

**МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технологій  
виготовлення матеріалів**

**ОБРОБКА МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни**

***«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТКМ»***

**Харків – 2015**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення 19 травня 2014 р., протокол № 33.

Рекомендуються для студентів механічного та будівельного факультетів денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

проф. Л.А. Тимофєєва,  
доц. Л.І. Путятіна

Рецензент

проф. Е.С. Геворкян

ОБРОБКА МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТКМ»

Відповідальний за випуск Путятіна Л.І.

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 30.05.14 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

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

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технологій  
виготовлення матеріалів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни**

***«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТКМ»***

***Розділ «Обробка металів різанням»***

**Харків 2015**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри матеріалів та технологія виготовлення виробів транспортного призначення 19 травня 2014 р., протокол № 33.

Рекомендуються для студентів механічного та будівельного факультетів денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

проф. Л.А. Тимофєєва,  
доц. Л.І. Пуятіна

Рецензент

проф. Е.С. Геворкян

## ВСТУП

Лабораторні роботи з розділу «Обробка металів різанням» дисципліни «Матеріалознавство та ТКМ» спрямовані на поглиблення і закріплення теоретичних знань, набутих студентами у процесі лекційних занять.

У процесі виконання лабораторних робіт студент повинен чітко орієнтуватись у типажі та геометрії стандартного інструменту, який використовується при різних видах обробки; мати уявлення про розрахунок елементів режимів різання і раціональний їх вибір; засвоїти основи фізичних явищ, які супроводжують процес різання, та їх роль у досягненні якості поверхневого шару оброблюваного матеріалу, стійкості інструменту; закріпити навички проведення дослідів, обробки результатів, формулювання висновків за результатами досліджень.

Звіт з лабораторних робіт оформляється в зошиті з полями (20 мм) справа. Звіт повинен містити номер лабораторної роботи, її тему, метод виконання, короткі теоретичні відомості, таблиці для занесення дослідних даних, схеми геометричних параметрів інструментів, схеми дослідних установок, графічні залежності досліджуваних параметрів і висновки з роботи.

Для виконання лабораторної роботи студент повинен підготувати відповідний теоретичний матеріал та коротко законспектувати його у звіті, засвоїти послідовність виконання практичної частини роботи. Після відповіді на питання, поставлені викладачем, студент допускається до виконання практичної частини роботи й оформляє звіт згідно з висунутими вимогами. Виконана і належним чином оформлена лабораторна робота захищається шляхом співбесіди з викладачем.

На захисті студент має продемонструвати ґрунтовні знання з теорії і методів дослідження, уміння пояснювати отримані результати, а також користуватися вимірювальними інструментами і приладами.

# **Лабораторна робота 1**

## **ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ**

(2 години)

### **1.1 Мета роботи**

1 Вивчення конструкції і геометричних параметрів токарних різців та їх вплив на процес обробки різанням.

2 Засвоєння методики вимірювання геометричних параметрів різних типів токарних різців.

3 Проведення аналізу результатів експериментальних даних.

### **1.2 Загальні теоретичні положення**

У практиці металообробки застосовуються різні види різального інструменту. Проте формою різальної частини всіх різальних інструментів є клин, який має одну або декілька різальних кромки.

ГОСТ 25762-83 установлює єдині, які використовуються в науці, техніці, виробництві, терміни і визначення загальних понять, що стосуються всіх видів обробки різанням, а також буквені позначення величин кінематичних елементів різання, координатних площин і елементів леза.

Найбільш розповсюдженими різальними інструментами й водночас найбільш простими за конструкцією є різці, тому геометрію різальних інструментів розглянемо на прикладі токарного прохідного різця.

#### **1.2.1 Конструкція та геометричні параметри токарних різців**

##### ***Поверхні на оброблюваній заготовці***

При обробці заготовки на токарному верстаті (рисунок 1.1) на ній розрізняють такі поверхні: оброблювану 1; різання 2 (утворюється в процесі різання безпосередньо різальною кромкою); оброблену 3.

## Основні частини й елементи різця

Різець (рисунок 1.2) складається з державки або тіла 1, яка призначена для закріплення різця в різцетримачі, і різальної частини або головки 2.

Головка різця складається з поверхонь: передньої 3, якою сходять стружка; головної задньої 7, оберненої до оброблюваної поверхні; допоміжної задньої 6, оберненої до обробленої поверхні.

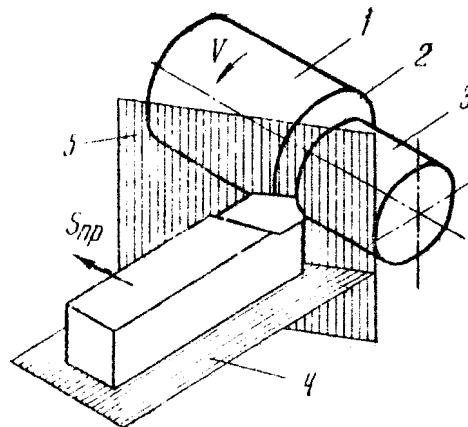
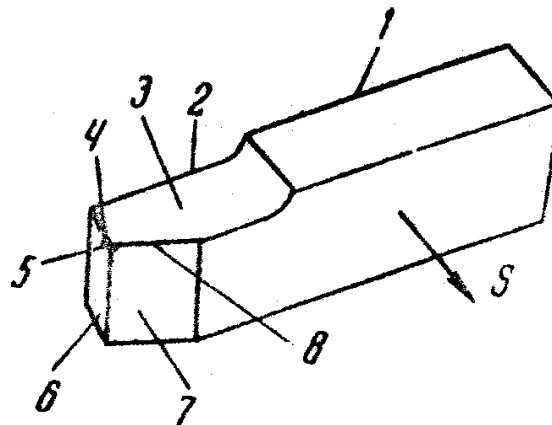


Рисунок 1.1 – Поверхні на оброблюваній заготовці та координатні площини

Перетин передньої і головної задньої поверхонь утворює головну різальну кромку 8, а передньої і допоміжної задньої поверхонь – допоміжну різальну кромку 4. Сполучення головної і допоміжної різальних кромки утворює вершину різця 5.



## Рисунок 1.2 – Основні частини та елементи токарного різця *Координатні й січні площини*

З метою визначення кутів різання встановлені такі координатні і січні площини (рисунок 1.1):

- площина різання 5, яка дотична до поверхні різання і проходить через головну різальну кромку;
- основна площина 4, паралельна поздовжньому і поперечному переміщенням різця під час роботи верстата;
- головна січна площина, перпендикулярна проекції головної різальної кромки на основну площину;
- допоміжна січна площина, перпендикулярна проекції допоміжної різальної кромки на основну площину.

### *Геометричні параметри різальної частини різця*

Розглянемо кути різця, що вимірюються в головній січній площині (рисунок 1.3). Ці кути мають назву *головні*.

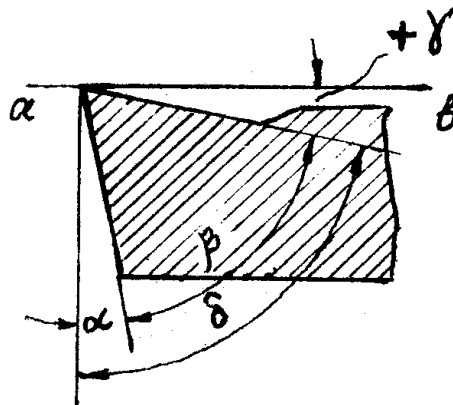


Рисунок 1.3 – Кути різця в головній січній площині

*Головний задній кут  $\alpha$*  – це кут, що утворюється між головною задньою поверхнею і площиною різання.

*Кут загострення  $\beta$*  – це кут, що утворюється між передньою і задньою поверхнями різця.

*Передній кут  $\gamma$*  – це кут між передньою поверхнею різця і площиною, перпендикулярною до площини різання і паралельною основній площині.



Якщо слід передньої поверхні у головній січній площині нижче лінії  $ab$ , перпендикулярної до площини різання, то передній кут називається *додатним*, якщо вище, то *від'ємним*.

Кут різання  $\delta$  – кут між передньою поверхнею різця і площиною різання.

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ; \alpha + \beta = \delta; \delta + \gamma = 90 \quad (1.1)$$

Кути різця у плані – це кути, що вимірюються в основній площині (рисунок 1.4).

Головний кут у плані  $\varphi$  – кут між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрямом подачі.

Допоміжний кут у плані  $\varphi_1$  – кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямом, зворотним напрямку подачі.

Кут при вершині різця  $\varepsilon$  – кут між проекцією головної і допоміжної різальних кромки на основну площину.

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ. \quad (1.2)$$

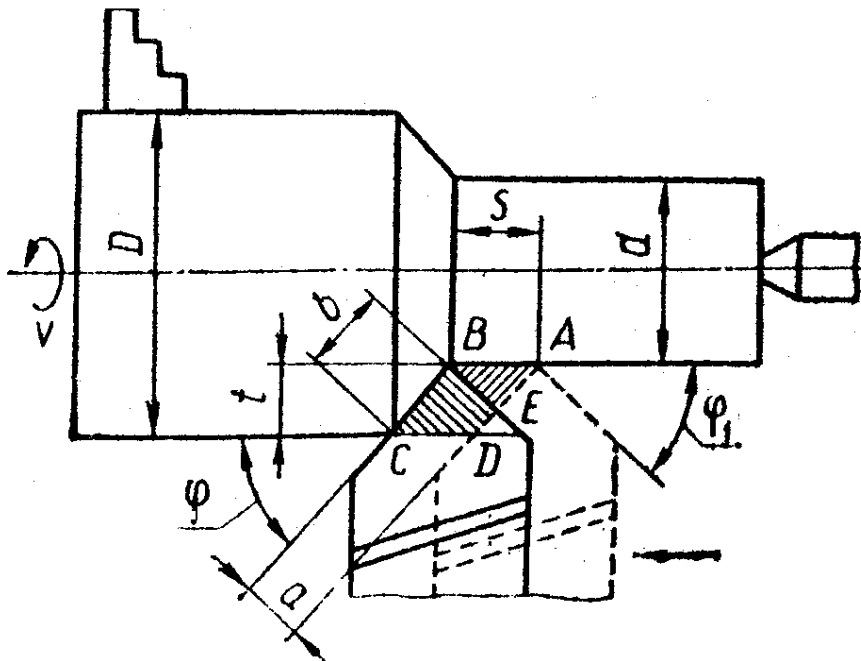


Рисунок 1.4 – Кути різця у плані та елементи режиму різання при точінні

Кут нахилу головної різальної кромки  $\lambda$  називають кут між головною різальною кромкою і лінією, проведеною через вершину різця паралельно основній площині (рисунок 1.5). Кут  $\lambda$  – додатний, якщо вершина різця є найнижчою точкою головної різальної кромки, або від’ємний, якщо вершина різця займає найвище положення на кромці. Від  $\lambda$  залежить напрям відведення стружки. Якщо кут  $\lambda > 0$ , стружка сходить у напрямі, зворотному подачі. Якщо кут  $\lambda < 0$ , стружка сходить у напрямі подачі. При  $\lambda = 0$  стружка сходить уздовж осі різця. Різці з кутами  $\lambda = 0$  та  $\lambda > 0$  застосовуються при чорновому точінні, а з  $\lambda < 0$  – при чистовому.

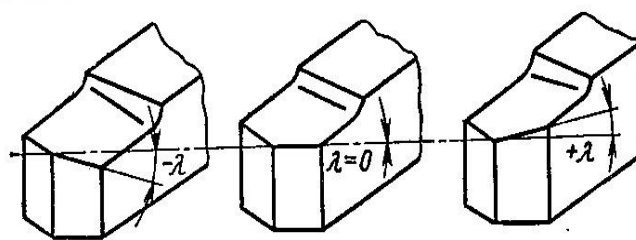


Рисунок 1.5 – Кут нахилу головної різальної кромки

### ***Вплив геометричних параметрів різця на процес різання***

Задній кут  $\alpha$  призначений для зменшення тертя задньої поверхні різця об поверхню різання. Проте надмірне збільшення заднього кута може призвести до зниження міцності найбільш навантаженої частини різця і швидкого його руйнування. На практиці кут  $\alpha$  вибирають близько  $6...12^\circ$ .

Передній кут  $\gamma$  відіграє важливу роль у процесі різання. З його збільшенням полегшується врізання різця в оброблюваний матеріал, зменшується деформація зрізаного шару, сила різання і витрата потужності. Але збільшення переднього кута (зменшення кута різання  $\delta$ ) призводить до зменшення кута загострення  $\beta$ , а отже, послаблює різальну частину різця, погіршує відведення теплоти. У практиці найчастіше використовують різці з передніми кутами від  $-10$  до  $+20^\circ$ .

Кути в плані  $\varphi$  і  $\varphi_1$  значною мірою впливають на стійкість різця і шорсткість обробленої поверхні. Зі зменшенням у певних

межах кута  $\varphi$  стійкість різця зростає і чистота обробленої поверхні поліпшується. Найчастіше його беруть близько 30...90°.

### 1.2.2 Класифікація токарних різців

Багатоманітність робіт, що виконуються на токарних верстатах, вимагає застосування різних за конструкцією і призначенням різців. Токарні різці класифікують за такими ознаками:

- за напрямом подачі – *праві і ліві*, останні застосовують при обробці ступінчастих валів, торцевих поверхонь, обернених до шпинделя верстата;

- за формою головки – *прямі, відігнуті і з відтягнутою головкою* (різальна частина є тоншою, ніж державка);

- за характером операцій, що виконуються, – *чорнові і чистові*;

- за призначенням – *прохідні, підрізні, відрізні, розточувальні, різьбові і фасонні*;

- за конструкцією – *суцільні* (головка і тіло різця виконані з одного матеріалу; *складені* – з привареною в стик головкою; з припаяною пластинкою (наприклад із твердого сплаву); з механічним кріпленням різальних пластин (із твердих сплавів або мінералокераміки);

- за матеріалом різальної частини – *вуглецеві, швидкорізальні, твердосплавні, мінералокерамічні, алмазні та із надтвердих матеріалів*.

### 1.2.3 Елементи режиму різання при точінні

*Глибиною різання  $t$* , мм, називається товщина шару металу, що знімається за один прохід різця (рисунок 1.4). При поздовжньому точінні:

$$t = \frac{D-d}{2}. \quad (1.3)$$

*Подачею  $S$*  називається переміщення різця в напрямі руху подачі за час, поки деталь зробить один оберт. Залежно від

напряму руху подачі вона може бути поздовжньою, поперечною або розташованою під кутом до заготовки.

*Швидкість різання*  $v$ , м/хв – це шлях, який проходить точка, що лежить на оброблюваній поверхні заготовки відносно різальної кромки інструменту за одиницю часу:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (1.4)$$

#### **1.2.4 Стійкість і матеріали різальної частини інструменту**

*Спрацювання різальної частини інструменту* характеризує його здатність протидіяти мікроскопічному руйнуванню на поверхнях контакту із заготовкою та стружкою. Розрізняють кілька видів спрацювання інструменту.

*Абразивне спрацювання* – це механічне зношування, дряпання інструменту твердими частинками оброблюваного матеріалу, твердість яких сумірна твердості матеріалу інструмента. Цей вид спрацювання переважає при відносно невеликих швидкостях різання і під час обробки крихких матеріалів (зазвичай по основній задній поверхні інструменту).

*Адгезійне спрацювання* – це наслідок процесу холодного зварювання матеріалу інструменту і стружки на виступаючих ділянках площі контакту між ними з подальшим відривом дрібних частинок матеріалу інструменту і винесенням їх зі стружкою із зони різання.

*Дифузійне спрацювання* відбувається внаслідок взаємної дифузії матеріалу інструменту й оброблюваної заготовки за умови підвищення температури контактних поверхонь до 900...1000 °С.

*Окисне спрацювання* буває при температурах різання 700...800 °С, коли кисень повітря вступає в хімічну реакцію з матеріалом інструменту (кобальтовою складовою твердого сплаву, карбідами вольфраму і титану).

*Крихке спрацювання* – це процес сколювання (викришування) макрочасток матеріалу інструменту.

У процесі різання спостерігається одночасна дія різних видів спрацювання, що визначає кінцеву стійкість інструменту за даних умов.

*Стійкістю інструменту* називають час його роботи за певних режимів різання між операціями його переточування. На стійкість впливають такі фактори, як хімічний склад і властивості оброблюваного матеріалу, матеріал, з якого зроблений різальний інструмент, режим різання та умови обробки. Наприклад, стійкість токарних різців зі швидкорізальних сталей у середньому дорівнює 30...60 хв, твердосплавних різців – 45...90 хв, циліндричних фрез – 180...240 хв.

Однією з основних характеристик спрацювання і стійкості інструменту є *критерій його затуплення* – гранично допустима величина зношування, за якої інструмент втрачає нормальну працездатність  $h_3$ .

Критерієм затуплення вважають певний рівень спрацювання головної задньої поверхні інструменту, оскільки це зумовлює збільшення сил різання, тертя, підвищення температури, шорсткості оброблюваної деталі. Величина  $h_3$  залежить від матеріалу деталі та інструменту, режиму різання, чистоти і точності обробки. Так, для токарних різців із твердосплавними пластинами за чорнової обробки сталі  $h_3 = 0,8...1$  мм, чавуну –  $h_3 = 1,4...1,7$  мм. Для чистової обробки встановлюють технологічні критерії затуплення – такий рівень спрацювання задньої поверхні інструменту, перевищення якого призводить до невідповідності виробу технічним вимогам.

Виходячи з умов експлуатації (високі напруження і температури), матеріал різальної частини інструменту повинен відповідати високим вимогам щодо його властивостей. Основні з них: високі твердість, міцність при згинанні, стійкість проти спрацювання, теплопровідність і достатня в'язкість. Важливою характеристикою різального інструменту є також *червоотривкість* – здатність зберігати високу твердість за високих температур (при нагріванні до темно-червоного розжарювання). Крім цього, матеріали для виготовлення інструменту повинні містити у своєму складі мінімальну кількість дефіцитних легуючих елементів.

Основними інструментальними матеріалами є вуглецеві та леговані інструментальні сталі, тверді металокерамічні сплави і мінералокерамічні матеріали.

*Вуглецеві інструментальні сталі* містять 0,9...1,3 % С (У 10, У11, У12, У13). З підвищенням вмісту вуглецю твердість сталей зростає і після гартування може дорівнювати 60...63 HRC. Проте у зв'язку з низькою теплостійкістю (200...250 °С) застосування їх обмежене. З вуглецевих сталей виготовляють інструмент для невеликих (до 15...18 м/хв) швидкостей різання (плашки, розвертки, ножівкові полотна тощо).

*Леговані інструментальні сталі* забезпечують високу твердість і теплостійкість (250...300 °С) інструменту. Легування сталі такими елементами, як Cr, V, Mo, W тощо, підвищує їхні міцність, прогартуваність, зносостійкість, теплостійкість. Інструменти з легованої сталі мають кращі різальні властивості, менш схильні до деформації й тріщиноутворення під час гартування. Оскільки теплостійкість цих інструментів невисока, їх використовують при швидкостях різання, що не перевищують 25 м/хв (свердла, розвертки, мітчики, плашки, протяжки тощо).

*Швидкорізальні сталі* – це леговані сталі, що містять у своєму складі значну кількість вольфраму (близько 19 %), хрому (близько 4,5 %), молібдену (близько 5 %), а також ванадій, кобальт, інші домішки. Після гартування і відпуску твердість швидкорізальної сталі дорівнює 62...65 HRC, теплостійкість 650 °С, тобто червонотривкість цих сталей висока. Для економії дефіцитних і дорогих елементів інструменти з швидкорізальних сталей виготовляють з хвостовиком із конструкційної сталі. Такі інструменти можуть витримувати швидкості різання, що у 4 рази перевищують швидкість різання інструменту з вуглецевих сталей. Для виготовлення інструментів складної форми і підвищеної стійкості використовують сталі типу P18, для інструментів інших форм – сталі типу P9. Число після літери P у марках швидкорізальних сталей означає вміст вольфраму (у відсотках). Кобальтові сталі P9K5, P9KF, P18K5F2 використовують для виготовлення інструментів, що працюють за умов переривчастого різання, вібрації, а також для обробки важкооброблюваних неіржавіючих і жароміцних сталей. Для інструментів чистової обробки використовують ванадієві сталі

(P9Ф5, P14Ф4), а для чорнової обробки – вольфрамомолібденові (P9M4, P6M3, P6M5).

*Тверді металокерамічні сплави* мають високу твердість, стійкість проти спрацювання, міцність, теплостійкість близько 900...1000 °С. Використовують їх для високопродуктивної обробки зі швидкістю різання до 800 м/хв. Тверді сплави виготовляють спіканням при 1500...1900 °С з дисперсних порошків карбідів (WC, TiC, TaC) і порошку кобальту. Тверді сплави поділяють на три групи: вольфрамові (ВК), титановольфрамові (ТК) і титанотанталовольфрамові (ТТК). Додаткові літери В і М у кінці марки сплаву вказують на дисперсність вихідного порошку відповідно 3...5 та 0,5...1,5 мкм. Зі сплавів групи ВК виготовляють інструменти для обробки чавунів, кольорових металів і пластмас; групи ТК — для обробки сталей та інших в'язких матеріалів, зі сплавів групи ТТК — для чорнової обробки сталей. Для цього використовують і значно дешевші *безвольфрамові тверді сплави* (БТТС) на основі карбідів і карбідонітридів титану з нікель-молібденовою зв'язуючою фазою.

*Мінералокерамічні матеріали* забезпечують інструменту ще кращі різальні властивості, високу теплостійкість і швидкість різання. Основою мінералокерамічних матеріалів є порошок оксиду алюмінію  $Al_2O_3$  (глинозем), з якого шляхом пресування і подальшого спікання виготовляють пластини потрібних розмірів і форми. Пластини ці закріплюють на державках різального інструменту. Мінералокераміку використовують для чистової швидкісної обробки за умов відсутності ударних і згинаючих напружень. Добрі показники має мінералокераміка марок ЦМ-332 та ВОК-60.

### **1.3 Порядок виконання роботи**

1 Накреслити схему обробки деталі заданим різцем (рисунок 1.6). На схемі зазначити поверхні: оброблювану та оброблену, поверхню різання, головну різальну кромку, передню і головну задню поверхні, вказати стрілкою напрями головного руху (відносно заготовки) і руху подачі, зазначити кути різця у плані:  $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varepsilon$ .

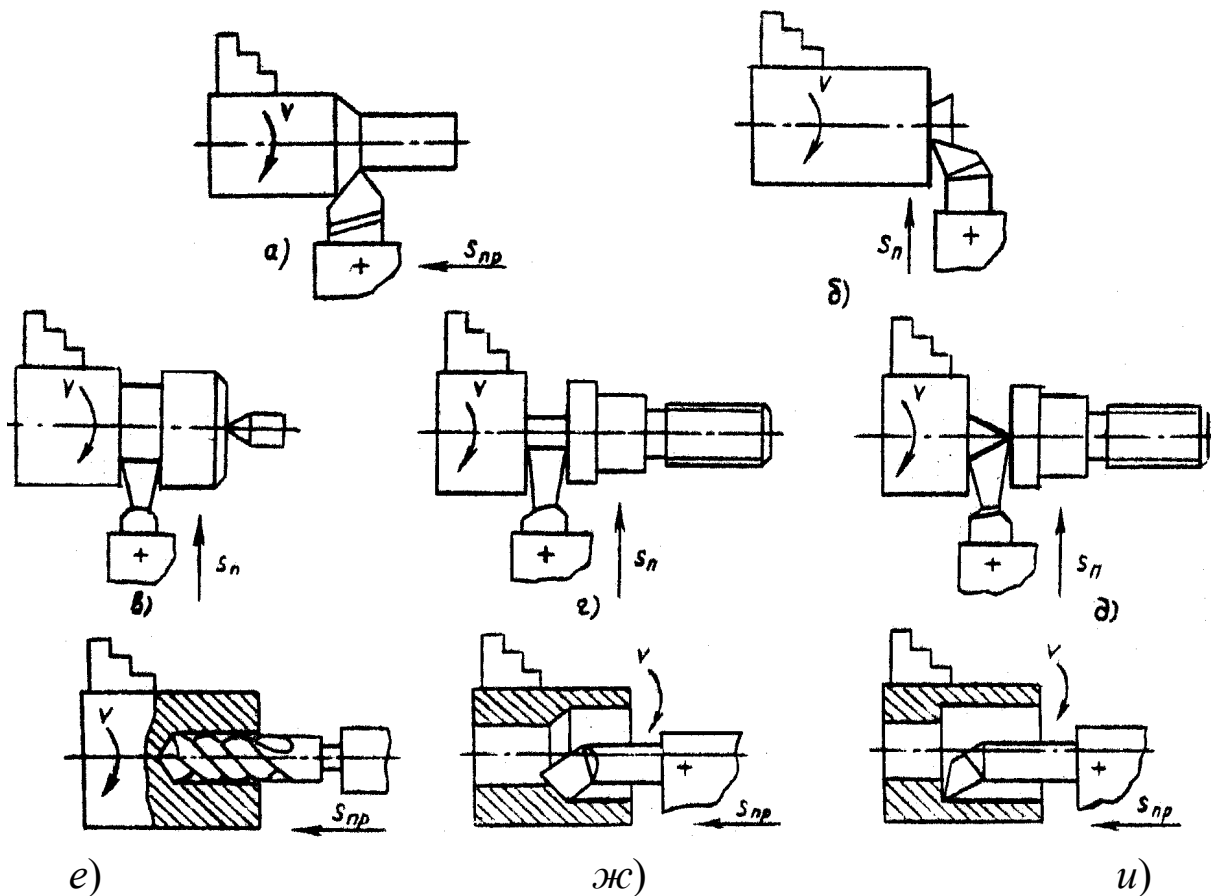


Рисунок 1.6 – Зображення схем обробки заготовок на токарно-гвинторізних верстатах різцями: прохідний прямий (а); прохідний упорний (б); канавний (в); відрізні (г,д); розточувальний прохідний (ж); розточувальний упорний (и); свердлом (е)

2 Виміряти вимірювальною лінійкою або штангенциркулем основні розміри різця (рисунок 1.7): довжину різця  $L$ , довжину його головки  $l_1$  і довжину державки  $l_2$ , переріз державки різця  $B \times H$ , висоту  $h$ .

3 Виміряти радіусоміром радіус закруглення вершини різця  $r$ .

4 Виміряти кути різця ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varphi, \varphi_1, \varepsilon, \lambda$ ), використовуючи універсальний і настільний кутоміри. Універсальним кутоміром (рисунок 1.8) виміряти кути у плані: головний  $\varphi$  і допоміжний  $\varphi_1$ . Вимірювальну лінійку кутоміра „в” прикласти до боку державки різця, вимірювальну лінійку „а” підвести до головної різальної кромки і на шкалі кутоміра виміряти значення кута  $\varphi$ . Аналогічно виміряти допоміжний кут у плані  $\varphi_1$ . Підрахувати кут при вершині різця  $\varepsilon$ .



Настільним кутоміром виміряти головні передній  $\gamma$  і задній  $\alpha$  кути, а також кут нахилу головної різальної кромки  $\lambda$ .

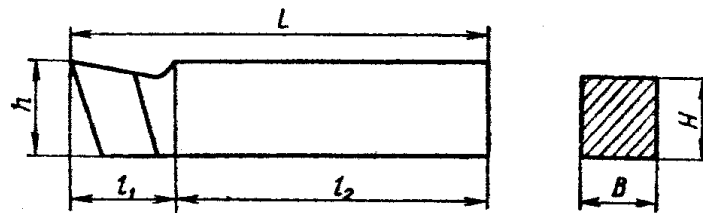


Рисунок 1.7 – Токарний прохідний різець

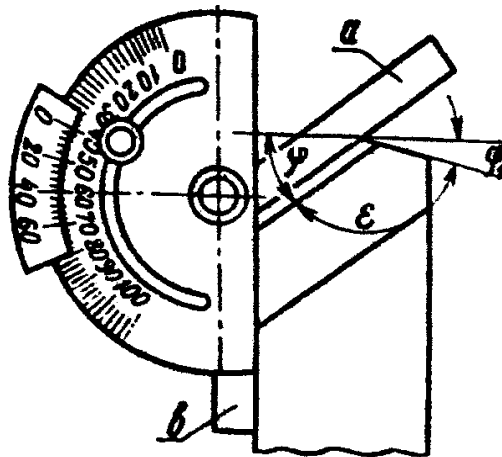


Рисунок 1.8 – Вимірювання головного кута у плані універсальним кутоміром

Для вимірювання головних – переднього та заднього кутів, вимірювач з лінійками „а” і „б” (рисунок 1.9) встановити в головній січній площині (перпендикулярно проекції головної різальної кромки на основну площину). При вимірюванні заднього головного кута  $\alpha$  вимірювальну лінійку „а” притиснути до головної задньої поверхні різця (рисунок 1.9, а) і на шкалі кутоміра „с” прочитати значення кута  $\alpha$ .

При вимірюванні головного переднього кута  $\gamma$  вимірювальну лінійку „б” притиснути до передньої поверхні різця і на шкалі „с” прочитати значення кута  $\gamma$  (рисунок 1.9, б).

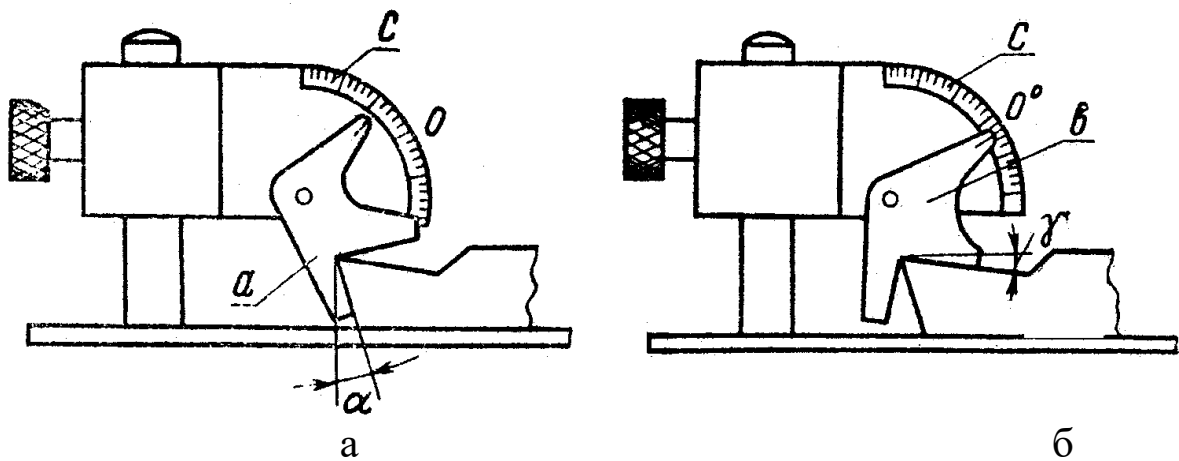


Рисунок 1.9 – Схема вимірювання головного заднього (а) та переднього (б) кута на настільному кутомірі

При вимірюванні кута нахилу головної різальної кромки  $\lambda$ , лінійку „в” вимірювання сумістити з головною різальною кромкою (рисунок 1.10) і на шкалі „с” прочитати значення кута.

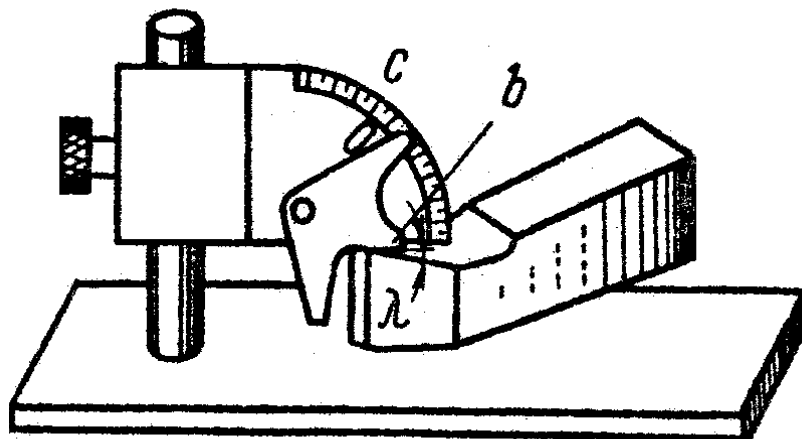


Рисунок 1.10 – Схема вимірювання кута нахилу головної різальної кромки на настільному кутомірі

Кут різання  $\delta$  і кут загострення  $\beta$  визначити відповідно за формулами:

$$\delta = 90^\circ - \gamma \quad \text{і} \quad \beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma). \quad (1.5)$$

5 Накреслити переріз різця головною січною площиною та зазначити кути  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  (рисунок 1.3).

## 1.4 Зміст звіту

У звіт необхідно включити:

- схему обробки деталі заданим різцем;
- переріз різця головною січною площиною;
- зазначити оброблювану й оброблену поверхні, поверхню різання, головну різальну кромку, передню і головну задню поверхні, указати стрілкою напрям головного руху і руху подачі, зазначити кути  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ,  $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varepsilon$ ,  $\lambda$ ;
- ескіз різця у двох проекціях;
- характеристику різця (найменування, марка матеріалу різальної частини);
- результати виміру основних розмірів і кутів токарного різця (таблиці 1.1 та 1.2).

Таблиця 1.1 – Результати вимірювання конструкційних параметрів токарного різця

Позначення розмірів		$L$	$l_1$	$l_2$	$h$	$B$	$H$
Значення розмірів							

Таблиця 1.2 – Результати вимірювання кутів токарного різця

Позначення кутів	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\varphi$	$\varphi_1$	$\varepsilon$	$\lambda$
Значення кутів								

### Контрольні питання

1 Які є поверхні на оброблюваній заготовці та координатні площини, що використовуються для визначення кутів різця?

2 Назвіть основні конструкційні частини й елементи токарного різця.

3 Які існують кути різця в головній січній площині?

4 Назвіть кути різця у плані, що вимірюються в основній площині.

- 5 Яким чином впливають геометричні параметри різця на процес різання?
- 6 Дайте визначення елементам режиму різання при точінні.
- 7 За якими ознаками класифікують токарні різці? Назвіть типи токарних різців.
- 8 Які види спрацювання різального інструменту ви знаєте?
- 9 Що таке стійкість різального інструменту та критерій його затуплення?
- 10 Які вимоги ставляться до інструментальних матеріалів?
- 11 Дайте характеристику основним видам інструментальних матеріалів.
- 12 Якими приладами вимірюють геометричні параметри токарного різця?

## **Лабораторна робота 2**

### **ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СПІРАЛЬНОГО СВЕРДЛА**

(2 години)

#### **2.1 Мета роботи**

1 Вивчення конструкції і геометричних параметрів спірального свердла, елементів режиму різання та зрізаного шару при свердлінні і розсвердлюванні отворів.

2 Засвоєння методики вимірювання конструктивних елементів та геометричних параметрів спіральних свердел.

3 Проведення аналізу результатів експериментальних даних.

#### **2.2 Загальні теоретичні положення**

##### **2.2.1 Призначення, будова та геометрія спірального свердла**

Свердління застосовується для обробки отворів у суцільному металі та для збільшення діаметра отвору (розсвердлювання). Свердла дають змогу отримувати отвори з

точністю за 11–14 квалітетами і шорсткістю обробленої поверхні  $R_a = 6,3\text{--}12,5$  мкм. Невисока точність обробки обумовлена можливістю розбивання отвору та можливим зміщенням осі отвору.

Спиральне свердло (рисунок 2.1) є найбільш поширеним інструментом для обробки отворів і складається з різальної та направляючої частин, шийки і хвостовика. На різальній частині свердла (рисунок 2.2) виділяють передню  $3$  і задню  $1$  поверхні, різальні кромки  $4$  і поперечну кромку  $5$ . По передніх гвинтових поверхнях сходять стружка, а задні поверхні свердла обернені до поверхні різання. Перетин передніх і задніх поверхонь утворює різальні кромки. Перетин задніх поверхонь утворює поперечну кромку. Різальна частина характеризується переднім кутом  $\gamma$  та заднім кутом  $\alpha$ , кутом біля вершини свердла  $2\phi$ , кутом нахилу поперечної різальної кромки  $\psi$  та кутом нахилу гвинтової лінії свердла  $\omega$  (рисунок 2.2).

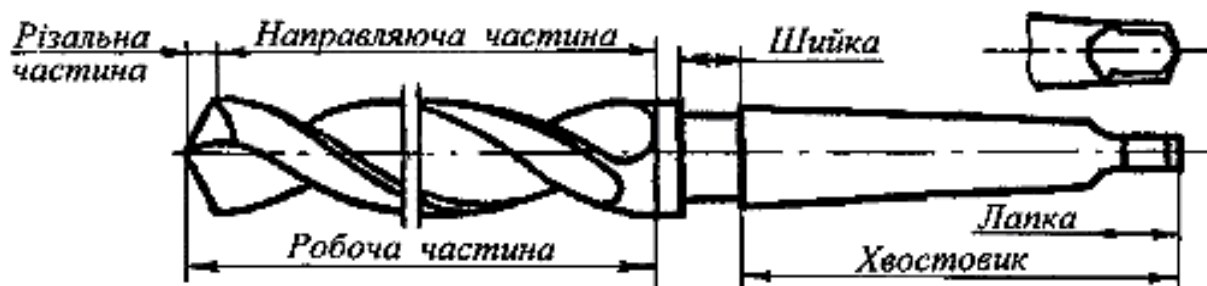


Рисунок 2.1 – Спиральне свердло

Передній кут  $\gamma$  у точці  $K$  вимірюють у головній січній площині. Він утворюється дотичною, проведеною через точку  $K$  до передньої поверхні, та лінією, що проходить через цю точку перпендикулярно до площини різання. Величина переднього кута зменшується при наближенні до осі свердла. На серцевині свердла  $\gamma = 0^\circ$  при нормальній формі заточування, а при підточуванні поперечної кромки кут  $\gamma$  з наближенням до серцевини стає від'ємним. На поперечній кромці свердла передній кут має великі від'ємні значення (до  $-60^\circ$ ). Тому поперечна кромка метал не різє, а витискує його з-під різальної кромки. На це витрачається 50–65 % осьової сили та до 15 % крутного моменту.

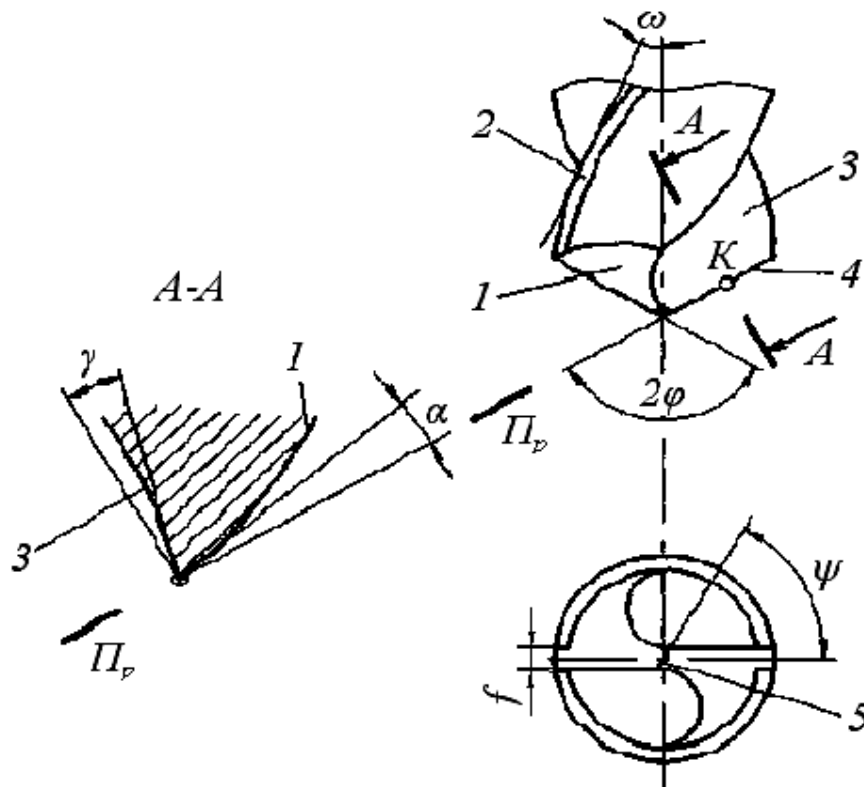


Рисунок 2.2 – Елементи та геометричні параметри спірального свердла

Довжина поперечної кромки визначається діаметром серцевини  $d_c$ . Зі зменшенням діаметра серцевини зменшується довжина поперечної кромки, але при цьому знижується міцність свердла. Для швидкорізальних свердел  $d_c = (0,12-0,2)D$ , для твердосплавних свердел  $d_c = 0,25D$ . У свердл малого діаметра, призначених для обробки важкооброблюваних матеріалів, товщину серцевини збільшують до  $(0,32-0,35)D$ .

Задній кут  $\alpha$  також вимірюється у головній січній площині. Кут  $\alpha$  утворюється дотичною до задньої поверхні, проведеною через точку  $K$ , і площиною різання. Значення заднього кута при наближенні до осі свердла збільшується. У залежності від діаметра свердла  $\alpha = 8-14^\circ$  на периферії і  $\alpha = 20-25^\circ$  біля серцевини свердла.

Перетин різальних кромок утворює кут біля вершини свердла  $2\phi$ . Кут  $2\phi$  впливає на величину складових сили різання, довжину різальної кромки й елементи перерізу стружки. При збільшенні кута  $2\phi$  зменшується довжина різальної кромки, зростають сили різання, що діють на одиницю довжини різальної кромки, тому свердло швидше спрацьовується, але при цьому

збільшується товщина стружки, яка буде легше сходити по гвинтових канавках, вона менше деформується, що обумовлює зниження моменту опору обертанню свердла. Досліди показують, що при зменшенні кута  $2\phi$  зі  $140$  до  $90^\circ$  осьова сила зменшується на  $40\text{--}50\%$ , а момент опору збільшується на  $25\text{--}30\%$ . Значення цього кута вибирається з урахуванням властивостей матеріалу заготовки. Для обробки конструкційних сталей та чавунів  $2\phi = 116\text{--}118^\circ$ . При обробці жаростійких сталей, алюмінієвих сплавів і твердих чавунів кут  $2\phi$  збільшується до  $125\text{--}150^\circ$ . При обробці твердих бронз, пластмас кут  $2\phi$  зменшується до  $80\text{--}110^\circ$ .

*Кут нахилу поперечної кромки  $\psi$*  лежить у площині, перпендикулярній до осі свердла, і утворюється проекціями різальної кромки та поперечної кромки на цю площину. Величина кута  $\psi$  міститься в межах  $50\text{--}55^\circ$ .

Направляюча частина має гвинтові направляючі стрічки, які забезпечують точний напрям руху свердла і знижують шорсткість стінок отвору. *Кут нахилу гвинтової лінії стрічок  $\omega$*  міститься між віссю свердла і дотичною до гвинтової лінії стрічки. Величина цього кута впливає на міцність і жорсткість свердла та на вихід стружки. Зі збільшенням кута  $\omega$  збільшується передній кут  $\gamma$ , тому стружка легше зрізується і легше відводиться, зростає жорсткість свердла на скручування, але знижується жорсткість в осьовому напрямі. Зменшення осьової сили і моменту опору відбувається при зростанні кута  $\omega$  до  $25\text{--}35^\circ$ . При подальшому збільшенні кута  $\omega$  сили різання не зменшуються, але знижується міцність леза біля периферії. Свердла діаметром до  $10\text{ мм}$  мають кут  $\omega = 25\text{--}28^\circ$ , а для більших діаметрів  $\omega = 30\text{--}35^\circ$ . Для обробки в'язких матеріалів (алюмінієві сплави, мідь) рекомендуються свердла з  $\omega = 35\text{--}45^\circ$ . Ширина направляючих стрічок  $f$  вибирається в залежності від діаметра свердла. З метою зниження тертя між стрічками і стінкою отвору, діаметр направляючої частини зменшується в напрямі до хвостовика ( $0,03\text{--}0,12\text{ мм}$  на  $100\text{ мм}$  довжини).

Хвостовик призначений для закріплення і центрування свердла та для передачі крутного моменту. Він може бути циліндричним або конусним. Шийка призначена для з'єднання направляючої частини і хвостовика. На шийці часто вказується діаметр свердла та матеріал різальної частини.

### 2.2.2 Елементи режиму різання

*Швидкість різання  $V$ , м/хв*, – це колова швидкість найбільш віддаленої від осі інструменту точки різальної кромки (рисунок 2.3).

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (2.1)$$

У різних точках інструментів швидкість різання має різне значення. Так, у центрі свердла швидкість різання дорівнює нулю.

*Подача* – це шлях, пройдений інструментом уздовж осі отвору за певний час. Найчастіше визначається подача за один оберт інструменту  $S$ , мм/об.

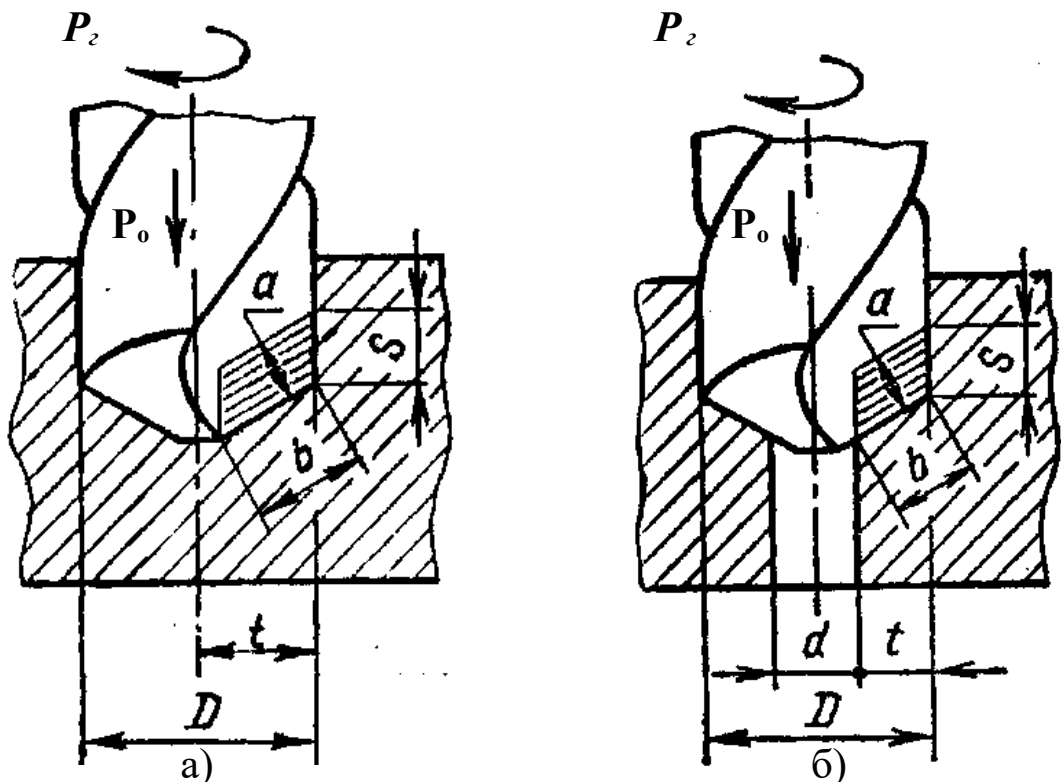


Рисунок 2.3 – Елементи режимів різання та зрізуваного шару при свердлінні (а) і розсвердлюванні (б)

*Глибина різання.* При свердлінні глибина різання  $t$ , мм, визначається як половина діаметра отвору:

$$t = D/2. \quad (2.2)$$



При розсвердлюванні глибина різання  $t$ , мм, визначається як половина різниці діаметрів отвору до і після обробки:

$$t = (D - d)/2. \quad (2.3)$$

Зрізаний шар металу характеризується шириною  $b$  (вимірюється вздовж різальної кромки) і товщиною зрізу  $a$  (вимірюється перпендикулярно до різальної кромки).

### 2.3 Порядок виконання роботи

1 Виконати ескіз свердла у двох проекціях з необхідними перерізами, показати буквами лінійні розміри та позначити кути свердла.

2 Вивчити та описати призначення, будову і конструкцію свердла. Вказати матеріал, з якого виготовлене свердло.

3 За допомогою штангенциркуля та лінійки необхідно виміряти розміри свердла, а саме: загальну довжину свердла  $L$ , довжину робочої частини  $l$ , довжину головної різальної кромки  $l_p$ , довжину поперечної кромки  $l_n$  (рисунок 2.4, б), ширину направляючої стрічки  $f$  (рисунок 2.4, а), діаметр свердла біля різальної частини  $D$  та біля шийки  $D_1$ , діаметр серцевини свердла  $d_c$ .

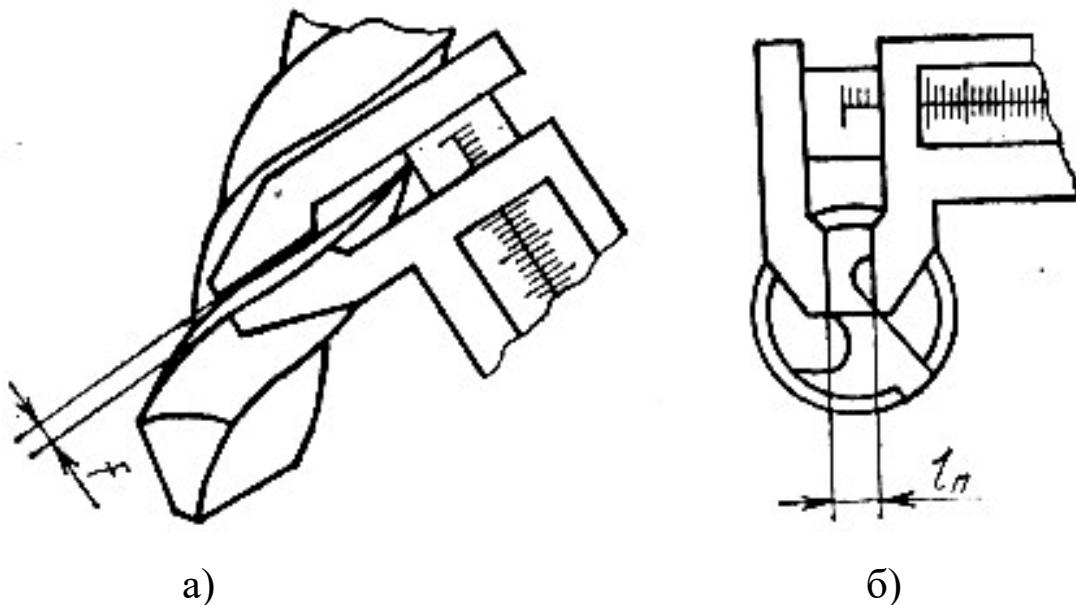


Рисунок 2.4 – Вимірювання ширини направляючої стрічки  $f$  (а) та довжини поперечної кромки свердла  $l_n$  (б)

4 Виміряти кути свердла. Кут біля вершини свердла  $2\phi$  вимірюється безпосередньо на свердлі за допомогою кутоміра. Вимірювання цього кута оптичним кутоміром, який є в лабораторії, виконується так само, як і універсальним кутоміром (рисунок 2.5).

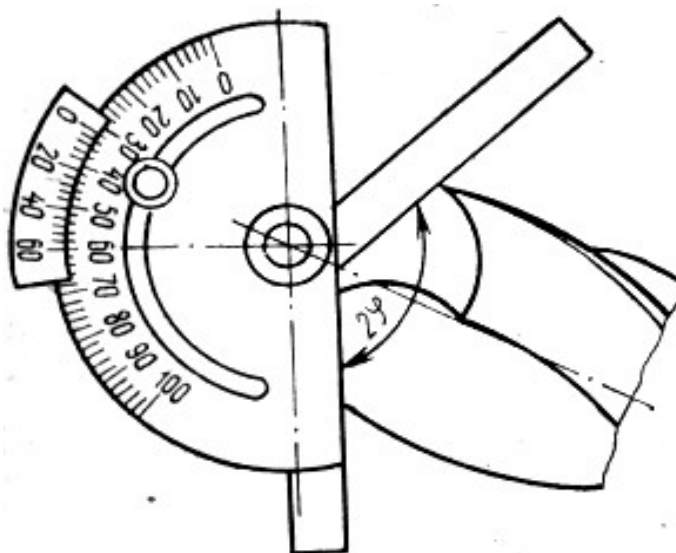


Рисунок 2.5 – Вимірювання кута біля вершини свердла  $2\phi$  універсальним кутоміром

Інші кути свердла виміряти оптичним кутоміром безпосередньо на свердлі досить складно. Простіше проводити вимірювання на відтисках свердла на папері.

Для вимірювання кута нахилу поперечної кромки  $\psi$  необхідно поставити свердло перпендикулярно до зошита, сумістивши напрям різальної кромки з лінією в зошиті, і натиснути на свердло. Поперечна кромка залишить відтиск, по якому можна виміряти величину цього кута (рисунок 2.6).

Для вимірювання кута підйому гвинтової лінії  $\omega$  необхідно свердло покласти на зошит вздовж ліній і натиснути на нього. Направляючі стрічки залишать відтиск у вигляді двох паралельних ліній (рисунок 2.7). За нахилом цих ліній вимірюється кут  $\omega$ .

Передній кут  $\gamma$  та задній кут  $\alpha$  різальної частини свердла вимірюються в площині, перпендикулярній до різальної кромки. Виконати такі вимірювання оптичним кутоміром практично неможливо.

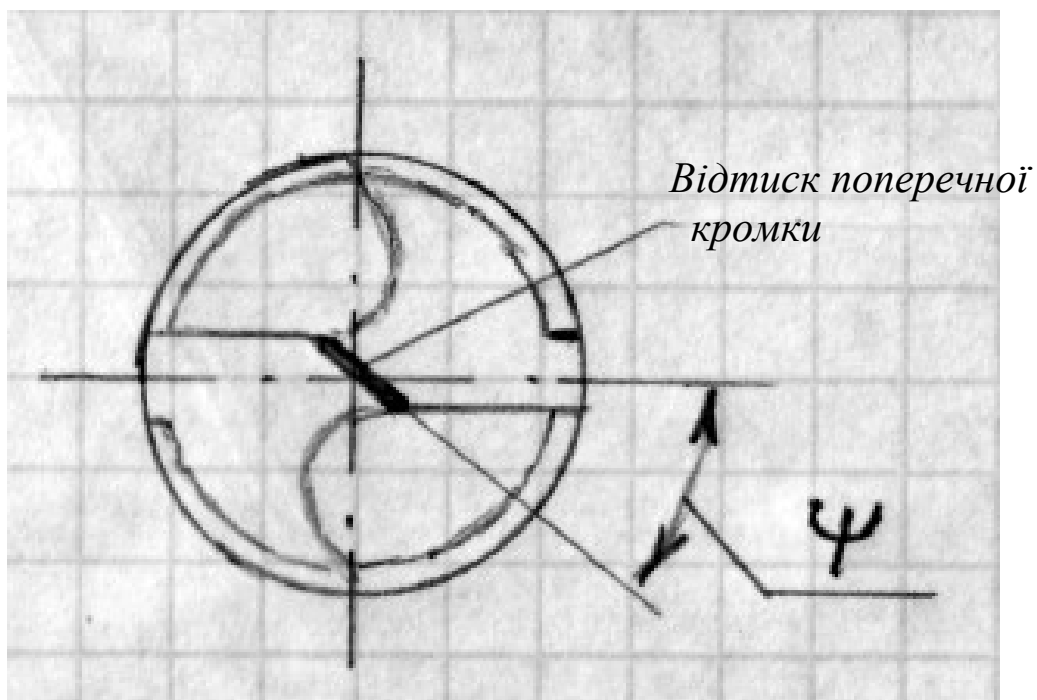


Рисунок 2.6 – Вимірювання кута  $\psi$  за відтиском поперечної кромки

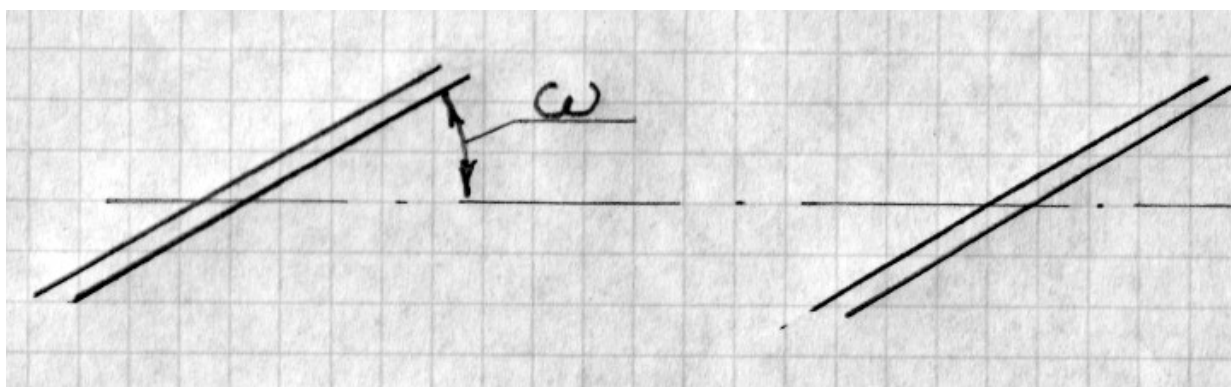


Рисунок 2.7 – Відтиск направляючих стрічок свердла, за яким вимірюється кут підйому гвинтової лінії  $\omega$

Крім того, значення переднього та заднього кутів свердла в різних точках різальної кромки різні. Вимірюються ці кути за допомогою спеціального обладнання. Значення переднього кута в різних точках різальної кромки можна визначити за формулою

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x \cdot \operatorname{tg} \omega}{D \cdot \sin \varphi}, \quad (2.4)$$

де  $D_x$  – діаметр відповідної точки різальної кромки свердла. Необхідно визначити кути  $\gamma$  для  $D_x = D$ ,  $D_x = 0,5 \cdot D$ ,  $D_x = d_c$  і зробити висновок щодо зміни величини цього кута.

5 Результати вимірювань та розрахунків занести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань конструктивних елементів та геометричних параметрів спірального свердла

Загальна довжина свердла $L$ , мм	Довжина робочої частини $l$ , мм	Довжина різальної кромки $l_p$ , мм	Довжина поперечної кромки $l_n$ , мм	Діаметр свердла		Діаметр серцевини свердла $d_c$ , мм	Кут біля вершини свердла $2\phi$	Кут нахилу поперечної кромки $\psi$	Кут підйому гвинтової лінії $\omega$	Передній кут, $\gamma$		
				частини $D$ , біля різальної частини	біля шийки $D_1$ , мм					при $D_x = D$	при $D_x = 0,5 D$	при $D_x = d_c$

### Контрольні питання

- 1 Яке призначення спірального свердла?
- 2 Назвіть конструктивні елементи свердла.
- 3 Покажіть кути свердла на інструменті.
- 4 Як визначаються елементи режиму різання при свердлінні та розсвердлюванні отворів?
- 5 По якій поверхні заточуються свердла і як це здійснюється?
- 6 Які бувають форми заточування свердла?

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Технология конструкционных материалов / Под общ. ред. Г.А. Прейса. – К.: Вища шк., 1984.

2 Технология конструкционных материалов / Под общ. ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1990.

3 Дриц М.Е., Москалев М.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение. – М.: Высш. шк., 1990.

4 Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. – М.: Машиностроение, 1975.