметрів (або їх сукупності), справедливими за певними умовами.

У даній лабораторній роботі досліджується вплив таких параметрів режиму різання, як швидкість різання V , повздовжня подача S і глибина різання t . Згідно з проведеними дослідами залежності температури різання Θ від V, S, t мають вигляд показниківих функцій:

$$\begin{aligned}\Theta &= C_{\Theta_1} V^{X_1}, \\ \Theta &= C_{\Theta_2} V^{Y_2}, \\ \Theta &= C_{\Theta_3} V^{Z_3},\end{aligned}\tag{3}$$

де $C_{\Theta_1}, C_{\Theta_2}, C_{\Theta_3}$ і X_1, Y_2, Z_3 —компоненти, які визначаються експериментально.

У рівняннях (3) константи $C_{\Theta_1}, C_{\Theta_2}, C_{\Theta_3}$ відображають вплив параметрів, значення яких під часдосліду є постійним і які виконують деяку сумарну дію. Значення констант мають частковий характер і справедливі тільки в умовах цього експерименту.

Для того щоб розрахувати залежність температури різання одразу від декількох параметрів необхідно встановити вид цієї функції, а потім за допомогою експериментів знайти відсутні значення констант. Наприклад, щоб знайти залежність $\Theta=f(V, S, t)$, запишемо її у вигляді

$$\Theta = C_0 V^X S^Y t^Z, \quad (4)$$

де C_0 , X , Y , Z – константи, які визначаються експериментально.

Вибір такого виду функції обумовлюється однотипністю залежностей (3) і відносно простим способом визначення відсутніх значень констант. Після порівняння (4) з (3) стають очевидними рівняння $X_1=X$, $Y_2=Y$, $Z_3=Z$, тому що множники V^{X_1} , S^{Y_2} , t^{Z_3} відображають вплив на значення Θ тільки параметрів, які досліджуються (V , S , t), тобто мають загальний характер і можуть бути введені в рівняння (4).

З рівняння (4) можна знайти C_0 , використовуючи результати експериментів:

$$C_0 = \frac{\Theta}{V^X S^Y t^Z}. \quad (5)$$

Для отримання точного розрахунку беруть, як правило, декілька значень параметрів ($n=3-10$) і по одній з формул

$$C_0 = \frac{\sum_{i=1}^n C_{0i}}{n}, \quad C_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n C_{0i}^2}{n}} \quad (6)$$

знаходять C_0 .

ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Зараз відома велика кількість методів вимірювання температури в зоні різання. До них належать: калориметричний, термопарний, оптичний, метод мікроструктурного аналізу та ряд інших.

Найточнішим і в той же час простим є термопарний метод, що базується на явищі термоелектричності. Як відомо, при нагріванні місця спая проволок з двох різnorідних металів у ньому з'являються заряди протилежних знаків. Якщо вільні кінці проволок з'єднаємо, то в ланцюзі виникає термоелектрорушійна сила (ТЕРС), яку можна зафіксувати мілівольтметром. Показання приладу тим більші, чим більша різниця температур між нагрітою частиною і «вільними» (холодними) кінцями проволоки. Вказана система з різnorідних матеріалів, що мають загальну точку зіткнення, отримала назву термопара: сама точка зіткнення – спай або головка термопари.

Розрізняють методи із штучними термопарами (спай утворюється зі сплавів хромелю й алюмелю, хромелю і копелю та інших); з півштучними термопарами (спай утворюється із сплавів копелю або константану й інструментального або оброблюваного металу); з природними термопарами (спай утворюється з оброблюваного й інструментального металів).

У даній роботі для вимірювання температури різання використовується

природна термопара, яка утворюється з матеріалу заготовки й різальної пластиинки різця.

На рис.1 зображена схема вимірювання температури різання методом природної термопари.

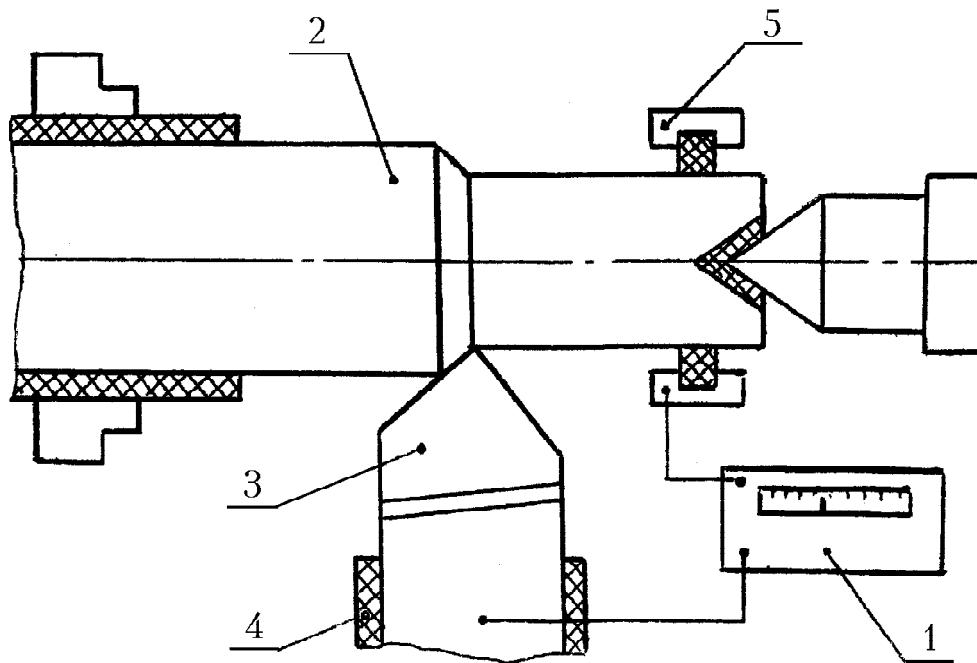


Рис. 1. Схема вимірювання температури методом природної термопари:

1 – мілівольтметр; 2 – оброблювана заготовка, електрично ізольована від корпусу верстака; 3 – різець, електрично ізольований від корпусу верстата і з'єднаний проводом з однією з клем мілівольтметра; 4 – ізолятор різця; 5 – струмоприймач.

Для того щоб показники мілівольтметра відповідали істинним значенням температури різання в зоні контакту різця з заготовкою, термопара повинна бути ізольована під час проведення експерименту.

ТОРИОВКА ПРИРОДНОЇ ТЕРМОПАРИ

Процес торіування природної термопари проводиться так. З інструментального й оброблюваного матеріалів виготовляють термоелектроди, які утворюють спай. Останній поміщують у нагрівальну піч. Температура в печі вимірюється контрольною термопарою, для якої вже встановлено співвідношення між термоелектрорушійною силою в її ланцюзі й температурою матеріалу. Після включення нагрівальної печі одночасно роблять запис показів мілівольтметра щодо торіованої й істинної термопар по контрольній. По отриманих результатах складають таблицю (див. протокол).

Нагрівання проводиться до температури більшої, ніж очікувана тем-

пература різання. На основі експериментальних даних будується графіки залежностей $E_T = \Psi(\Theta)$ для торівальної термопари (рис.2).

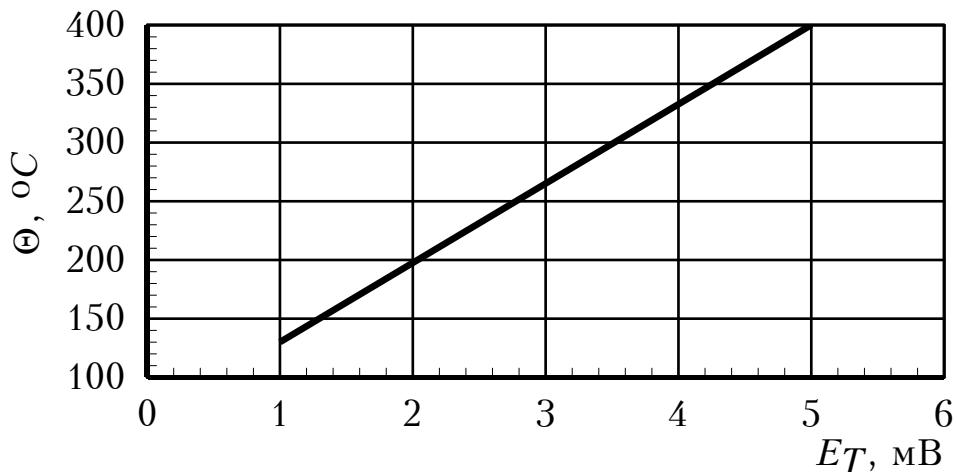


Рис. 2. Торівочний графік природної термопари

ПРИКЛАД АПРОКСИМАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ

Результати вимірювання температури різання та відповідні їм значення параметра, що досліджується, записуються у таблицю (див. протокол). Розглянемо на прикладі одержання залежності $\Theta=f(V)$.

Використовуючи результати вимірювання температури різання та відповідні їм значення параметра, що досліджується (див. приклад оформлення звіту), як значення координат, які може набувати аргумент, в масштабі будується графік (рис. 3).

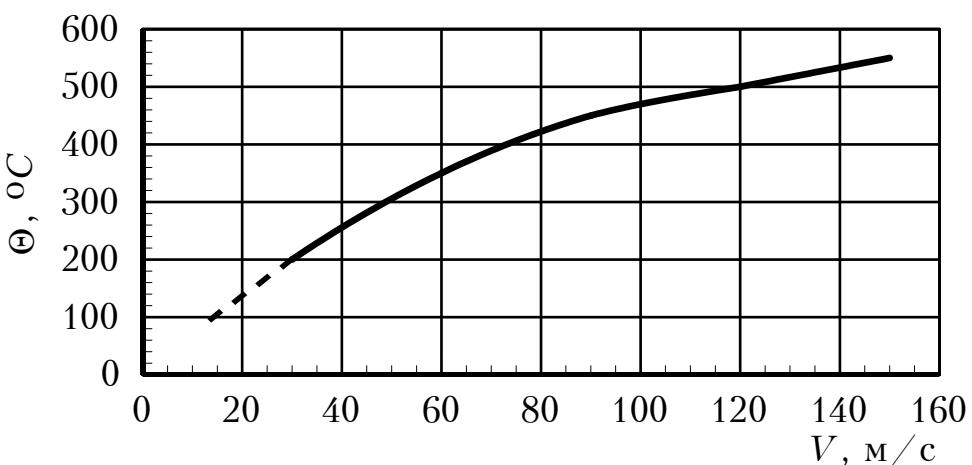


Рис.3. Графік залежності температури різання від швидкості різання

Оскільки отриманий результат апроксимується залежністю

$$\Theta = C_{\Theta_1} V^{X_1}, \quad (7)$$

то для визначення постійних C_{Θ_1} і X_1 необхідно привести (7) до вигляду

$$\lg \Theta = \lg C_{\Theta_1} + X_1 \lg V. \quad (8)$$

На графіку подвійних логарифмічних координат визначення (8) набуває вигляду прямої лінії (рис. 4).

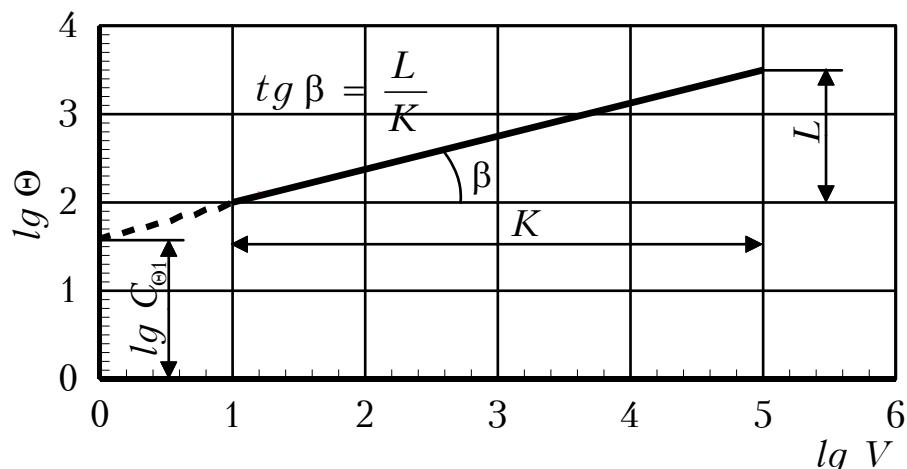


Рис.4. Визначення констант графічно

Значення постійної C_{Θ_1} можна визначити аналітично по формулі, використовуючи різні значення параметрів

$$C_{\Theta_1} = \frac{\Theta}{V^{X_1}}. \quad (9)$$

Для отримання точного результату необхідно користуватися залежностями (5) та (6). Величину C_{Θ} можна знайти також графічно за умови, що при $V=1$ м/хв $C_{\Theta}=\Theta$ (див. рис. 3), або при $\lg V=0$ $C_{\Theta}=\Theta$ (див. рис. 4).

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з теоретичним матеріалом.
2. Провести торіовку термопари. Побудувати графік залежності $E_t=\Psi(\Theta)$.
3. Дослідити вплив швидкості різання V , поздовжньої подачі S і глибини різання t на температуру різання Θ . Для цього зробити виміри й заповнити табл. 2, 3, 4. Побудувати графіки залежностей $\Theta=f(V)$, $\Theta=f(S)$, $\Theta=f(t)$. Визначити константи C_{Θ} у функціях (3) одним із запропонованих методів.

4. Скласти загальне рівняння залежності $\Theta=f(V, S, t)$, використовуючи (5), визначити у ньому константи.

5. З урахуванням даних попередньої лабораторної роботи розрахувати кількість теплоти, яка виділяється за одиницю часу при різній швидкості різання V . Побудувати графік $\Theta=f(V)$.

ПРОТОКОЛ

Дослідження впливу різних факторів на температуру різання

1. Характеристика різця: тип, геометричні параметри, матеріал різальної частини.

2. Заготовка : матеріал, засіб одержання.

Таблиця 1

Залежність $\Theta=f(V)$: $t= \underline{\hspace{2cm}}$ мм; $S= \underline{\hspace{2cm}}$ мм / об; $D= \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Число оборотів шпинделя верстата n , об / хв	ТЕРС в термопарі E_T , мВ	Температура різання Θ , $^{\circ}$ C	Швидкість різання V , м / хв

Таблиця 2

Залежність $\Theta=f(V)$: $S= \underline{\hspace{2cm}}$ мм / об; $t= \underline{\hspace{2cm}}$ мм; $D= \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Сила різання P_Z , Н	Число оборотів шпинделя верстата n , об / хв	Швидкість різання V , м / хв	Теплота різання Q , ккал / с

Таблиця 3

Залежність $\Theta=f(S)$: $n= \underline{\hspace{2cm}}$ об / хв; $t= \underline{\hspace{2cm}}$ мм; $D= \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Поздовжня подача S , мм / об	ТЕРС в термопарі E_T , мВ	Температура різання Θ , $^{\circ}$ C

Таблиця 4

Залежність $\Theta=f(t)$: $n= \underline{\hspace{2cm}}$ об / хв; $S= \underline{\hspace{2cm}}$ мм / об; $D= \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Глибина різання t , мм	ТЕРС в термопарі E_T , мВ	Температура різання Θ , $^{\circ}$ C

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ВПЛИВ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ І ГЕОМЕТРІЇ ІНСТРУМЕНТА НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ

Мета роботи: дослідити вплив швидкості різання V , подачі S і радіуса закруглення вершини різця r на шорсткість поверхні при токарній обробці.

Якість деталі визначається геометрією її реальної поверхні, тобто точністю виконання заданих розмірів і фізичною характеристикою верхнього шару. Поверхні можуть мати відхилення від макрogeометричних параметрів (еліпсність, конусність і т.п.) і мікрogeометричних (шорсткість, хвилястість). Під шорсткістю розуміють сукупність нерівностей з відносно малими кроками, які утворюють рельєф поверхні. Під фізичною характеристикою верхнього шару розуміють відхилення його фізико-механічних властивостей від властивостей основної маси матеріалу, з якого зроблена заготовка.

ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ

Мікрogeометрія поверхні залежить як від геометричної форми різального інструмента, так і від технологічних факторів: пружних і пластичних деформацій, тертя на задній поверхні інструмента, нарости, вібрацій, зміни контуру леза в процесі зносу. Ці фактори обумовлюються властивостями оброблюваного матеріалу, параметрами режиму різання, МОР та іншими умовами різання.

Властивості оброблюваного матеріалу

Чим пластичніший метал та глибше структура, тим нижче клас шорсткості оброблюваної поверхні. Це пояснюється тим, що пластичний метал більше піддається деформації, збільшується наріст, вібрація, в результаті чого зменшується клас шорсткості поверхні. При великій швидкості різання вплив пластичності метала на шорсткість зменшується, оскільки він менше деформується. Так, сталь з дрібнозернистою структурою оброблюється чистіше, тому рекомендується перед чистовою обробкою піддавати її термообробці.

Режими різання

Досліди показують, що на висоту мікронерівностей глибина різання впливає мало, основний же вплив спричиняють подача і швидкість різання.

Малий вплив глибини різання можна пояснити тим, що ступінь деформації металу при збільшенні ширини зрізу змінюється незначно. Збільшення глибини різання слабо впливає і на величину наросту, однак викликає вібрації. При збільшенні подачі збільшується висота і площа залишкового зрізу, а також величина наросту і температура деформованого шару. Внаслідок цього збільшується шорсткість поверхні. Вплив швидкості різання на шорсткість поверхні має закінчений характер. При малих швидкостях різання до 5 м/хв і великих – більше ніж 70 м/хв – клас чистоти оброблюваної поверхні великий; низький – у зоні середніх швидкостей – $20-40 \text{ м/хв}$. При $V \geq 120 \text{ м/хв}$ клас шорсткості не змінюється. Це викликає зміни наросто-утворювання, деформації і вібрації. У зоні середніх швидкостей різання сталь більше деформується, наріст найбільший, вібрації інтенсивні. У зоні високих швидкостей сталь деформується незначно, наріст відсутній, вібрації найменші.

Геометрія інструмента

Найбільше на шорсткість поверхні впливає радіус при вершині різця. Чим він більший, тим вище клас шорсткості в умовах жорсткої та вібростійкої системи.

На шорсткість поверхні також впливають кути різця γ , α , φ , φ_1 . При збільшенні кута γ зменшується тертя на задній поверхні різця і шорсткість. При зменшенні кутів φ , φ_1 висота залишкового перетину зрізу та шорсткість зменшуються. На шорсткість оброблюваної поверхні впливає і якість доводки різальної поверхні чистових різців.

Мастильно-охолодні рідини збільшують клас шорсткості поверхні, тому що зменшують тертя, заважають утворенню наросту та зменшують знос інструмента.

ВИЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

Для експериментального визначення шорсткості поверхні використовують профілометр з універсальною електронною системою 283А, виготовлений заводом «Калібр».

Профілометр складається з електродинамічного датчика, слідкуючої головки, електричного блоку і вказівного приладу. Датчик, у свою чергу, складається з постійного магніту з полюсними наконечниками та катушки, яка міститься у цьому зазорі. Катушка має можливість переміщуватися в

момент дотику головкою досліджуваної поверхні.

Сильнодіюче магнітне поле, що утворюється в концентричному зазорі, коли рухається катушка, утворює в ній ЕДС пропорційну швидкості руху катушки, яка в свою чергу пропорційна горизонтальній швидкості датчика і крутості профілю поверхні в даній точці.

Напруга, яку розвиває датчик, спочатку підсилюється, а потім інтегрується в часі. Після другого підсилення напруга датчика подається на прилад, що показує її ефективне значення, форма якого подібна до форми профілю досліджуваної поверхні.

У даній роботі використовується токарно-гвинторізний верстат типу 16К20, прохідні різці, оснащені пластинками з твердого сплаву. Усі параметри різальної частини різців використовують сталими, крім переднього кута γ і радіуса закруглення r . Значення першого параметра приймається рівним від 5° до 30° , а другого – від 1 до 5 мм. Як заготовку використовують зразки спеціальної конфігурації зі сталі 45 ($\sigma_B=500-600$ МПа).

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Установити різці, наладити верстак на відповідні режими різання, підготувати приладдя для проведення вимірювань шорсткості.
2. Обточити ступінчату заготовку без зміни глибини різання, подачі, радіуса закруглення різця та інших факторів при змінній швидкості різання V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 в межах від 20 до 150 м / хв.
3. Обточити заготовку без зміни глибини і швидкості різання, радіуса закруглення вершини різця та інших факторів при змінній величині подачі S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 в межах від 0,1 до 0,8 мм / об.
4. Обточити заготовку без зміни глибини і швидкості різання, подачі та інших факторів при змінній величині радіуса закруглення вершини різця r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 в межах від 1 до 5 мм.
5. Виміряти мікронерівності оброблюваних поверхонь після обробки 4–5 ступенів заготовки при одному змінному параметрі. Для цього заготовку знімають з верстака і передають на робоче місце, де в автоматичному режимі, шляхом неодноразового повороту деталі, роблять від 3 до 5 вимірювань шорсткості поверхні заготовки. Покази приладу R_a приводять до середньоарифметичного значення.
6. Заповнити протокол досліджень (табл. 1).
7. По результатах досліджень побудувати графіки залежностей $R_a=f(V)$, $R_a=f(S)$, $R_a=f(t)$. Графіки цих залежностей будуються в прямокутній системі координат.
8. Проаналізувати отримані результати.

ПРОТОКОЛ
Дослідження впливу окремих факторів
на шорсткість поверхні при точенні

Верстат: модель _____.

Різець _____.

Матеріал різальної частини _____.

Оброблюваний матеріал _____.

Марка оброблюваного матеріалу _____.

Таблиця 1

Номер досліду	1	2	3	4	5
Кути різця:					
γ					
α					
φ					
φ_1					
Діаметр заготовки D , мм					
Радіус закруглення вершини r , мм					
Швидкість різання V , мм/хв					
Глибина різання t , мм					
Подача S , мм/об					
Число обертів n , 1/хв					
Довжина поверхні l , мм					
Величина R_a					
Квалітет точності					

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ОЧПУ «РОЗМІР 4»

Мета роботи: придбати навики програмування систем ЧПУ.

Дане обладнання дозволяє одночасно керувати переміщеннями по трьох лінійних координатах та одній кутовій:

X – поздовжнє переміщення стола зліва направо та справа наліво;

Y – вертикальне переміщення вверх та вниз;

Z – горизонтальне (осьове) переміщення шпиндельної бабки;

C – обертання шпинделя.

Переміщення по *X*, *Y*, *Z* задають в мікронах, по *C* – в кутових дискретах, ціна одного оберту шпинделя – 2000 кутових дискрет.

Крім того, обладнання може керувати двома позиційними кутовими переміщеннями обертового стола (координати *A* і *B*), з яких на даному верстаті реалізовано одне обертання обертового стола в горизонтальній площині, тобто по координаті *B*.

Обертання стола відробляється з дискретністю 15° при відсутності в цей час інших контурних переміщень. Відповідна команда має адресу *B* також код кута (табл. 1).

Таблиця 1

Кут, °	0	15	30	45	60	75	90	105	120
Код	20	100	190	270	350	440	520	600	690
Кут, °	135	150	165	180	195	210	225	240	255
Код	770	850	940	1020	1100	1190	1270	1350	1440
Кут, °	270	285	300	315	330	345	360		
Код	1520	1600	1690	1770	1850	1940	20		

Швидкість обертання шпинделя, неузгодженого з іншими переміщеннями, задають в об/хв. Відповідна команда для верстата моделі МС-12-250МІ має адресу *A* і код швидкості обертання (табл. 2).

Таблиця 2

Швидкість, об/хв	45	63	90	125	180	250
Код	80	250	410	580	740	910
Швидкість, об/хв	355	500	710	1000	1400	2000
Код	1080	1240	1410	1570	1740	1910

Поряд з перерахованими об'єктами управління, лінійними й обертаючими рухами верстата обладнання «Розмір 4» керує заміною інструментів, включенням і виключенням охолодження, перемоткою перфострічки та ін. Розташування керуючих органів на шкафу ОЧПУ показано на рис. 1.

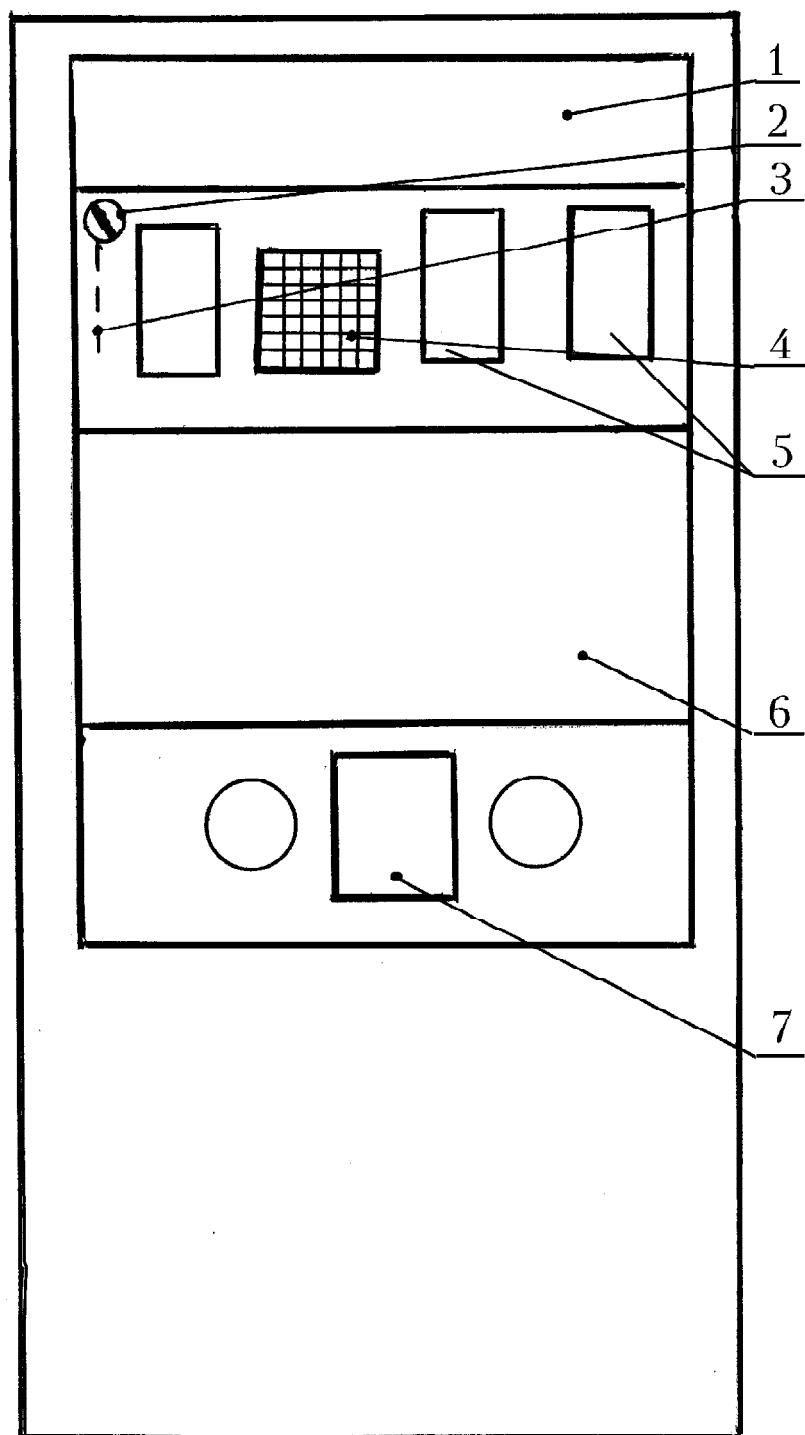


Рис. 1. Розташування керуючих органів на шкафу ОЧПУ:

- 1 – поле установки нулів; 2 – регулятор яскравості; 3 – перемикач режимів висвітлення; 4 – пульт вводу; 5 – пульт керування ОЧПУ;
- 6 – поле набору довжини (корегування довжини)
та радіуса інструмента; 7 – вимикач «ФСУ-Р4»

В обладнані використовується роздільна індексація введення даних (буферна пам'ять), підрахованого завдання на відробку потокового кадру (робоча пам'ять) та фактичного стану команд, координат і режимів. Перемикання індексації виконується клавішними перемикачами (див. рис.1).

Після включення обладнання висвітлюється фактичне положення по усіх координатах, а також команди з адресами G та M , які мають початкові значення. Команди G висвітлюються в режимі індексації робочої пам'яті, команди M – в режимі індексації фактичного стану. Індексація решти даних відбувається в процесі подальшої роботи. Яскравість індексації можна підстрийти регулятором (див. рис. 1).

Для зручного введення керуючої програми використовується клавіатура пульта вводу з клавішами адресів, числовою і допоміжною інформацією. Для введення якої-небудь команди послідовно натискають клавіші адреси, знака, а потім номера розрядів по старшинству, починаючи з найменшого. По індексації буферної пам'яті контролюється процес введення. Набирання знака «+» і старших нулів не обов'язкове. Після закінчення набору числа, наступною адресою його вводять у буферну пам'ять. Після введення команди LF (кінець кадра) набраний кадр автоматично переходить у робочу пам'ять і буде опрацьований верстатом після натискання кнопок $S17.1$ (ручне введення), $S18.1$ (налагодження) на пульті керування ЧПУ.

Для вилучення будь-якої команди з буферної пам'яті необхідно натиснути клавішу адреси команди, яку вилучають, і клавішу «Скидання по адресі». Для знищення і початкового установлення всієї пам'яті ОЧПУ, включаючи й буферну, натискають кнопку «Загальне скидання».

Коди і призначення команд відповідно до міжнародного стандарту ISO подані у відповідній таблиці. Початкове установлення деяких команд, позначених у таблиці знаком «*», забезпечується автоматично після появи символу «%» (початок програми) або «:» (головний кадр). У групах, для яких початкове установлення не вказане, у вихідному стані відсутні всі команди.

Таблиця команд включає також знаки:

* – команда діє тільки в одному кадрі;

K – команда починає діяти до початку переміщення;

O – команда починає діяти після початку переміщення.

При програмуванні команди $G53$ команди $G54 – G57$, запрограмовані раніше, зберігаються в пам'яті і діють в наступному кадрі без підтвердження.

Послідовність адрес у кадрі: $N, G, X, Y, Z, I, J, K, U, V, W, P, Q, R, A, B, C, D, E, F, S, T, M, N, LF$.

Адреси G та M можуть бути записані в кадрі по декілька разів, але не менше однієї команди від кожної із дев'яти груп.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Після ознайомлення з пультом ввода і таблицею команд запрограмувати в ручному режимі одне з наведених нижче завдань.

1. Переміщення положків вправо на 100 мм з швидкістю 1000 мм/хв, пуск шпинделя по часовій стрілці.
2. Переміщення супорта вниз на 50 мм, зупинник шпинделя.
3. Переміщення шпиндельної бабки до деталі на 50 мм, пуск шпинделя проти годинникової стрілки.
4. Переміщення шпиндельної бабки в точку з координатою $Z=600$, зупинка шпинделя.
5. Поворот стола на кут 90^0 , пуск шпинделя за годинниковою стрілкою.
6. Одночасове переміщення положків вліво на 100 мм і супорта вверх на 50 мм.
7. Одночасове переміщення шпиндельної бабки до деталі на 120 мм й опускання супорта на 50 мм
8. Поворот стола на кут 45^0 , зупинка шпинделя.
9. Одночасове переміщення шпиндельної бабки до деталі на 50 мм і положків вправо на 150 мм.
10. Одночасове переміщення шпиндельної бабки від деталі на 50 мм й обертання шпинделя на 1 оберт.
11. Переміщення шпиндельної бабки в точку з координатою $Z=400$, пуск шпинделя — за годинниковою стрілкою.
12. Поворот стола на кут 45^0 , зупинник шпинделя.

Зауваження

1. Кадри з лінійними переміщеннями повинні мати команду $M22$.
2. Зміна інструмента — команда $M06$ записується окремим кадром.
3. Вибір швидкості обертання шпинделя і включення його не можна задавати в одному кадрі.
4. Вибір швидкості обертання шпинделя не можна задавати в одному кадрі з координатними переміщеннями.
5. Команди, які задають швидкість обертання шпинделя і поворот стола не виконуються, якщо в попередніх кадрах введена і не скасована корекція на радіус інструмента.

Звіт по зробленій роботі

Студенти пред'являють викладачу написані ними кадри керуючої програми, які містять команди, що підлягають обробці.

Правильно складені кадри вводять в ручному режимі в обладнання ЧПУ, після чого їх обробляє верстат.

ЗМІСТ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1 ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ І КОНСТРУКЦІЇ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА	3
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2 ВПЛИВ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ НА СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3 ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4 ВПЛИВ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ І ГЕОМЕТРІЇ ІНСТРУМЕНТА НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ	32
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ОЧПУ «РОЗМІР 4»	36