

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

**В.І. КАЛЬЧЕНКО, В.В. КАЛЬЧЕНКО, А.В.РУДИК,**  
**В.І. ВЕНЖЕГА**

**ВСТУП ДО ФАХУ**  
**„МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ**  
**ВЕРСТАТИ ТА СИСТЕМИ”**

**ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**

**Навчальний посібник**  
**для студентів вищих навчальних закладів**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

**Чернігів ЧДТУ 2007**

УДК 621.9.06  
ББК 6П4.6-082  
К 85

**Автори:**

В.І. Кальченко, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металорізальних верстатів та систем Чернігівського державного технологічного університету;

В.В. Кальченко доктор технічних наук, професор кафедри металорізальних верстатів та систем Чернігівського державного технологічного університету;

А.В. Рудик кандидат технічних наук, доцент кафедри металорізальних верстатів та систем Чернігівського державного технологічного університету;

В.І. Венжега асистент кафедри металорізальних верстатів та систем Чернігівського державного технологічного університету.

**Рецензенти:**

**Струтинський В.Б.**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри „Конструювання верстатів та машин” Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”;

**Пермяков О.А.**, доктор технічних наук, професор кафедри „Технологія машинобудування та металорізальні верстати” Національного технічного університету України „Харківський політехнічний інститут”;

**Ступа В.І.**, доктор технічних наук, голова правління ВАТ „Хімтекстильмаш” м. Чернігів.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України, як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальністю „Металорізальні верстати та системи”*

**Кальченко В.І., Кальченко В.В., Рудик А.В., Венжега В.І.**

К 85 Вступ до фаху „Металорізальні верстати та системи” Лабораторний практикум. Навчальний посібник.. – Чернігів: ЧДТУ, 2007. - 140с.

**ISBN**

Описані лабораторні роботи в яких студенти отримують початкові знання і вміння, необхідні при подальшому вивченні дисциплін професійного спрямування і для самостійної роботи на металорізальних верстатах. При виконанні робіт студенти знайомляться з основними типами металорізального обладнання, системою позначень металорізальних верстатів (МРВ), конструкційними та інструментальними матеріалами, засобами вимірювання лінійних та кутових розмірів, основами механіки верстатів, основними типами металорізальних інструментів, основним напрямком наукової роботи кафедри – шліфуванням зі схрещеними осями заготовки та інструменту.

УДК 621.9.06  
ББК 6П4.6-082

**ISBN**

Чернігівський державний технологічний університет, 2007

## ВВЕДЕННЯ

Дисципліна “Вступ до фаху” відноситься до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки. Метою її вивчення є надання студентам початкових знань і вмінь, необхідних для професійного спрямування і для самостійної роботи на металорізальних верстатах.

Лабораторні роботи освітлюють наступні теми.

1 Вступне заняття

Вступ. Знайомство з лабораторіями. Інструктаж з техніки безпеки.

2 Класифікація металорізального обладнання та система позначень металорізальних верстатів

Металорізальні верстати (МРВ). Класифікація МРВ за ступенем універсальності, автоматизації, точності. Рухи в МРВ. Класифікація МРВ по технологічному призначенню. Система позначень МРВ.

3 Конструкційні матеріали та їх обробка різанням

Конструкційні матеріали на основі чорних та кольорових металів, їх основні властивості. Оброблюваність матеріалів. Показники оброблюваності. Позначення конструкційних матеріалів.

4 Інструментальні матеріали

Властивості інструментальних матеріалів. Інструментальні сталі. Тверді сплави. Мінералокераміка. Надтверді інструментальні матеріали. Позначення інструментальних матеріалів.

5 Засоби вимірювання лінійних та кутових розмірів

Поняття про розміри. Будова штангенциркуля та мікрометра. Будова оптичного та універсального кутомірів.

6 Основи механіки верстатів

Пасові передачі. Зубчасті передачі. Коробка швидкостей верстата. Механізми коробки швидкостей. Коробки подач. Механізми коробки подач. Кінематичні ланцюги. Розрахунок кінематичних ланцюгів.

7 Основні конструктивні елементи та геометричні параметри токарного прохідного різця та визначення основних кутів різальної частини

Основні конструктивні елементи токарного прохідного різця. Поверхні і площини при обробці токарним різцем. Кути різальної частини. Вимірювання кутів.

8 Різеви з'єднання деталей, обробка та контроль нарізей.

Класифікація, основні параметри та позначення нарізей. Інструменти для обробки та контроль нарізей.

9 Свердління й обробка отворів

Способи обробки деталей на свердлильних верстатах. Інструменти для обробки отворів, їх конструктивні особливості. Конструкції свердлильних верстатів.

10 Токарний інструмент, обробка деталей на токарних верстатах

Види токарних різців. Зношування різців. Конструкції токарних верстатів. Обробка деталей на токарних верстатах.

### 11 Фрези, фрезерна обробка деталей

Фрези. Класифікація фрез. Конструкції фрезерних верстатів. Обробка деталей на фрезерних верстатах.

### 12 Абразивні матеріали, інструмент та абразивна обробка деталей

Абразивні матеріали. Абразивні інструменти. Правка абразивних кругів. Абразивна обробка. Верстати для абразивної обробки.

### 13 Основні наукові напрямки роботи кафедри

Під час виконання лабораторних робіт студенти вивчають наявне на кафедрі металообробне обладнання, знайомляться з основними напрямками наукової діяльності кафедри, приймають активну участь в наукових розробках.



# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛОРИЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМА ПОЗНАЧЕННЯ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

### 1.1 Мета роботи

Вивчити основні класи металорізального обладнання та систему позначень металорізальних верстатів.

### 1.2 Теоретичні відомості

Основним завданням машинобудівного заводу є дешеве і якісне виготовлення виробів різного призначення: автомобілів, пакувального обладнання, сільськогосподарських машин, металорізальних верстатів, тепловозів, вагонів, машин легкої промисловості та ін. Більшість деталей машин виготовляється з металевих заготовок, які повинні бути певної форми, заданих розмірів, потрібної міцності та інших заданих якостей: точності, шорсткості, маси, габаритів. Виробництво деталей складається, звичайно, з декількох послідовних металургійних та механічних процесів, котрі деколи доповнюються хімічними процесами.

Більшість деталей машин отримує свою остаточну форму і розміри обробкою заготовок різноманітними різальними інструментами на металорізальних верстатах в механічних цехах машинобудівних заводів.

Виготовлені на верстатах деталі збираються в окремі вузли, з яких складаються машини.

Металорізальні верстати, поряд з пресами та молотами - це той вид обладнання, який лежить в основі виробництва усіх сучасних машин, приладів, інструментів.

Вартість механічної обробки деталей на металорізальних верстатах досить велика. Наприклад, в машинобудуванні вона складає 30...40 % вартості готової деталі. Тому кожний процент підвищення продуктивності верстатів, внаслідок чого знижується собівартість деталей, має велике народногосподарське значення. Крім того, кількість металорізальних верстатів, їх технічний рівень і стан значною мірою характеризують виробничу потужність держави.

Щоразу збільшується випуск верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), автоматів і напівавтоматів, спеціальних і спеціалізованих верстатів, важких і унікальних верстатів, прецизійного обладнання. Передбачено підвищення продуктивності металорізальних верстатів, їх надійності та точності.

### 1.2.1 Класифікація металообробного обладнання.

*Металорізальним верстатом* називається машина, яка призначена для обробки заготовок певної форми відповідно до креслення деталі зняттям стружки. Обробка здійснюється переважно різанням лезовим або абразивним інструментом. Металорізальні верстати класифікуються за різними ознаками.

*За ступенем універсальності металорізальні верстати діляться* на такі групи:

1) універсальні або загального призначення, на яких виконують різноманітні операції обробки деталей широкої номенклатури в індивідуальному та дрібносерійному виробництвах, а також використовують при ремонтних роботах; верстати для особливо широкого діапазону робіт називають широко універсальними ;

2) спеціалізовані верстати призначені для обробки однотипних деталей порівняно вузької номенклатури. Прикладом можуть бути токарні верстати для обробки колінчастих валів або шліфувальні верстати для обробки кілець кулькових вальниць. Спеціалізовані верстати відрізняються високим ступенем автоматизації і їх використовують у великосерійному виробництві при великих партіях, що вимагають нечастого переналагодження;

3) спеціальні верстати використовують для продуктивної обробки деталей одного типорозміру або декількох майже однакових деталей в умовах масового виробництва. Це - верстати з високим ступенем автоматизації.

*За ступенем автоматизації верстати діляться* на автомати і напівавтомати.

Автоматом називають такий верстат, на якому після налагодження усі рухи, що необхідні для виконання циклу обробки, в тому числі завантаження заготовок і розвантаження оброблених деталей, автоматизовані. Робітник повинен лише поповнювати запас заготовок в магазині (бункері) або вставляти пруток, періодично контролювати розміри оброблених деталей.

Цикл роботи напівавтомата виконується також автоматично, за винятком завантаження-розвантаження, які виконує робітник; він же здійснює пуск напівавтомата після завантаження наступної заготовки.

З метою комплексної автоматизації у великосерійному і масовому виробництві створюють автоматичні лінії та комплекси, що об'єднують різні автомати, а для дрібносерійного виробництва — гнучкі виробничі модулі та системи.

Автоматизація дрібносерійного виробництва деталей досягається застосуванням верстатів з програмним керуванням.

*За ступенем точності верстати діляться* на класи:

Н — нормальної точності;

П — підвищеної точності;

В — високої точності;

А — особливо високої точності (прецизійні);

С — надвисокої точності (майстер-верстати).

Верстати класів А, В, С експлуатуються у спеціальних термоконстантних приміщеннях, в яких автоматично підтримується стала температура та вологість повітря.

*За масою верстати діляться на:*

легкі - до 1 т,

середні - до 10т,

великі - до 30 т,

важкі - до 100 т,

надважкі (унікальні) - більше як 100 т.

### **1.2.2 Система позначення металорізальних верстатів**

Парк верстатів сучасного виробництва різноманітний. Для зручності класифікації кожному верстату присвоюється шифр (індекс). Індикатор базується на десятковій системі позначення, тому верстати діляться на десять груп, яким надані номери від 0 до 9.

Типам верстатів в межах кожної групи також присвоєні номери від 0 до 9. Умовне позначення моделі верстата складається з трьох або чотирьох цифр, інколи з додатком букв, які позначають додаткову характеристику верстату. Перша цифра вказує групу, друга - тип, третя і четверта характеризують один з найважливіших розмірів верстату, оброблюваної деталі або інструмента. Буква, якщо вона знаходиться між цифрами, вказує на модернізацію верстату. Буква, написана після усіх цифр, означає модифікацію (видозміну) базової моделі або клас точності верстату. Наприклад, верстат 2Н135: 2 означає — свердлильний, Н — модернізований, 1 — вертикальний, 35 — максимальний діаметр свердління. Верстат 16К20П : 1 — токарний, 6 — гвинторізний, К — модернізований, 20 - висота центрів 20 см, П — підвищеної точності.

Цифра, яка записана в кінці шифру, через риску, означає кількість шпинделів автомату або напівавтомату. Наприклад, 1Б240-6: 1 - токарний, Б - модернізований, 2 - багатошпиндельний автомат, 40 - максимальний діаметр оброблюваного прутка, 6 - кількість шпинделів.

### 1.2.3 Головні ознаки металорізальних верстатів різних класифікаційних груп

На рисунку 1.1 наведені групи різноманітних металорізальних верстатів [9].

1. Група токарних верстатів (поз. 1—6) складається з верстатів, призначених для обробки поверхонь обертання. Об'єднуючою ознакою верстатів цієї групи є використання обертального руху у якості руху різання заготовки.

2. Група свердлильних та розточувальних верстатів (поз. 7—10) включає свердлильні і розточувальні верстати. Об'єднуючою ознакою цієї групи верстатів є обробка круглих отворів. Рухом різання служить обертальний рух інструмента, якому звичайно надається також рух подачі. У горизонтально-розточувальних верстатах подача може здійснюватися переміщенням столу з оброблюваною деталлю.

3. Група шліфувальних, полірувальних, викінчувальних, заточувальних верстатів (поз. 20—24) поєднується по ознаці використання у якості різального інструменту абразивних шліфувальних кругів.

4. Група комбінованих електро-фізико-хімічних верстатів поєднується за ознакою використання електро-хімічних методів обробки.

5. Група зубо – та різобробних верстатів включає усі верстати, що служать для обробки зубів коліс і нарізей, у тому числі шліфувальні.

6. Група фрезерних верстатів (поз. 11—14) складається з верстатів, що використовують багатолезові інструменти — фрези.

7. Для групи стругальних і довбальних верстатів (поз. 15—17) загальною ознакою є використання прямолінійного зворотньо-поступального руху різця відносно оброблюваної деталі.

Група протяжних верстатів (поз. 18 і 19) використовує протяжки – спеціальний багатолезовий інструмент.

8. Група розрізних верстатів включає всі типи верстатів, призначених для розрізування і розпилювання катаних матеріалів (прутки, кутики, швелери і т.п.).

9. Група різних і допоміжних верстатів поєднує усі верстати, що не відносяться ні до однієї з перерахованих вище груп.

Нульова група являється резервною.

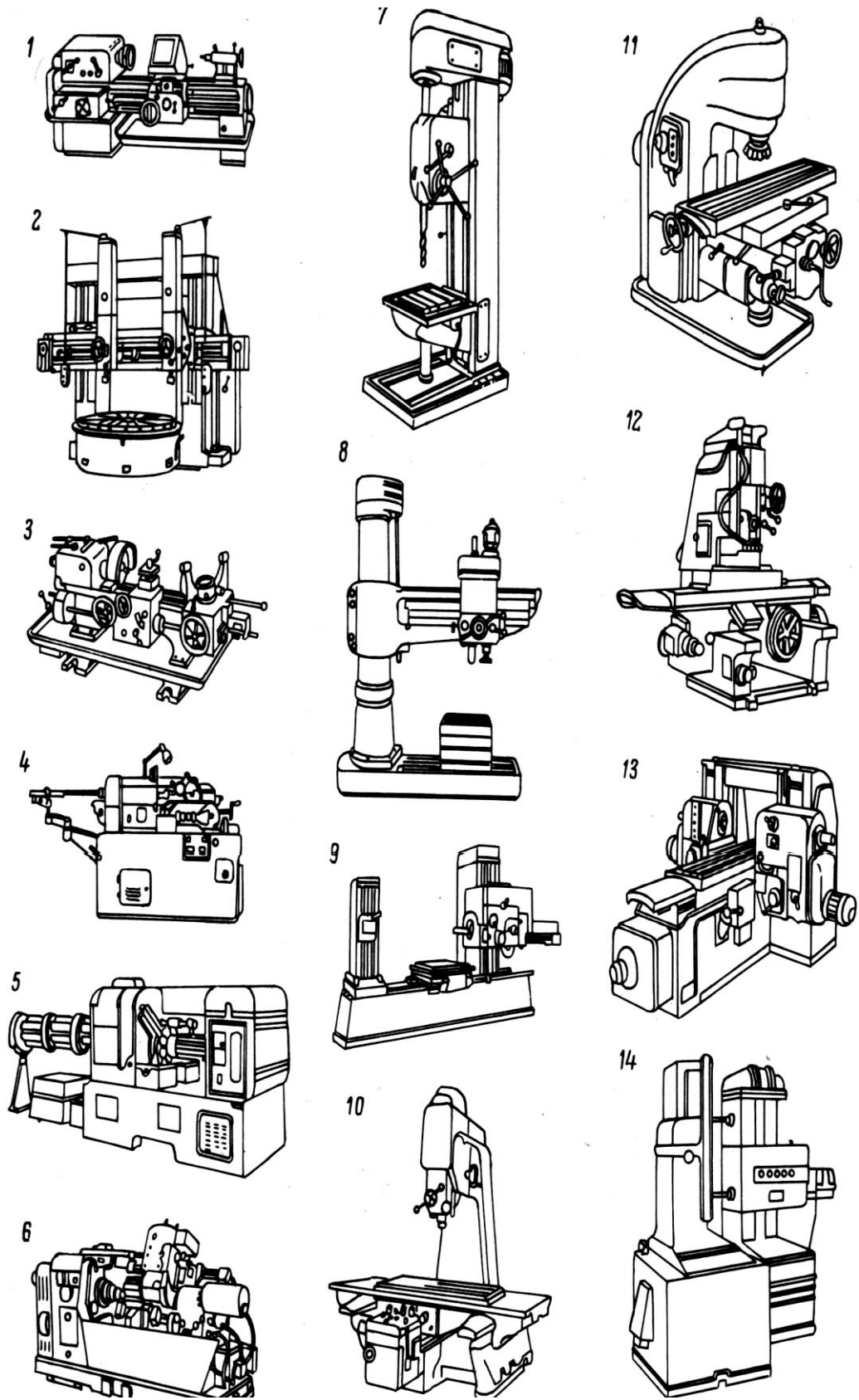
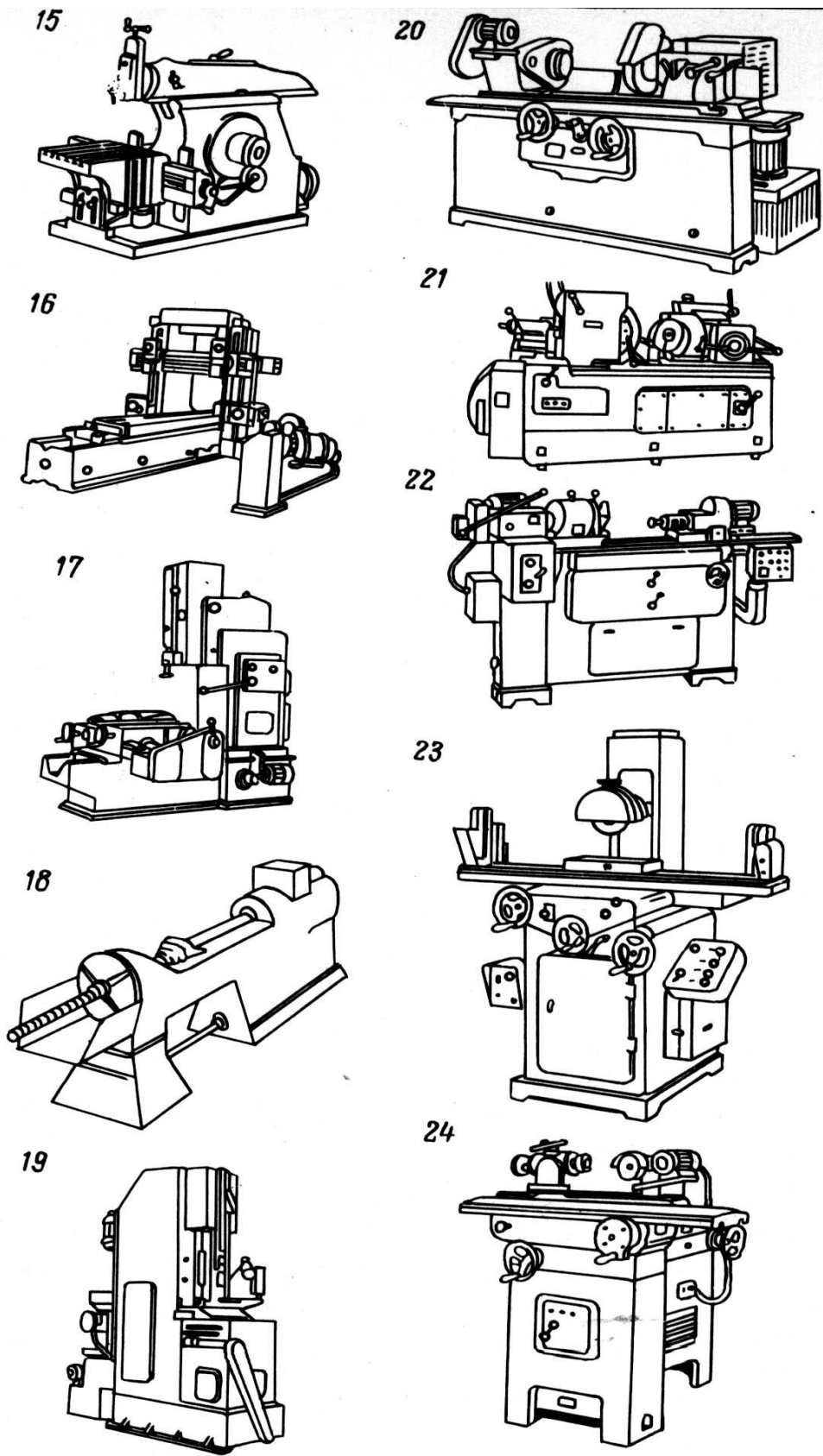


Рисунок 1.1 – Групи верстатів



Продовження рисунка 1.1

## **1.2.4 Система позначень верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК)**

Залежно від ступеня автоматизації і типу системи ЧПК до основного позначення моделі верстата додається один з таких індексів: Ц — верстати з цикловим керуванням; Ф1 - верстати з цифровою індикацією положення, а також з попереднім набором координат; Ф2 — позиційні та прямокутні системи ЧПК; Ф3 — контурні системи ЧПК; Ф4 - універсальні, комбіновані (для позиційної і контурної обробки) системи ЧПК; Т- верстати з оперативною системою керування. Наприклад, 1713Ц - токарний багаторізцево-копіювальний напівавтомат з цикловим програмним керуванням; 6Р1Ф3 - вертикально-фрезерний консольний верстат з контурною системою ЧПК і першим типорозміром стола.

Крім того, додаються індекси, які відображають конструктивні особливості верстатів, які пов'язані з автоматичною зміною інструменту: Р - зміна інструменту поворотом револьверної голівки; М - зміна інструменту з магазину. Індекси Р і М ставляться перед індексами Ф2 і Ф3. Наприклад, 6Р13РФ3 - вертикально-фрезерний консольний верстат з контурною системою ЧПК, револьверною голівкою і третім типорозміром столу.

Моделі спеціалізованих і спеціальних верстатів позначають однією або двома буквами, до яких додають також цифри, що означають порядковий номер моделі верстату. Наприклад, Львівський завод фрезерних верстатів має індекс ЛФ.

## **1.2.5 Рухи в металорізальному обладнанні**

Кожний металорізальний верстат має багато робочих органів, яким надаються рухи, що визначаються призначенням верстату і характером робіт, які на ньому виконуються. Такими робочими органами є шпинделі, супорти, столи, інструментальні голівки, ползки, каретки та ін.

Для того щоб отримати деталь потрібної форми і розмірів із заготовки в процесі її обробки, на металорізальному верстаті знімають припуск у вигляді остружка. Форма обробленої поверхні залежить від рухів, які надає верстат заготовці і інструменту, від узгодження цих рухів і виду різального інструменту.

Процес зняття остружка виконується на верстаті робочими рухами (рухами формоутворення). Робочими рухами верстата є головний рух (рух різання), який відбувається з найбільшою швидкістю, що дорівнює швидкості зняття остружка із заготовки. Рух подачі відбувається зі значно меншою швидкістю; він дає змогу поширити процес різання на всю поверхню заготовки, що оброблюється. Головний рух може бути обертальний (в токарних, свердлильних, фрезерних та інших верстатах) і поступально-зворотній (в стругальних, довбальних, протяжних та інших верстатах). Головний рух надається інструменту, наприклад, у фрезерних, свердлильних, поперечно-стругальних верстатах або заготовці в токарних, повздовжньо-стругальних. Рух подачі

надається інструменту в токарних, свердлильних і повздожньо-стругальних верстатах, а заготівці - у шліфувальних, фрезерних, поперечно-стругальних та інших верстатах.

Окрім робочих рухів у верстатах існують рухи, мета яких підготувати процес різання. До них відносяться рухи: підведення і відведення інструменту, вмикання, вимикання, перемикання швидкостей і подач і т.д.

Робочі рухи виконуються завжди механічно, лише як виняток, у легких верстатах рух подачі виконується вручну (наприклад, настільно-свердлильний).

Допоміжні рухи в неавтоматизованих верстатах виконуються часто вручну.

У верстатах-автоматах усі робочі і допоміжні рухи автоматизовані.

### **1.3 Хід виконання роботи**

1. Визначити до якої класифікаційної групи відносяться задані викладачем металорізальні верстати.

2. Розшифрувати позначення заданих верстатів.

3. Визначити до якої групи відносяться задані верстати за ступенем універсальності, автоматизації, точності та за масою.

4. Ескізно зобразити задані верстати та вказати з яких основних вузлів вони складаються.

5. Описати головні рухи металорізальних верстатів (рухи формоутворення) та рухи подачі.

6. Описати які технологічні операції обробки можна проводити на даних верстатах.

### **1.4 Контрольні запитання**

1. Що називають металорізальним верстатом?

2. Як класифікують металорізальні верстати за ступенем: універсальності; автоматизації; точності? Як поділяються верстати за масою?

3. На які групи поділяються металорізальні верстати за функціональним призначенням?

4. З чого складається позначення металорізального верстату?

5. Класифікація рухів у металорізальних верстатах? Дати характеристику робочим рухам для різних груп верстатів?



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ОБРОБКА РІЗАННЯМ

#### 2.1 Мета роботи

Вивчити класи конструкційних матеріалів та їх властивості

#### 2.2 Теоретичні відомості

##### 2.2.1 Класифікація конструкційних матеріалів

Матеріали, з яких виготовляють деталі машин, називаються конструкційними. На обробку цих матеріалів різанням впливають хімічний склад, механічні властивості, кристалічна ґратка.

Основними по кількості у виробництві і споживанні є сплави на основі заліза — сталь і чавун. Другорядне значення мають сплави кольорових металів.

*Сталь* — сплав заліза з вуглецем до 2%. Практично виплавляють і застосовують сталь із вмістом вуглецю до 1,4%, тому що при більшому вмісті його збільшується твердість і крихкість, і вироби з такої сталі стають непридатними до роботи. Вуглецеві сталі мають гарні фізико-механічні і технологічні властивості, що робить їх придатними для більшості деталей машин. При цьому вироби одержують литтям, обробкою тиском у холодному і нагрітому стані, зварюванням і механічною обробкою.

По призначенню вуглецеві сталі поділяються на конструкційні із вмістом вуглецю від 0,02 до 0,8% і інструментальні із вмістом вуглецю від 0,65 до 1,4%.

Для надання сталям підвищених фізико-механічних або особливих технологічних властивостей вводять такі метали, як нікель, хром, марганець, кремній, вольфрам, молібден, ванадій, титан, кобальт, мідь, алюміній і інші, і ці сталі називають легованими або спеціальними. По призначенню їх поділяють на конструкційні і інструментальні, а по властивостях — на зносостійкі, нержавіючі, жаростійкі, жароміцні, магнітні і сталі із спеціальними фізичними властивостями. Висока вартість легованих сталей і дефіцитність легуючих елементів — присадок цілком виправдовує себе їхньою тривалою службою в особливих умовах, у яких вироби з вуглецевої сталі непридатні.

*Чавун* — сплав заліза із вмістом вуглецю 2—5%. Кремній, марганець,

фосфор і сірка, що присутні в чавуні, значно впливають на властивості виливок. Шкідливо впливає на якість сірка. Вироби з чавуна одержують головним чином виливанням у піщані і металеві форми під тиском (водопровідні і каналізаційні труби й інші порожні заготовки) і невелику частину у вигляді дрібних виливок в оболонкові форми і по виплавлених моделях.

Розрізняють виливки із сірого чавуна, звичайного, високоміцного, легованого і виливки з ковкого чавуна.

У виливках звичайного сірого чавуна вуглець знаходиться у вигляді пластинок графіту різних розмірів і товщини, розподілених по всьому об'єму і діючих подібно надрізам, послабляючи міцність металевої основи. Сірий чавун випробується на згин і стискання.

Високоміцний чавун з кулястим графітом одержують із сірого чавуна шляхом модифікування. Він має високу межу міцності на розтягання і велике відносне видовження і випробується на розтягання та удару в'язкість.

Леговані виливки одержують додаванням в чавун хрому, нікелю, кремнію, міді й алюмінію для надання спеціальних властивостей: жаростійкості, зносо- і - корозійної стійкості, немагнітності.

У виливках з ковкого чавуна графіт знаходиться у вигляді скупчень пластівчастого вуглецю і у меншій мірі впливає на механічні властивості, чим у виливках сірого чавуна, що складають середнє між чавунним і сталевим литтям.

*Сплави на основі міді* поділяються на латуні і бронзи.

Латунь — сплав міді з цинком і невеликою кількістю інших металів (алюмінію, нікелю, марганцю, кремнію, свинцю, заліза й ін.) є найбільш розповсюдженим. Найбільшою міцністю володіють латуні із вмістом до 45% цинку. По виду обробки латуні поділяються на ливарні і ті, що деформуються, тобто оброблювані тиском. По складу розрізняють прості латуні — сплави міді з цинком і спеціальні латуні, що містять у невеликих кількостях інші кольорові метали. Виливки виготовляють тільки із спеціальних латуней, що володіють високою межею міцності і в'язкістю, що підвищується при обробці тиском і при наступній термічній обробці.

Бронза — сплав міді з оловом або з іншими металами. По складу бронзи поділяються на дві групи: олов'яністі — сплави міді з оловом і спеціальні — сплави міді з іншими металами, у залежності від яких одержують алюмінієві, свинцеві, кременісті, марганцеві, берилієві й інші бронзи.

Олов'яністі бронзи внаслідок дорожнечі і дефіциту олова втратили своє значення і виготовляються тільки з вторинних, а не з первинних кольорових металів.

Спеціальні бронзи поділяються на ливарні і ті, що деформуються. Найбільш поширена алюмінієва бронза завдяки високим механічним властивостям і антикорозійній стійкості. З неї виготовляють деталі відповідального призначення як і з кременистої бронзи. Свинцеві бронзи застосовують як антифрикційні матеріали; вони добре обробляються

різанням, але мають велику ліквідацію по питомій вазі. У приладобудуванні поширені берилієві бронзи, які мають високу міцність після термічної обробки та антикорозійну стійкість.

*Алюмінієві сплави* мають малу питому вагу (2,5 — 3 г/см<sup>3</sup>, або 0,025—0,030 Мн/м<sup>3</sup>), високі електричну і теплову провідність, механічні властивості, гарну корозійну стійкість і оброблюваність різальним інструментом. Питома міцність, віднесена до питомої ваги, вище, ніж у мідних сплавів, і близька до питомої міцності спеціальної сталі.

Ливарні сплави — силуміни — містять від 5 до 14% кремнію й основні добавки міді, магнію, цинку.

Сплави, що деформуються,— дуралюміні — сплави алюмінію з міддю, магнієм і марганцем.

Механічні властивості алюмінієвих сплавів підвищуються при загартуванні і штучному старінні — витримці при температурі до 100-150°С.

*Магнієві сплави* мають малу питому вагу (1,74—1,92 г/см<sup>3</sup>) і більш високу питому міцність, чим алюмінієві сплави, бронзи і чавуни. Ці сплави мають істотні недоліки: низьку корозійну стійкість і здатність самозайматися при температурі 600° С, малу пластичність у холодному стані і відносно погані ливарні властивості.

Магнієві сплави, що деформуються, мають зміцнювальні домішки— марганець, алюміній, цинк, та ливарні — кремній. Застосовують сплави після термічної обробки — загартування і старіння, або безпосередньо в литому стані.

*Титан і титанові сплави* мають високу межу міцності (1000-1350 МПа), підвищену стійкість проти окислення при температурах до 600° С, антикорозійну стійкість в морській воді, гарну зварюваність і ковкість. Недоліками їх є висока вартість, труднощі в одержанні якісної литої заготовки при обробці тиском у холодному стані, а також у велика реакційна здатність при підвищеній температурі. Титан застосовується в сплавах із хромом, молібденом, марганцем, алюмінієм, залізом, кремнієм, індієм, вуглецем .

### **2.2.2 Позначення і області застосування сталей**

Розглянемо детальніше позначення і області застосування сталей, як найбільш широко вживаних.

Назви марок сталей, як правило, відповідають їх хімічному складу. Букви визначають елемент, а цифри — його приблизну кількість. Буква “А” наприкінці марки вказує на підвищену якість сталі.

Усі сталі, крім вуглецю і легуючих присадок, містять невелику кількість кремнію, марганцю, фосфору і сірки. Наявність, наприклад, десятих часток відсотка кремнію і марганцю в сталі є залишковим після процесу розкислення і не робить помітної дії на властивості її у виробках. Фосфор викликає крихкість сталі при нормальній температурі й особливо при температурі нижче нуля при вмісті його більш 0,03 — 0,05%. Сірка в такій же

кількості викликає крихкість сталі при температурах червоного розкалювання, тобто при 1000° С, і утворення тріщин при куванні, вальцюванні, зварюванні й інших видах гарячої обробки.

Цифри в початку назви вказують середнє значення вуглецю в сотих долях проценту. Якщо після букви немає цифр, то це означає, що в сталі міститься біля одного проценту вуглецю.

*Наближене призначення вуглецевих сталей звичайної якості*

Ст. 0 - для виготовлення зварних будівельних конструкцій невідповідального призначення: переліжки, перстини, огороження, кожухи. Зварюваність хороша.

Ст.1 – мало навантажені деталі металоконструкцій: нюти, перстини, шплінти, переліжки, кожухи, штамповані деталі. Зварюваність хороша.

Ст.2 - деталі металоконструкцій: рами візків, кільця, нюти, валики, вісі, кулачки, що не зазнають великих навантажень, ключі, перстини, цементовані деталі. Зварюваність хороша.

Ст.3 - деталі металоконструкцій: рами візків, деталі що цементують або ціанують, від яких потрібна висока твердість поверхні і невисока міцність серцевини, гаки кранів, кільця, циліндри, гайки, гонки, кришки. Зварюваність хороша.

Ст.4 - деталі металоконструкцій: вали, осі, гаки, важелі, болти, клини, шпонки та інші деталі при невисоких вимогах до міцності. Зварюваність задовільна.

Ст.5 - вали, осі, пальці, зірочки, упори вальниць, важелі гальмівні, болти, гайки, перстини, шатуни, гаки, клини, зубчасті колеса, шпонки й ін. деталі при підвищених вимогах до міцності. Зварюваність задовільна.

Ст.6.- вали, осі, бійки молотів, шпинделі, муфти кулачків і фрикційні, пластини ланцюгів, гальмівні стрічки і деталі, що вимагають високої міцності. Зварюваність обмежена.

Ст.7 - те ж, а також деталі, що піддаються інтенсивного зносу. Зварюваність погана.

*Наближене призначення вуглецевих якісних сталей:*

Сталь 08 кп, сталь 10 - деталі, виготовлені штампуванням і холодним висадженням, трубки, переліжки, дрібні кріпильні деталі, ковпачки. Деталі, що цементуються, ціануються і не вимагають високої міцності серцевини: втулки, валики, упори, копіри, зубчасті колеса, фрикційні диски. Зварюваність хороша.

Сталь 15, сталь 20 – мало навантажені деталі: валики, втулки, пальці, упори, копіри, осі, шестерні. Тонкі деталі, що працюють на стирання, фрикційні диски й ін. Важелі, гаки, траверси, вкладки, болти, стягачі. Зварюваність хороша.

Сталь 30, сталь 35 - кріпильні деталі, штифти, упори, кільця клапанів, шатуни, кришки, шліцьові вали, ручки. Зварюваність задовільна.

Сталь 40, сталь 45 - деталі, що вимагають більш високої міцності при середній в'язкості: вали колінчасті, розподільні, шпинделі верстатів, шліцьові вали, штоки, черв'ячні вали, вилки, кронштейни, циліндри, храповики,

стопори, фіксатори, упори, мало навантажені шестерні, муфти, кріплення, пальці, сухарі. Зварюваність обмежена.

Сталь 50, сталь55 - деталі високої міцності: зубчасті колеса, штоки, вали, осі, прокатні валки, ексцентрики, невідповідальні пружини. Зварюваність погана.

Сталь 60 - ексцентрики, прокатні валки, бандажі, пружинні кільця, перстини дисків зчеплення, переліжки. Зварюваність погана.

Сталь 65. 70, 75, 80, 85 - ресори, пружини, деталі, що піддаються абразивному зносу.

### *Леговані сталі*

До складу легованих сталей можуть входити елементи, які умовно позначаються наступним чином (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Умовні позначення елементів, що входять до складу сталей

Ф	В	Г	М	Н	Х	Ю	С	А	Д	Е	П
Ванадій	Вольфрам	Марганець	Молібден	Нікель	Хром	Алюміній	Кремній	Азот	Мідь	Селен	Фосфор

Вміст вуглецю визначається подібно як і для вуглецевих сталей. Деякі легуючі елементи знаходяться в сталі в незначній кількості: бор (Р) – 0,002 – 0,005%, ванадій (Ф) – 0,1 – 0,2%, молібден (М) – 0,15 – 0,55%, титан (Т) – 0,06 – 0,12%, цирконій (Ц) - 0,15 – 0,25%.

Якщо після букви, що позначає легований елемент, нема цифри, то це означає, що в сталі міститься близько 1% даного елемента.

Приклади розшифровки:

1. Сталь 18 ХГТ – вуглецю 0,18%, хрому, марганцю, титану біля 1%
2. Сталь 25Х2Н4ВА – вуглецю 0,25%, хрому 2%, нікелю 4%, вольфраму 1%.

Легівні елементи по різному впливають на властивості сталі (дивись таблицю 2.2). В таблиці позначено: + підвищує властивість; -зменшує властивість; 0 істотно не впливає.

Таблиця 2.2 - Вплив легівних елементів на властивості сталей

Елемент	Температура нормалізації, загартовування	Твердість, міцність	Пластичні властивості	Хрупкість	Жароміцність	Корозійна стійкість	Цементування
Алюміній	+	+	+	0	0	0	-
Бор	+	+	-	0	+	-	+
Ванадій	0	0	+	-	-	0	0
Вольфрам	0	0	+	0	0	-	-
Кобальт	0	+	0	0	+	+	0
Кремній	+	+	-	+	+	+	-
Марганець	-	0	0	+	+	0	0
Молібден	+	+	+	-	+	+	0
Нікель	-	0	+	0	+	0	-
Титан	+	+	+	0	0	0	-
Хром	+	+	0	+	+	+	0

*Наближене призначення низьколегованих сталей*

Сталь 15Г - застосовується для тієї ж групи деталей, що і сталь 15. Зварюваність хороша.

Сталь 30Г - деталі, що піддаються стиранню: осі, вали, зубчасті колеса, вилки, важелі, кріплення. Зварюваність обмежена.

Сталь 40Г, 45Г, 50Г - те ж при дії високих навантажень: диски тертя, вали, анкерні болти, напівосі, шпильки. Зварюваність погана.

Сталь 60Г - зубчасті колеса, бандажі вагонні, шпинделі, упорні кільця, пружинні перстини, гальмівні диски.

Сталь 65Г, 70Г - деталі, що працюють на знос, цанги подачі і затискні різних розмірів, пружини плоскі і круглі, перстини пружинні, кільця, втулки, фрикційні диски, ножі, стійки пружинні сільгоспмашин.

Сталь 15Х - сталь добре зварюється, цементується. Пальці поршневі, вали розподільні двигунів, штовхачі, клапани, хрестовини карданів, різні дрібні деталі, що працюють в умовах зносу при терті.

Сталь 20Х - сталь зварюється задовільно.

Шестерні коробок передач, кулачкові муфти, втулки, напрямні планки, шпинделі, що працюють у підшипниках ковзання, плунжери, оправки, копирі, шліцьові вали.

Сталь 40Х - сталь зварюється погано.

Деталі, що працюють на середніх швидкостях і середніх питомих тисках: шестерні, шпинделі і вали в вальниціях кочення, черв'ячні вали, шліцьові вали. Деталі, що працюють при середніх кругових швидкостях і високих питомих тисках при невеликих ударних навантаженнях: шестерні,

шпинделі, втулки, кільця, рейки, ротори гідронасосів.

Сталь 45Х, 50Х - сталі зварюються погано, мають високу міцність. Великі деталі, що працюють при середніх швидкостях і питомих тисках: шестерні, шпинделі і вали, що працюють у вальницях кочення, черв'ячні вали, шліцьові вали.

Сталь 38ХА - сталь зварюється погано, має високу міцність і в'язкість. Шестерні, що працюють при середніх швидкостях і питомих тисках (при підвищеній міцності з попереднім поліпшенням).

Сталь 45Г2, 50Г2 - сталі зварюються погано, мають глибоке гартування. Великі мало навантажені деталі: шпинделі, вали, шестерні, деталі важких верстатів.

Сталь 18ХГТ - сталь зварюється задовільно. Деталі, що працюють при великих швидкостях, середніх і високих тисках з ударними навантаженнями: шестерні, шпинделі, що працюють у підшипниках ковзання, черв'яки, кулачкові муфти, втулки.

Сталь 20ХГР, 12ХН2 - сталі зварюються добре. Важко навантажені деталі, що працюють при великих швидкостях і ударних навантаженнях: шестерні, гільзи, черв'яки, кулачкові муфти, шпинделі (сталь 12ХН2 застосовується тільки після цементації).

Сталь 40ХГР - великогабаритні деталі, шпинделі, вали, осі, циліндри низького тиску й інші деталі моторного обладнання. Рекомендують замість сталей марок 40ХН, 40ХНМ, 30ХНЗ.

Сталь 20ХФ - для невеликих деталей (через низьке гартування), шестерні, поршневі пальці, розподільні валики.

Сталь 40ХС - сталь зварюється погано, має високу міцність, але помірну в'язкість. У зв'язку з низьким гартуванням застосовують для невеликих деталей.

Сталь 40ХФА - сталь зварюється погано. Високоміцна сталь, застосовується після загартування і відпуску для відповідальних деталей.

Сталь 30ХГС - Сталь зварюється добре. Деталі середніх розмірів, дрібні деталі складної конфігурації, що працюють в умовах зносу (важелі, штовхачі); для відповідальних зварних конструкцій, що працюють при змінних навантаженнях. Зварюваність обмежена. Вали, деталі турбін і кріплення при підвищеній температурі.

45ХН, 50ХН Зварюваність погана. Застосовується для тієї ж групи деталей, що і сталь 40Х, але більших розмірів.

*Високолеговані, корозійностійкі, жаростійкі, жароміцні сталі*

Ці сталі застосовуються при роботі в агресивному середовищі, при високих температурах

### 2.2.3 Оброблюваність матеріалів

По оброблюваності конструкційні матеріали діляться на 4 групи :

а) легкооброблювані (алюмінієві деформовані сплави, м'які чавуни, бронзи);

б) середньої оброблюваності (вуглецеві низьколеговані сталі, чавуни середньої твердості, алюмінієві недеформовані сплави, бронзи);

в) низької оброблюваності (тверді чавуни, сталі мартенситного класу, сталі мартенситно-феритного класу, сталі феритного класу, сталі аустенітно-мартенситного класу);

г) важкооброблювані (сплави на залізо-нікелевій основі, високолеговані (аустенітні) сталі).

Конструкційні матеріали постачають у вигляді вальцювання (листи, труби, прутки) відпаленого стану. Стан заготовки може бути покращений за рахунок термічної обробки (твердість та механічні властивості). В механічних цехах властивості вальцювання оцінюють по твердості та міцності.

$$y = k * HB$$

де  $HB$  – твердість в МПа,  $k$  – коефіцієнт.

$k = 0,27$  – вуглецеві сталі;

$k = 0,31$  – низьколеговані сталі;

$k = 0,41$  – високолеговані сталі.

Оброблюваність матеріалу є сукупністю його багатьох технологічних властивостей, які впливають на різні сторони процесу різання. З практичної точки зору найбільший інтерес представляють наступні показники оброблюваності:

- інтенсивність зношування робочих поверхонь інструменту при обробці даного металу, що визначає рівень швидкості різання, з яким доцільно працювати, і, що знаходиться в тісному зв'язку з продуктивністю і собівартістю обробки;
- якість остаточно обробленої поверхні деталі, що характеризується шорсткістю поверхні, точністю розмірів і форми деталі, залишковими напруженнями в поверхневому шарі деталі і т.д.;
- величина сили різання, яка визначає деформації інструмента і деталі, потужність, що затрачається на різання;
- характер утворення і легке відведення остружка, які мають важливу роль при глибокому свердлінні, нарізанні різьби в глухих отворах, роботі на токарних автоматах і т.п.

В залежності від особливостей операції вибирається найбільш важлива характеристика оброблюваності, але у всіх випадках, прямо або побічно, ці характеристики зв'язані з інтенсивністю затуплення інструменту, або його стійкістю  $T$ , що визначається рівнем швидкості різання  $v$ .

Таким чином, у більшості випадків оброблюваність металу визначається шляхом знаходження залежності  $T=f(v)$  при інших параметрах процесу різання, близьких до оптимальних, які забезпечать вимоги якості і вартості



деталі.

Вперше вивчення залежності  $T=f(v)$  було проведено в 1905 р. Тейлором. На основі експериментальних досліджень він установив, що при великих перетинах зрізу залежність стійкості від швидкості з достатнім наближенням можна охарактеризувати рівнянням

$$T=C_T/v^\mu \quad \text{або} \quad v=C_v/T^m, \quad (2.1)$$

де  $C_T, C_v$  - коефіцієнти, що залежать від властивостей оброблюваного матеріалу, матеріалу і геометричних параметрів інструмента, параметрів перетину зрізу, умов охолодження і т.д.;

$\mu$  - показник ступеня, що відповідає інтенсивності впливу  $v$  на  $T$ .

Однак надалі було встановлено, що формула (2.1) придатна для опису залежності  $T=f(v)$  далеко не у всіх випадках, тому що в залежності від сполучення параметрів різання величина  $\mu$  змінюється в значних межах.

Класичний метод полягає у визначенні залежностей  $v=f(T)$  для різних матеріалів. Шляхом виміру зносу різця через невеликі проміжки часу, задавшись визначеним періодом стійкості  $T$ , можна знайти відповідні йому швидкості різання  $V_{T1}, V_{T2}$ . і визначити коефіцієнт оброблюваності:

$$K_0= V_{T1}/V_{T2}$$

Таблиця 2.3 – Максимально припустимі значення,  $T_{пр}$

Інструмент	Оброблюваний матеріал	Інструментальний матеріал	$T_{пр}$ , хв.
1	2	3	4
Різці	Сталь	Швидкорізальна сталь	1500
	Чавун	»	1000
	Сталь	Тверді сплави	600
	Чавун	»	1500
Свердла	Сталь	Швидкорізальна сталь	700
	Чавун	»	1500
	Сталь	Тверді сплави	600
	Чавун	»	1000
Зенкери	Сталь	Швидкорізальна сталь	700
	Чавун	»	1500
	Сталь	Тверді сплави	500
	Чавун	»	1000
Фрези	Сталь	Швидкорізальна сталь	3000
	Чавун	»	1500
	Сталь	Тверді сплави	600
	Чавун	»	2000

## **2.3 Хід виконання роботи**

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями.
2. По виданих викладачем різальним інструментам визначити марку їх сталей та розшифрувати.
3. Провести обробку різних класів конструкційних матеріалів на токарному верстаті. Визначити оброблюваність запропонованих матеріалів.

## **2.4 Контрольні запитання**

1. Що називається сталями?
2. Як поділяються вуглецеві сталі?
3. Що таке леговані сталі? Як вони поділяються по властивостям?
4. Що таке латуні?
5. Що таке бронзи?
6. Які алюмінієві сплави ви знаєте?
7. Які властивості магнієвих сплавів?
8. Які властивості титанових сплавів?
9. Як позначають вуглецеві сталі звичайної якості? Назвіть їх область застосування.
10. Назвіть область застосування вуглецевих якісних сталей.
11. Які елементи входять до складу легованих сталей? Як вони позначаються?
12. Який вплив легувальних елементів на властивості сталей?
13. Назвіть наближене призначення низьколегованих сталей.
14. Як позначаються леговані сталі?
15. Як поділяються матеріали по оброблюваності?
16. Які показники оброблюваності ви знаєте?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

### ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

#### 3.1 Мета роботи

Вивчити основні класи інструментальних матеріалів, їх позначення та область застосування

#### 3.2 Теоретичні відомості

##### 3.2.1 Властивості інструментальних матеріалів

Працездатність різального інструменту може бути забезпечена лише за умов, коли його робоча частина має такі властивості.

1). *Твердість*. Інструментальні матеріали твердіші за конструкційні удвічі. Найнижчу твердість мають вуглецеві інструментальні сталі У10, У12. Твердість інструментальних вуглецевих сталей HRC 61...64, швидкорізальних сталей HRC 62...69. Тверді сплави мають твердість HRA 88...92, мінералокераміка HRA 92...95. Найтвердіший інструментальний матеріал – алмаз.

Для здійснення процесу обробки твердість інструменту повинна бути приблизно в півтора-два рази більшою ніж твердість заготовки.

2). *Міцність*. В процесі різання робоча частина інструмента перебуває в складному напруженому стані (стискання, розтягування, кручення, зсуву), тому висувують основні вимоги щодо міцності, на стискання та на згин. Важливе їх оптимальне співвідношення. Швидкорізальні сталі мають найкращі показники міцності. Дещо меншу міцність на згин мають тверді сплави. Ще меншу міцність має мінералокераміка. Найменша міцність на згин у алмаза. Міцність визначає подачу інструмента на зуб (оберт) – чим більша міцність, тим більша подача.

Чим менша міцність інструментальних сталей, тим приймають більшим значення переднього кута у інструмента, що збільшує сили різання та деформацію металу.

3). *Температуростійкість (червонотійкість)* – здатність матеріалу інструменту зберігати свої механічні властивості під дією високих температур. Найвищу температуростійкість має мінералокераміка, кубічний нітрид бору, тверді сплави, швидкорізальні сталі. Температуростійкість матеріалу визначає продуктивність обробки. Найнижчу продуктивність обробки мають вуглецеві та леговані сталі ( $V_{\text{різ}} = 20...30$  м/хв.).

4). *Теплопровідність*. Температура в зоні різання в ряді випадків може бути знижена завдяки відтоку тепла від головного різального леза та передньої площини, тому матеріал повинен мати добру теплопровідність. Теплопровідність інструментального матеріалу залежить від вмісту вольфраму, ванадію та кобальту. Всі названі метали дуже дефіцитні.

4). *Коефіцієнт тертя*. Матеріал різальної частини інструмента працює в умовах сухого тертя інструментального матеріалу по оброблюваному. Коефіцієнт тертя залежить від хімічного складу матеріалів заготовки та інструменту. Чим краще ковзання інструменту по заготовці, тим менший коефіцієнт тертя.

5). *Зносостійкість* – здатність матеріалу інструментау протидіяти витиранню матеріалу заготовки.

Зносостійкість оцінюється інтенсивністю зносу  $I = \frac{m}{L}$ ,

де  $m$  – маса продукту зносу (мг.),  $L$  – ширина контакту (мм.).

б). *Ударна в'язкість* – здатність матеріалу інструменту витримувати ударні навантаження без розрушення.

### 3.2.2 Вуглецеві інструментальні сталі

Вуглецеві інструментальні сталі допускають невисокі швидкості різання (до 15 м/хв), внаслідок невисокої теплостійкості. Через це їх основне призначення - ручний інструмент, свердла невеликого діаметру, плашки, мітчики, протяжки, напилки.

Сталь У7А призначена для інструменту, що піддається ударам і який потребує великої в'язкості при помірній твердості, — для зубил, ковальських штампів, викруток, ножиць, свердел, таврів по залізу, штампів по шкірі.

Сталь У7 - те ж, для кувалд, ковальських і слюсарних молотків, теслярського інструменту й ін.

Сталь У8А - для інструменту, що піддається ударам і вимагає підвищеної твердості при наявності достатньої в'язкості, — для матриць простої форми, ножиць і ножів по металу, таврів, столярного інструменту, пилок по м'якому металу і дереву, пневматичного інструменту та ін.

Сталь У8 - те ж, для губок лещат, зубил для вугілля, зубил для відбиття каменю й ін.

Сталь У9А - для інструментів, що вимагають твердості при наявності деякої в'язкості, діркопробивних штемпелів, кернів, деревообробного інструменту.

Сталь У9 - те ж, для зубил по кам'яних породах і ін.

Сталь У10А - для інструменту, що не піддається різким і сильним ударам і потребує деякої в'язкості на гострих лезах, — для токарних і стругальних різців, свердел, мітчиків, розверток, плашок, фрез, ножівочних полотен, фасонних штампів, свердел по досить твердим породам і ін.

Сталь У10 - те ж, для інструменту для відбиття каменю, зубил для насічення напилків і ін.

Сталь У12 і У12А - для інструменту, що не піддається ударам і який потребує великої твердості, — для токарних і стругальних різців, мітчиків, плашок, бритв, гострого хірургічного інструменту, калібрів, годинникового інструменту, монетних штампів, напилків і ін.

Сталь У13А - для інструменту, що не піддається ударам і потребує

високої твердості.

Сталь У13 - для різців по твердому металу, бритв, волочильного інструмента, зубил для насічки напилків, граверного інструмента й ін.

Інструментальні вуглецеві сталі позначаються буквою У, за нею іде цифра, що характеризує вміст вуглецю в сталі, помножений на 10. Так в сталі марки У10 вміст вуглецю складає біля 1%. Буква А в кінці відповідає високоякісним сталям.

### 3.2.3 Леговані інструментальні сталі

У легованих інструментальних сталях легівні елементи покращують властивості сталі.

Хром підвищує зносостійкість, та покращує твердість.

Кремній – сприяє більш рівномірному розподіленню карбідів, використовується для інструментів з тонкими різальними лезами.

Ванадій утворює стійкі тверді карбіди, через це сталі мають високу зносостійкість, міцність та низьку оброблюваність шліфуванням. Сприяє отриманню дрібнозернистої структури.

Кобальт – підвищує міцність, температуропровідність, хімічну активність легівних елементів, збільшує червоностійкість. Використання кобальту необхідно економічно обґрунтовувати.

Наведемо області застосування деяких легованих інструментальних сталей.

Сталь Х12 - для холодних штампів високої стійкості проти стирання, які не піддаються сильним ударам і поштовхам, для волочильних дошок, формувальних штампів, для матриць і пуансонів.

Сталі ХВГ, ХСВГ - для інструментів, що при загартуванні повинні мало деформуватися, для вимірювальних і різальних інструментів, різевих калібрів, лекал, довгих мітчиків, плашок, протяжок, фрез, прес-форм для пластмас.

Сталь Х09 - для зубил, застосовуваних при насіченні напилків, для кулачків, токарних, стругальних і довбальних різців у лекальній і ремонтній майстернях.

Сталь 9Х - для валків при холодному вальцюванні, таврів, пробійників, матриць і пуансонів для холодного висадження, деревообробного інструменту.

Сталь Х05 - для ножів бритв і лез гострого хірургічного інструменту.

Сталь 7Х3, 8Х3 - для матриць при гарячому висадженні, для формувальних і поршневих пуансонів при гарячому гнутті й обрізці.

Сталь 9ХС - для свердел, розверток, фрез, мітчиків, плашок, гребінок, машинних штемпелів, таврів для холодних робіт.

Сталь 6ХС - для пневматичних зубил і штампів невеликих розмірів для холодного штампування.

Сталь 4ХС - для зубил, ножиць при гарячому і холодному різанні

металу, для штампів гарячої витяжки.

Сталь ХГС - для вимірювальних інструментів, щодо яких підвищене короблення при загартуванні не допустиме.

Сталь В1 - для спіральних свердел, мітчиків, розверток.

Сталь 4Х8В2 - для матриць і пуансонів, що працюють у важких умовах нагрівання, для прес-форм, застосовуваних при формуванні виробів із пластмас.

Сталь 5ХВ2С, 6ХВ2С - для ножиць при холодному різанні металу, пуансонів і обтискних матриць при холодній роботі, для прес-форм для лиття під тиском, для деревообробних інструментів при тривалій роботі.

Інструментальні леговані сталі позначаються цифрою, що характеризує вміст вуглецю в десятих долях процента (якщо цифра відсутня, вміст вуглецю 1%), за якою слідує буква, що відповідає легівним елементам (Г – марганець, Х – хром, С – кремній, В – вольфрам, Ф – ванадій), і цифри, що позначають вміст елемента в процентах.

### **3.2.4 Швидкорізальні інструментальні сталі**

Швидкорізальні інструментальні матеріали містять більшу кількість карбідоутворюючих елементів (вольфрам, молібден, ванадій і ін.).

Швидкорізальні сталі за рівнем теплостійкості підрозділяють на наступні групи:

1. Нормальної продуктивності:

- ✓ вольфрамові Р18, Р12, Р9
- ✓ вольфрамо-молібденові Р6М5, Р9М4, Р6М3.

2. Підвищеної продуктивності:

- ✓ ванадієві Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2;
- ✓ кобальтові Р9К5, Р9К10, Р18К10Ф2.

Вольфрамові сталі, через високий процентний вміст вольфраму, у даний час не застосовують. Вольфрамо-молібденові сталі мають достатню міцність і пластичність, одержали найбільше поширення при виготовленні складних зубообробних і різьобробних інструментів.

Кобальт, на противагу вольфраму і ряду інших металів, карбідів не утворює. Однак, він підвищує міцність і червоностійкість, маючи високу теплопровідність. Тому кобальтові сталі більш теплопровідні, чим вольфрамові, краще шліфуються. Їхній недолік – знижена в порівнянні з вольфрамовими механічна міцність. У порівнянні зі сталями нормальної теплостійкості кобальтові сталі допускають більш високі швидкості різання, однак, інструмент із них повинен працювати при малих перетинах зрізу, тобто вони допускають меншу подачу.

Сталь Р18 –застосовується для обробки м'яких і середньої твердості матеріалів.

Сталь Р9 - через низьку оброблюваність шліфуванням застосовується для інструментів обмеженої точності, де об'єм шліфувальних робіт

обмежений.

Сталь Р18Ф2 - застосовується для обробки матеріалів різної твердості, у тому числі нержавіючих і жароміцних сплавів.

Сталь Р9К5, Р9К10, Р18К5Ф2, Р10К5Ф5 – використовують в інструментах, що нагріваються в процесі роботи до високих температур. Для обробки нержавіючих і жароміцних сплавів і інших твердих матеріалів.

Сталь Р9Ф5 – знайшла застосування в інструментах, які виконують окремі операції при невеликих перетинах стружки і без сильного нагрівання інструменту, для обробки матеріалів, що володіють абразивними властивостями, жароміцних сплавів і сплавів на основі титана.

Швидкорізальні сталі позначаються буквами, що відповідають карбідоутворюючим і легуючим елементам (Р- вольфрам, М – молібден, Ф – ванадій, А – азот, К – кобальт, Т – титан, Ц – цирконій). За буквою йде цифра, що позначає середній вміст елемента в процентах (вміст хрому біля 4% в позначенні не вказується). Вміст азоту вказується в сотих долях проценту. Цифра, що стоїть на початку позначення сталі вказує на вміст вуглецю в десятих долях процента. Якщо цифра відсутня, вміст вуглецю 1%.

### 3.2.5 Тверді сплави

Тверді сплави одержали широке поширення. Швидкість різання приблизно в 5 разів вища, ніж в інструменту із швидкорізальної сталі. Червоностійкість цих матеріалів досягає 870-1000 С°. Тверді сплави виготовляють при високих температурах спіканням пластифікованого порошку карбідів, що при цьому змінює свій об'єм, зменшуючись приблизно на 50%. Склад твердих сплавів – карбіди вольфраму, титану, танталу, зцементовані кобальтом.

Чим менше кобальту в сплаві, тим менша його в'язкість і крихкість. Такі матеріали застосовують для невеликих перетинів зрізу, тобто для чистових робіт.

Тверді сплави класифікують на дві великі групи: що містять вольфрам, і на безвольфрамові тверді сплави.

Сплави, що містять вольфрам поділяються на:

- ✓ вольфрамові (однокарбідні) – ВК15;
- ✓ титанові (двокарбідні) – Т15К6, Т30К4;
- ✓ титано-танталові (трьохкарбідні) ТТ7К12, ТТ8К10, ТТ9К12Б.

Тверді сплави групи ВК найбільш міцні але разом з тим менш тепло і зносостійкі. Їх використовують при обробці чавунів, кольорових металів і їхніх сплавів, нержавіючих і жароміцних сталей, загартованих сталей і при переривчастому різанні.

Тверді сплави групи ТК у порівнянні зі сплавами групи ВК більш зносостійкі але менш міцні. Істотною перевагою є більша відсутність схильності до злипання. Їх застосовують для обробки пластичних матеріалів – вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей.

Тверді сплави групи ТТК по застосовності є універсальними, їх використовують при обробці сталей і чавунів. Основна область застосування – різання з дуже великими перетинами зрізу, чорнова обробка й обробка з ударами.

Чим важчі умови роботи в силовому відношенні (чорнова обробка), тим більше кобальту повинен містити сплав, чим легше режим (чистова обробка), тим більше повинно бути карбідів (вольфраму, титану, танталу).

*Класифікація твердих сплавів по зернистості:*

Розрізняють чотири групи:

- ✓ грубозернисті – зерна карбідів 3-5 мкм (BK8B, T15K6B);
- ✓ середньозернисті – зерна карбідів 1,5-3 мкм (BK8, T15K6 буква в позначення не додається);
- ✓ дрібнозернисті – зерна карбідів 0,5-1,5 мкм (BK8M, T15K6M);
- ✓ особливо дрібнозернисті – зерна карбідів 0,5-1,0 мкм (BK8OM, T15K6OM).

Дослідженнями встановлено, що властивості твердого сплаву залежать не тільки від хімічного складу, але і від структури (від величини зерен карбідів вольфраму).

Зі збільшенням розміру зерен міцність сплаву підвищується, а зносостійкість знижується.

Це дозволило створити сплави з високими зносостійкістю і задовільною міцністю:

BK6OM для чистової обробки нержавіючих сталей, титанових сплавів і чавуна;

BK15OM, BK10OM, BK15XOM – для напівчистової і чорнової обробки тих же матеріалів.

*Класифікація твердих сплавів по області застосування.*

Стандартом ІСО виділено три групи твердосплавного різального інструменту:

Р – для обробки вуглецевих і середньо легованої сталей і сталевих лиття, незагартованих інструментальних сталей, різання яких супроводжується появою зливної стружки. Позначаються цифрою 1 або смугою синього кольору.

М – для обробки високолегованих тепло і жаростійких сталей, високомарганцевистих і нержавіючих сталей аустенітного класу, ковких легуваних чавунів, титанових і нікелевих сплавів. Позначаються цифрою 2 або смугою жовтого кольору.

К – для обробки сірих і вибілених чавунів, що дають стружку надлому, для різання загартованих сталей, кольорових металів, сплавів, пластмас, склопластиків, бетону і деревини. Позначаються цифрою 3 або смугою червоного кольору.

Кожна область розбита на групи виходячи з типу операцій. Група позначається цифрами від 01 до 50. Найбільше часто зустрічаються 01, 05,



10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, але можливі і проміжні значення. Малі індекси відповідають чистовим операціям, коли від твердого сплаву потрібна висока зносостійкість і мала міцність. Великі індекси відповідають чорновим операціям. Тому кожна марка твердого сплаву має свою область застосування.

Оскільки границі груп встановлені орієнтовно, те та сама марка твердого сплаву може добре працювати в двох або трьох групах або навіть різних областях.

Крім трьох вказаних груп випускаються також різальні пластини із спеціальних сплавів – це сплави групи MC. Виготовляють їх за технологією шведської фірми «Сандвик Коромант». Характеризуються високою стабільністю різальних властивостей.. Завдяки цьому їх рекомендується застосовувати на верстатах з ЧПК.

MC - це трьохкарбідні тверді сплави (ТТК), однак у них карбіди танталу замінені карбідами ніобію.

Позначення сплаву складається із букв MC і трьохзначного (для пластин без покриття) чи чотирьохзначного (для пластин з покриттям карбідом титана) числа: 1-а цифра відповідає області застосування по ISO; 2-а і 3-я характеристика підгрупи застосування, 4-а – наявність покриття.

Велика номенклатура твердих сплавів дозволяє підібрати кілька марок для будь-якої групи застосування. Перевагу варто віддавати найбільш міцним і дешевим матеріалам.

*Нанесення зносостійких покриттів дозволяє одержати одночасно зносостійкі і міцні інструментальні матеріали. Як матрицю під покриття беруть міцні марки твердих сплавів із дрібнозернистою структурою. Це можуть бути або стандартні марки твердих сплавів або спеціальні твердосплавні основи. Як покриття використовують Ti, TiCN. Будучи хімічно інертними до сталей, вони забезпечують твердим сплавам високу зносостійкість.*

Розрізняють сплави з одношаровими і багатшаровими покриттями.

У сплавів з одношаровими покриттями наносять шар товщиною 5-12 мкм (звичайно золотавого кольору). Багатшарові покриття більш прогресивні і являють собою композицію Ti+TiCN+Ti, тому що Ti щонайкраще схоплюється з матрицею, а найбільшу надійність роботи забезпечують зовнішні шари з TiCN+Ti. Загальна товщина покриття 8-15 мкм.

Недоцільно застосовувати пластини при роботі з ударом, при різанні титанових сплавів, жароміцних сталей, металів з ливарною коринкою.

### **3.2.6 Безвольфрамкові тверді сплави**

У них карбід вольфраму замінений карбідом і карбонітридом титану, а для зв'язування замість кобальту використовують нікель і молібден. Безвольфрамкові тверді сталі відрізняються зниженою схильністю до злипання. Однак, їм властиві схильність до тріщиноутворення, погана робота

при ударних навантаженнях. Застосовують при чистовій і напівчистовій обробці при різанні конструкційних і низьколегованих сталей, кольорових металів і їхніх сплавів. Марки: ТН20, КНТ16, ТМ3

Так як безвольфрамові тверді сплави не містять дефіцитних елементів, то їм необхідно віддавати перевагу і використовувати замість твердих сплавів на основі карбідів вольфраму.

В залежності від складу карбідної фази і зв'язки, позначення твердих сплавів містить букви, що характеризують карбідоутворюючі елементи (В – вольфрам, Т – титан, друга буква Т – тантал і зв'язку (буква К – кобальт).

Процент карбідоутворюючих елементів в одно карбідних сплавах, що містять тільки карбід вольфраму, визначається різницею між 100% і масовою частиною зв'язки (цифра після букви К), наприклад сплав ВК4 містить 4% кобальту і 96% WC.

У двохкарбідних сплавах WC+ TiC цифрою після букви карбідоутворюючого елемента визначається масова частка карбідів цього елемента, наступна цифра – масова доля зв'язки, решта – масова частка карбідів вольфраму (наприклад Т5К10 містить 5% TiC, 10% Co і 85% WC).

В трьохкарбідних сплавах цифра після букв Т означає частку карбідів титана і танталу. Цифра за буквою К – масову частку зв'язки, решта – карбід вольфраму (наприклад, сплав ТТ8К6 містить 6% кобальту, 8% карбідів титана і Танталу і 86% карбиду вольфраму).

### **3.2.7 Мінералокераміка та кермети**

Мінералокераміка виготовляється на основі  $Al_2O_3$  методом пресування під великим тиском. Основною перевагою її є висока теплостійкість (~1200°C), що дозволяє інструменту працювати при більш високих швидкостях різання в порівнянні з твердосплавним. Крім того, її вартість значно нижче, тому що вихідним продуктом для її одержання є глинозем. Твердість різальної кераміки вище твердості твердих сплавів, при цьому злипання зі стружкою не відбувається через хімічне розходження між інструментальним і оброблюваним матеріалами.

Керметами називаються сплави  $Al_2O_3$  з карбідами, нітридами і іншими сполуками.

Істотний недолік мінералокераміки та керметів- велика крихкість, знижена міцність. Застосовують тільки при чистовій і напівчистовій обробці сталей, чавуну, міді і її сплавів при відсутності ударного і циклічного температурного навантаження.

*Розрізняють чотири групи мінералокераміки:*

1. Оксидна (чиста або біла) – складається з  $Al_2O_3$  і невеликої кількості легівних домішок окисів магнію і цинку. Міцність найменша, але теплостійкість і твердість найвищі - ЦМ 332, ВШ75. З метою підвищення міцності оксидної кераміки її легують карбідами титана або нітридами титана.

2. Оксидно-карбідна (змішана, металева чорна) – складається з  $Al_2O_3$  окисів магнію і цинку і 20-40% Ti – ВОК 60, ВОК 63.
3. Оксидно-нітридна (кортинид) - складається з  $Al_2O_3$  окисів магнію і цинку і 20-40% Ti – ОНТ 20.
4. На основі нітриду кремнію  $Si_3O_4$  (силініт-р).

Оксидна кераміка використовується для чистового та напівчистового точіння сирих та не загартованих сталей, сірих чавунів з великими швидкостями різання.

Оксидно-карбідна та оксидно-нітридна кераміка - для напівчистової обробки ковких відбілених чавунів, загартованих сталей, кольорових металів на основі міді.

Нітридна кераміка призначена для чистової обробки чавунів.

### **3.2.8 Надтверді матеріали**

До надтвердих матеріалів відносять алмази, КНБ (кубічний нітрид бору).

Твердіть НТМ вища за твердіть інших матеріалів. У надтвердих матеріалів вимірюється мікротвердість за шкалою Вікерса

Механічні властивості алмазів: анізотропні, хімічно активні з залізом, червоностійкість порядку  $600^{\circ}$ - $700^{\circ}$ С.

НТМ виготовляють на основі синтетичних алмазів (АС):

АСПК – алмаз синтетичний карбонадо;

АСПБ - алмаз синтетичний балас.

Алмаз найтвердіший інструментальний матеріал Його мікротвердість за шкалою Вікерса в 4,5 рази вища порівняно з твердими сплавами. Алмази мають високу теплопровідність, яка значно перебільшує теплопровідність кольорових матеріалів, це сприяє швидкому відтоку тепла з зони різання. Малі значення коефіцієнтів тертя та об'ємного розширення, радіусів заокруглення різальних лез дозволяють проводити точну розмірну обробку.

Недоліки: анізотропність, низька міцність, підвищена хрупкість (через неї від'ємні значення передніх кутів), низька стійкість при високих температурах.

Розподіляють за міцністю на 5 класів:

О – звичайний;

Р – підвищені властивості;

В – високі властивості;

С – сортований, (найкращий);

К – кристалічний.

КНБ (кубічний нітрид бору) вперше був отриманий в 1960 році з нітриду бору – хімічного елементу, що є подібний до графіту. В теперішній час синтезований на Україні в Інституті НТМ (м. Київ). Технологія його виготовлення схожа з отриманням СА, але на відміну від алмазів кристалева гратка заповнена різними атомами: азоту та бора. Твердість трохи нижча від алмазів (на 20%), але червоностійкість приблизно в 2 рази вища. КНБ в хімічному плані більш інертний до інших матеріалів.

Освоєно випуск особливо великих полікристалічних утворень ПКНБ діаметром 5-6 мм і висотою 7-8 мм. Це дає можливість обладнати КНБ різці та навіть фрези для обробки високоміцних чавунів та загартованих сталей. Успішним є використання КНБ для шліфування сталей та чавунів.

Використання:

композит 01,02 – для чистового точіння загартованих сталей, сірого та високоміцного чавуну;

композит 05 – точіння без удару чавунів будь-якої твердості;

композит 10 – точіння з ударом, торцеве фрезерування сталей та чавунів будь-якої твердості, твердих сплавів тощо (при вмісті кобальту більше ніж 15%).

### **3.3 Хід виконання роботи**

1. Розшифрувати задані викладачем марки інструментальних матеріалів.

2. Зробити ескізи виданих різальних пластинок із різних інструментальних матеріалів. Визначити область застосування даних інструментальних матеріалів.

### **3.4 Контрольні запитання**

1. Назвіть основні властивості інструментальних матеріалів.

2. Що таке вуглецеві інструментальні сталі? Назвіть їх область застосування. Як позначаються вуглецеві інструментальні сталі?

3. Що таке леговані інструментальні сталі? Їх позначення та область застосування.

4. Що таке швидкорізальні інструментальні сталі? Їх позначення та область застосування.

5. Як класифікують тверді сплави по хімічному складу? Назвіть основні властивості кожної групи та область застосування.

6. Що таке мінералокераміка? Область застосування та основні марки.

7. Які матеріали відносять до надтвердих?

8. Назвіть основні властивості алмазів та кубічного нітриду бору?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ТА КУТОВИХ РОЗМІРІВ

#### 4.1 Мета роботи

Вивчити найбільш розповсюджені засоби вимірювання лінійних та кутових розмірів деталей. Здобути практичні навички у використанні штангенциркулів, мікрометрів, універсальних та оптичних кутомірів.

#### 4.2 Теоретичні відомості

##### 4.2.1 Вимірювання лінійних розмірів

Найбільш поширеними засобами для вимірювання лінійних розмірів являються штангенінструменти та мікрометри.

До *штангенінструментів* загального призначення відносяться штангенциркулі, штангенглибиноміри, штангенвисотоміри.

Відліковим пристроєм штангенінструментів є ноніус, за допомогою якого можна відрховувати дробові частки інтервалу розподілів основної шкали.

Величина відліку по ноніусу штангенінструментів встановлюється 0,1 або 0,05 мм. Похибка показань штангенінструментів не повинна перевищувати модуля величини відліку по ноніусу.

При нульовому положенні нульовий штрих ноніуса збігається з нульовим штрихом основної шкали.

При вимірюванні шкала ноніуса зміщується відносно основної шкали на величину, яка дорівнює вимірюваному розміру. Ціле число поділок основної шкали визначається по положенню нульового штриха ноніуса. Так, як інтервал розподілів шкали ноніуса відмінний від інтервалу розподілів основної шкали, кожна наступна поділка ноніуса розташована до якоїсь поділки основної шкали ближче попередньої. Збіг якого-небудь штриха ноніуса з будь-яким штрихом основної шкали показує число дробових розподілів по шкалі ноніуса. На рисунку 4.1 показаний приклад відліку розміру  $b = 117,15$  мм.

За допомогою штангенінструментів можна вимірювати охоплювані, охоплюючі і східчасті розміри. При вимірі розмірів зовнішніх поверхонь, деталь затискається між поверхнями губок 2. Стопорні гвинти 3 і 5 повинні бути відпущені, після цього затискається гвинт хомутика 5 і за допомогою гвинта 7 мікрометричної подачі уточнюється положення рухомої губки. Деталь повинна бути затиснута щільно, без перекосів. Гвинтом 3 фіксується положення рамки ноніуса і знімається розмір.

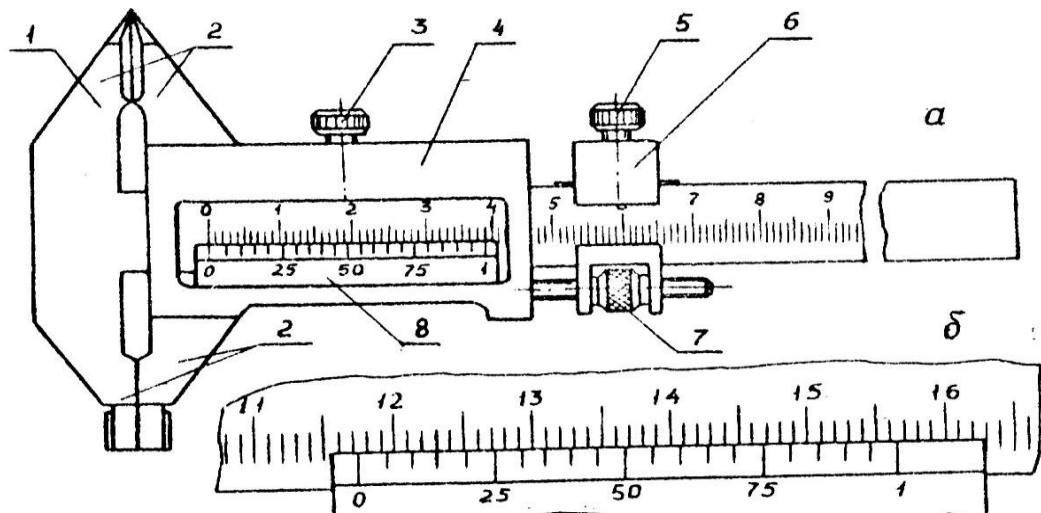


Рисунок 4.1 – Штангенциркуль

Мікрметри поєднуються загальною схемою вимірювального пристрою, заснованого на застосуванні мікрметричної пари.

Відліковий пристрій мікрметричних інструментів складається з двох шкал і двох показчиків (рисунок 4.2,а) [28].

Основна шкала (повздовжня) нанесена на гільзу 4. По одну сторону повздовжнього штриха з інтервалом у 1 мм нанесена одна група поділок, по іншу – з тим же інтервалом друга група поділок, яка зміщена по відношенню до першої на 0,5 мм

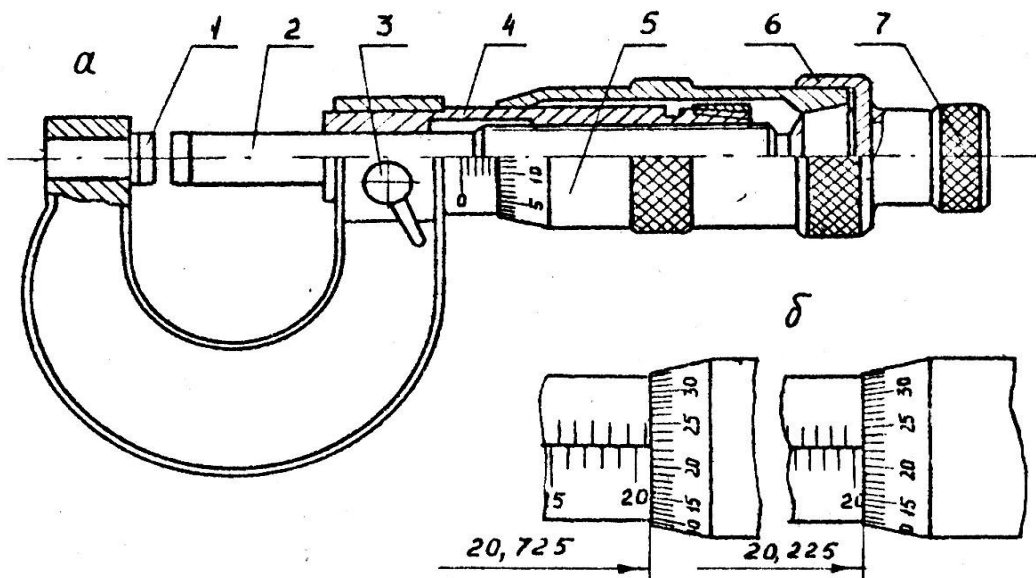


Рисунок 4.2 – Мікрметр

Друга шкала (кругова) з числом поділок  $n = 50$  нанесена на скошений край барабана 5. Показчиком кругової шкали служить повздовжній штрих, нанесений на гільзу 4. При кроці мікрогвинта  $P = 0,5$  мм одному його оберту

відповідає переміщення вимірювального наконечника на 0,5 мм, а ціна однієї поділки кругової шкали складає 0,01 мм.

Приклади відліків розмірів приведені на рисунку 4.2, б.

Перед початком вимірювання мікрометри піддаються перевірці нульового показання. Перевірка нульового показання виконується на нижній межі його показань. Для цього мікрометричний гвинт 2 обертається за допомогою тріщітки 7 і приводиться в контакт з вимірюваною поверхнею 1, або для мікрометрів з межею вимірювань понад 25 мм з кінцевою мірою, прикладеною до мікрометра, яка дорівнює по величині його нижній межі вимірювання. У випадку неспівпадання нульового штриха кругової шкали з повздовжнім штрихом, нанесеним на гільзу мікрометра, проводиться його регулювання. Для цього мікрометричний гвинт фіксується стопорним гвинтом 3. Поворотом гайки 6 барабан 5 звільнюється і повертається так, щоб нульова поділка кругової шкали встановилася проти повздовжнього покажчика на гільзі 4. У цьому положенні барабан затискається гайкою 6 і стопорний гвинт 3 звільняється. Після такого регулювання необхідно знову перевірити правильність установки нульового положення мікрометра, а при необхідності – повторити регулювання.

При вимірюванні деталь, що перевіряється, затискається між вимірювальними поверхнями мікрометра тільки за допомогою тріщітки. Це забезпечує постійність затискного зусилля при вимірюванні, яке дорівнює зусиллю, при якому проводилось регулювання мікрометра.

#### 4.2.2 Вимірювання кутових розмірів

Найпоширенішою одиницею вимірювання кутових розмірів є градусна міра, одиницею якої є:

градус ( $^{\circ}$ );

хвилина ( $'$ ), що становить одну шістдесятю частину градуса;

секунда ( $''$ ), що становить одну шістдесятю частину хвилини.

Поряд з використанням градусної міри застосовується радіанна міра, одиницями якої радіан (рад) і мікрорадіан (мкрад) ( $1 \text{ мкрад} = 0,000001 \text{ рад}$ ). Зв'язок між градусною і радіанною мірами виражається залежностями:

$1^{\circ} = 0,017453 \text{ рад.}; 1' = 0,00029088 \text{ рад.}; 1'' = 0,00000485 \text{ рад.}$

Для виміру кутів нормальної точності у виробничих умовах найчастіше використовують кутомір універсальний і кутомір оптичний.

Кутомір універсальний (рис. 4.3) складається з основи 1, на якій нанесена основна шкала з ціною поділки  $1^{\circ}$  і сектора 2 із закріпленим на ньому ноніусом 3 з ціною поділки  $2'$ . Сектор може переміщатися по основі. За допомогою державки 4 на секторі 2 можна закріплювати косинець 5, на якому, у свою чергу, закріплюється з'ємна лінійка 6. Лінійка 7 основи жорстко з'єднана з основою 1. Основна шкала кутоміра нанесена на дузі  $130^{\circ}$ .

Шляхом різних комбінацій в установці вимірювальних деталей кутоміра досягається можливість виміру кутів у діапазоні  $0 - 320^{\circ}$ .

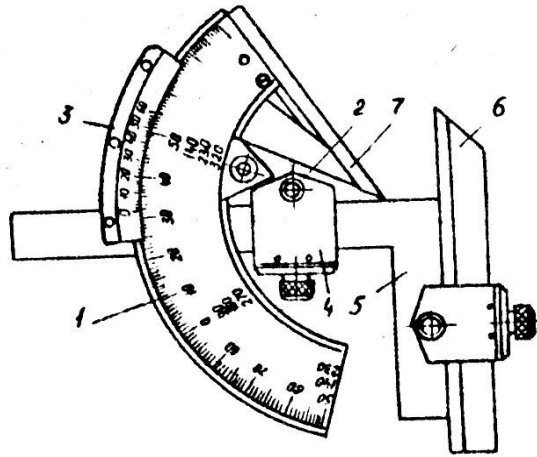


Рисунок 4.3 – Загальний вид універсального кутоміра

На рисунку 4.4 наведені схеми складання кутоміра при вимірюванні різних значень кутів

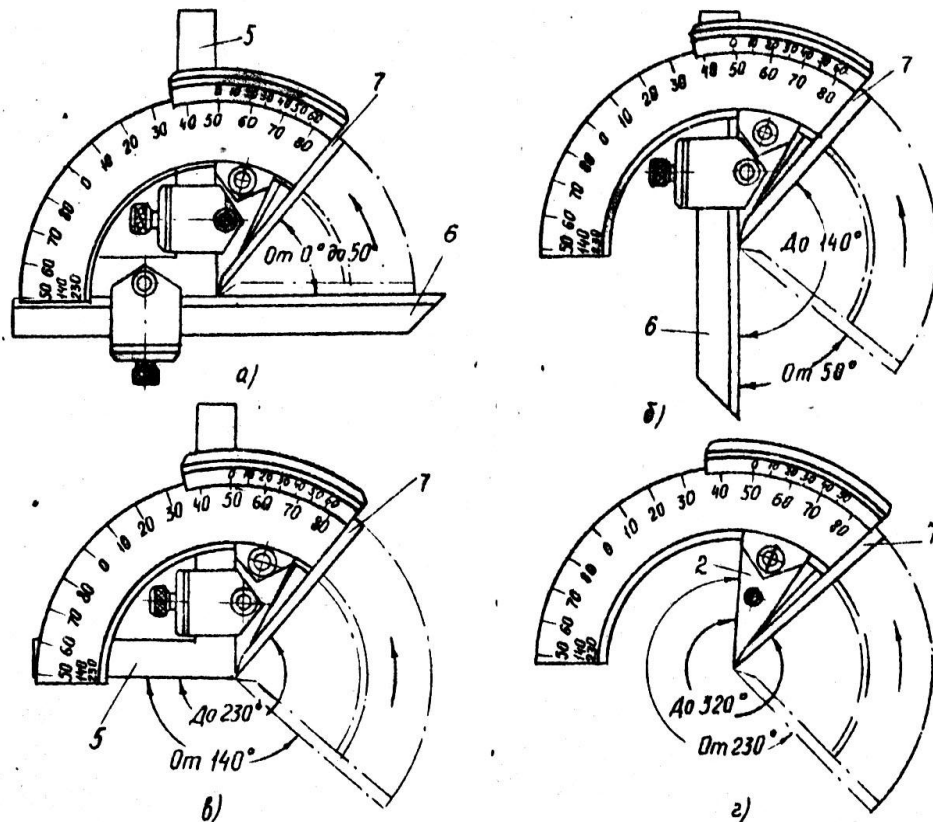


Рисунок 4.4 – Схеми до складання кутоміра при контролі кутів:

*a)* 0 – 50°; *б)* 50 – 140°; *в)* 140 – 230°; *г)* 230 – 320°

На рисунку 4.4, *a* показаний кутомір, підготовлений для вимірювання зовнішніх кутів у межах 0 – 50°. Вимірювальними поверхнями кутоміра в цьому випадку є ребро лінійки 6 і лінійки 7. При складенні кутоміра за цією схемою необхідно перевірити відсутність зазору між лінійками 6 і 7 при сполучених нулях основи і ноніуса.



На рисунку 4.4, б показаний кутомір, зібраний для контролю зовнішніх кутів у межах  $50 - 140^\circ$ . Вимірювальними поверхнями кутоміра є ребро лінійки 6 і лінійки 7.

На рисунку 4.4, в показаний кутомір, підготовлений для виміру зовнішніх кутів у межах  $140 - 180^\circ$  і внутрішніх кутів у межах  $180 - 230^\circ$ . Вимірювальними поверхнями кутоміра є ребро косинця 5 і лінійки 7.

На рисунку 4.4, г показаний кутомір при знятих косинці, лінійці і державці. У такому виді кутомір підготовлений для виміру внутрішніх кутів межах  $230 - 320^\circ$ . Вимірювальними поверхнями кутоміра в цьому випадку будуть ребро лінійки 7 і сектора 2. Правила відліку кутів по кутоміру аналогічні правилам відліку для лінійних ноніусів.

Кутомір оптичний (рисунок 4.5), з ціною поділки шкали  $10'$  призначений для виміру кутів у межах  $0 - 180^\circ$ .

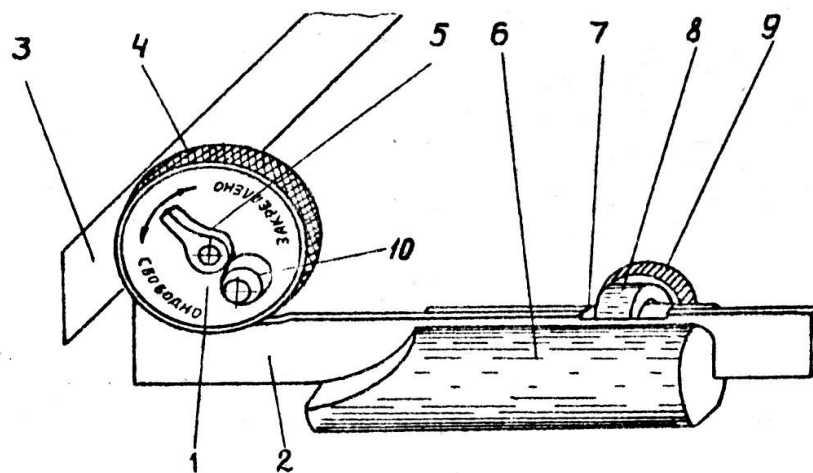


Рисунок 4.5 – Кутомір оптичний з підставкою

Кутомір складається з корпусу 1 з відліковим пристроєм, зведеної 2 і змінної 3 лінійок, які призначені для фіксації вимірюваного кута, затискного кільця 4, що фіксує відносне положення лінійок 2 і 3, затискного важеля 5, що фіксує положення лінійки 3 щодо корпусу 1, підставки 6, яка використовується при вимірі кутів, однієї зі сторін якого є утворююча циліндричної поверхні, вкладки 7, притиску 8 і гайки 9, які використовуються для закріплення зведеної лінійки щодо підстави, окуляра 10, через який зчитуються показання кутоміра.

Для виміру кута оптичним кутоміром необхідно виконати наступне.

1). Повернути затискної важіль 5 проти годинникової стрілки в крайнє нижнє положення.

2). Вставити змінну лінійку 3 в виріз корпусу 1 сполучивши при цьому паз у лінійці зі шпонкою в корпусі. Поворотом за годинниковою стрілкою важеля 5 закріпити лінійку в зручному для вимірювання положенні.

3). Поворотом затискного кільця 4 проти годинникової стрілки звільнити кутовий затиск лінійок.

4). Робочі площини лінійок довести до щільного контакту з площинами чи ребрами, що утворюють вимірюваний кут.

5). Поворотом затискного кільця 4 за годинниковою стрілкою зафіксувати вимірюваний кут. Кутомір при цьому варто тримати лівою рукою за здвоєну лінійку 2.

6). Направивши кутомір на джерело світла, рахувати через окуляр 10 показання кутоміра.

При вимірюванні кутів менших  $90^\circ$  шкала кутоміра показує величину вимірюваного кута. У тих же випадках, коли вимірювані кути більші  $90^\circ$ , шкала показує величину додаткового кута  $\alpha_1$ . Величина вимірюваного кута  $\alpha$  у цьому випадку визначається за формулою  $\alpha = 180 - \alpha_1$ .

### 4.3 Хід виконання роботи

1. Зробити креслення виданої викладачем деталі (валу) для вимірювання лінійних розмірів.

2. Зробити по три вимірювання штангенциркулем кожного діаметру валу і по три вимірювання вздовж осі однієї довжини за допомогою штангенциркуля і двох інших за допомогою штангенглибиноміра. Дані вимірювань занести до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Дані вимірювань лінійних розмірів за допомогою штангенінструментів

Позначення розмірів по кресленню	Межа вимірювання	Точність вимірювання	Дійсні значення розмірів, мм.		
			1	2	3

3. Зробити по три вимірювання кожного діаметру деталі за допомогою мікрометра. Дані вимірювань занести до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Дані вимірювань лінійних розмірів за допомогою мікрометра

Позначення розмірів по кресленню	Межа вимірювання	Точність вимірювання	Дійсні значення розмірів, мм.		
			1	2	3

4. Зробити креслення виданої викладачем деталі для вимірювання кутових розмірів.

5. Зробити по три вимірювання кутових розмірів деталі за допомогою універсального кутоміра. Дані вимірювань занести до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Дані вимірювань кутових розмірів

Значення кутових розмірів по кресл. $\alpha_1, \dots, \alpha_n$	Межа вимірювання	Точність вимірювання	Дійсні значення кутів, виміряних універсальним кутоміром $\alpha_1, \dots, \alpha_n$		
			1	2	3

6. Зробити по три вимірювання кутових розмірів деталі за допомогою оптичного кутоміра. Дані вимірювань занести до таблиці 4.4

Таблиця 4.4 - Дані вимірювань кутових розмірів

Значення кутових розмірів по кресл. $\alpha_1, \dots, \alpha_n$	Межа вимірювання	Точність вимірювання	Дійсні значення кутів, виміряних оптичним кутоміром $\alpha_1, \dots, \alpha_n$		
			1	2	3

#### 4.4. Контрольні запитання

1. Які ви знаєте найбільш поширені технічні засоби вимірювання лінійних розмірів?
2. Назвіть основні частини, з яких складається штангенциркуль.
3. Який принцип побудови мікрометра? Назвіть його основні частини.
4. В яких одиницях вимірюються кутові розміри?
5. Назвіть основні частини, з яких складається універсальний кутомір?
6. Назвіть основні частини, з яких складається оптичний кутомір.
7. Які величини кутів можна вимірювати за допомогою оптичного кутоміра?

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

## ОСНОВИ МЕХАНІКИ ВЕРСТАТІВ

### 5.1 Мета роботи

Ознайомити студентів з основами механіки металорізальних верстатів: вивчити типові передачі, що зустрічаються в МРВ, отримати уявлення про коробку швидкостей та коробку подач, їх побудову, та розрахунок.

### 5.2 Теоретичні відомості

#### 5.2.1 Типові передачі у верстатах

У більшості сучасних верстатів обертання від електродвигуна до шпинделя, передається через пасову передачу і ряд зубчастих передач. *Пасова передача* (рис. 5.1) складається з двох шківів (тягового і веденого) і натягнутих на них пасів. Тяговий шків закріплений на валу електродвигуна, а ведений — на першому валу коробки швидкостей. Шківні мають канавки трапецієподібної форми, таку ж форму мають і паси (клиноподібні паси).

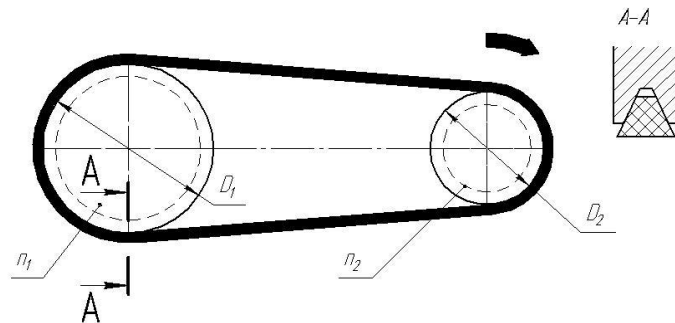


Рисунок 5.1 - Пасова передача

При діаметрі тягового шківів  $d_1$ , веденого  $d_2$  і числі обертів у хвилину шківів відповідно  $n_1$  і  $n_2$  обводова швидкість (м/хв) паса на першому шківі  $v_1 = (\pi d_1 n_1) / 1000$ , а на другому  $v_2 = (\pi d_2 n_2) / 1000$ .

Але так як пас охоплює обидва шківні, то  $v_1 = v_2$ , значить  $\pi d_1 n_1 = \pi d_2 n_2$ , інакше можна записати :

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} = i_{nac.}$$

Відношення діаметра тягового шківів до діаметра веденого шківів або відношення чисел обертів веденого і тягового шківів називається передатним відношенням пасової передачі і позначається  $i_{nac.}$ . Фактично

$$i_{nac.} = 0,985 \frac{d_1}{d_2},$$

де 0,985—коефіцієнт, що враховує деяке проковзування ремня на шківні.

Знаючи число обертів тягового шківів і діаметри шківів, із пропорції

можна визначити число обертів веденого шківa:  $n_2 = n_1 \frac{d_1}{d_2} = n_1 i_{нас.}$

Ця залежність дійсна не тільки для пасової, але і для будь-якої передачі: число обертів веденої ланки передачі дорівнює числу обертів тягової ланки, помноженому на передатне відношення передачі.

Передача обертання зі шківa меншого діаметра на шків більшого діаметра приводить до зменшення, а передача зі шківa більшого діаметра на шків меншого до збільшення швидкості обертання.

*Зубчаста передача* (рис 5.2) [10] складається з двох зубчастих коліс, одне з яких — тягове (число зубів  $z_1$  число обертів  $n_1$ ), а друге — ведене (число зубів  $z_2$ , число обертів  $n_2$ ).

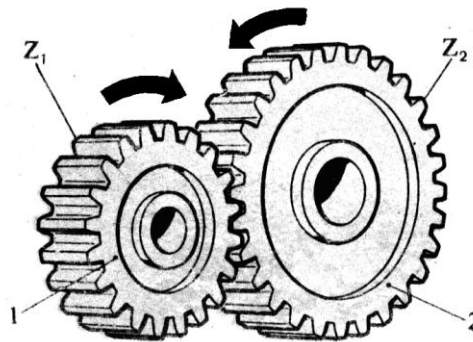


Рисунок 5.2 - Зубчаста передача.

З механіки відомо, що теоретично перекочування без ковзання одного колеса по іншому відбувається по умовних початкових колах з діаметром  $d_0$ , при цьому передатне відношення передачі буде:

$$\frac{d_{01}}{d_{02}} = i_{зуб.}$$

Крок  $t$ , тобто відстань між зубами, повинний бути в обох зубчастих колесах однаковим, щоб вони могли входити в зачеплення. Для тягового

зубчастого колеса  $t_1 = \frac{\pi d_{01}}{z_1}$

для веденого  $t_2 = \frac{\pi d_{02}}{z_2}$ , але так як  $t_1 = t_2$ , то

$$\frac{d_{01}}{z_1} = \frac{d_{02}}{z_2} = m.$$

Це відношення називається модулем зачеплення. Модуль  $m$  стандартизований, це значить, що зубчасті передачі конструюються і виготовляються зі стандартними значеннями модулів (модуль може дорівнювати 1; 1,5; 2; 3; 4; 5 і т.д.). Модуль можна визначити також як

відношення кроку до постійного числа  $\pi=3,14$

$$t = \frac{\pi d_0}{z}; \frac{d_0}{z} = m, m = \frac{t}{\pi}.$$

Передатне відношення зубчастої передачі дорівнює відношенню чисел зубів тягового і веденого зубчастих коліс.

Число обертів веденого зубчастого колеса можна визначити, знаючи число обертів тягового зубчастого колеса і передатне відношення передач:

$$n_2 = n_1 i_{\text{зуб.}}$$

Велике зубчасте колесо передачі завжди має меншу швидкість обертання, чим сполучене з ним менше.

У різних верстатах зубчасті колеса (шестерні) бувають циліндричні (рис. 5.3 а, б) і конічні (рис 5.3 в). За формою зубів циліндричні зубчасті колеса підрозділяються на прямозубі (рис 5.3, а), косозубі (рис 5.3, б) [10]. Косозубі колеса більш плавно передають обертання і мають підвищену міцність у порівнянні з прямозубими.

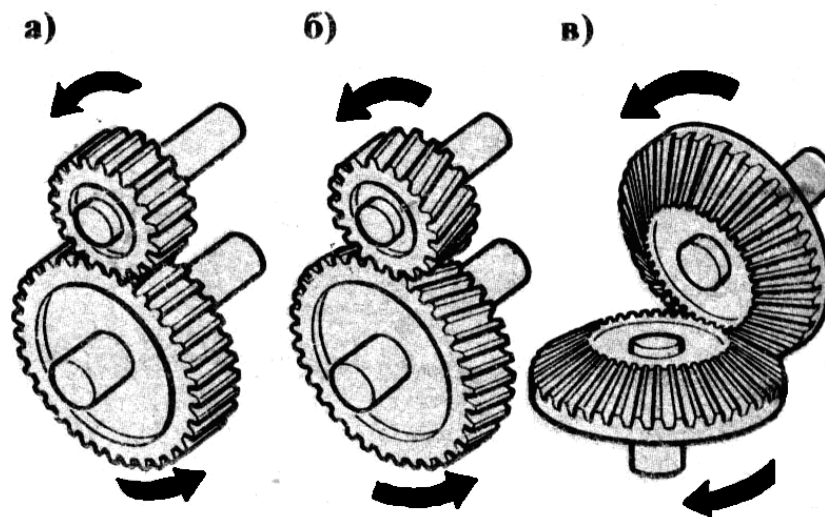


Рисунок 5.3 - Види зубчастих передач

Зубчаста передача може бути простою, що складається з двох зубчастих коліс, і складною, що складається з послідовно розташованих простих передач. Передатне відношення складної передачі дорівнює добутку передатних відносин простих передач, що входять у складну передачу:

$$i = i_1 i_2 i_3 \dots$$

Прикладом складної передачі може служити передача з проміжним (“паразитним”) колесом. Між тяговим і веденим зубчастими колесами знаходиться проміжне колесо 2. Передатне відношення такої передачі буде

$$i = i_1 i_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} = \frac{z_1}{z_3}$$

Отже, проміжне колесо не впливає на величину передатного відношення передачі, тому проміжне колесо іноді називають “паразитним”. Наявність проміжного колеса впливає на напрямок обертання останнього вала передачі. Ця властивість проміжного зубчастого колеса передачі використовується в механізмах для зміни напрямку обертання веденої ланки (у реверсах) [10].

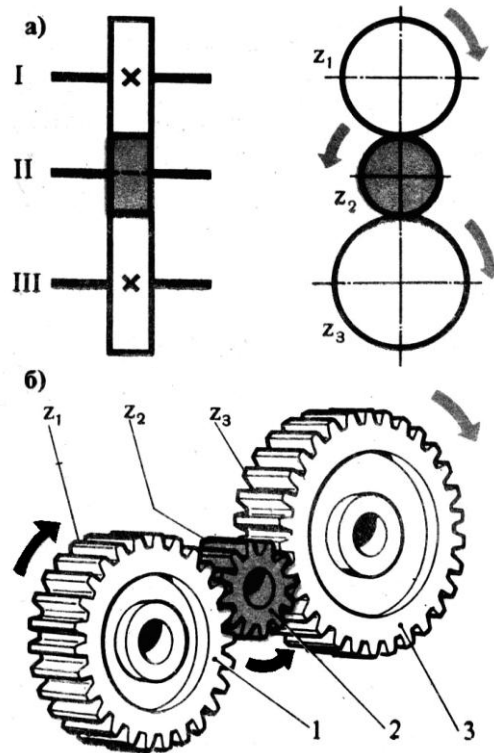


Рисунок 5.4 - Передача з проміжним зубчастим колесом:  
а – схема, б – загальний вид. 1 – тягове колесо, 2 – проміжне, 3 - ведене

Якщо в передачі руху від першого вала до останнього беруть участь послідовно кілька пар коліс (рис. 5.5), то передатне відношення всієї передачі буде:

$$i_{заг.} = i_1 i_2 i_3 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_5}{z_6}$$

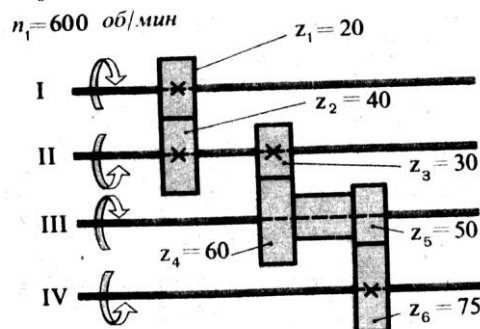


Рисунок 5.5 - Кінематичний ланцюг

Сукупність усіх передач називається кінематичним ланцюгом. Передатне відношення кінематичного ланцюга є добутком передатних відношень всіх елементарних передач (пар).

$$i_{заг.} = i_1 i_2 i_3 \dots i_{к-1} i_k$$

$$\frac{n_{ведом.}}{n_{ведуч.}} = i_{заг.}; n_{ведом.} = n_{ведуч.} \cdot i_{заг.}$$

Це рівняння називається рівнянням кінематичного ланцюга.

Знаючи число обертів тягової ланки ланцюга і передатні відношення

усіх проміжних передач, за допомогою цього рівняння можна визначити число обертів останньої (веденої) ланки ланцюга.

В верстатах широко застосовується *черв'ячні передачі* (або черв'ячні пари), що складаються з черв'яка і сполученого з ним черв'ячного колеса (рис.5.6) [10].

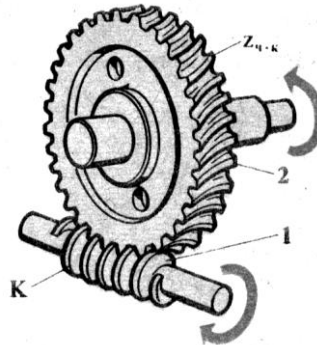


Рисунок 5.6 - Черв'ячна передача: 1 - черв'як, 2 - черв'ячне колесо.

Черв'як — це гвинт, що має трапецієдний профіль із кроком, кратним числу  $\pi$ :  $t = \pi m$ . Черв'як може бути однозахідним і багатозахідним.

При повороті черв'яка на один оберт черв'ячне колесо повертається на один крок (тобто на один зуб), якщо черв'як однозахідний, і на  $K$  зубів, якщо черв'як  $K$ -західний. Передатне відношення черв'ячної передачі буде

$$i_{\text{черв.}} = \frac{K}{z_{\text{ч.к.}}},$$

де  $z_{\text{ч.к.}}$  — число зубів черв'ячного колеса.

Напрямок обертання черв'ячного колеса залежить від напрямку обертання черв'яка, напрямку витків черв'яка (черв'яки бувають праві і ліві) і від того, з якої сторони черв'ячного колеса сполучається з ним черв'як. Черв'ячне колесо, показане на рисунку, буде обертатися проти годинникової стрілки, тому що черв'як лівий і обертається по годинній стрілці.

Кінематичні ланцюги різних машин, у тому числі металорізальних верстатів, зображуються на схемах, що називаються кінематичними.

### 5.2.2 Коробки швидкостей

Обробка на металорізальних верстатах ведеться з різною швидкістю різання в залежності від матеріалу заготовки, різального інструменту, наявності або відсутності охолодження й ін. Регулювати швидкість різання можна тільки шляхом зміни числа обертів у хвилину шпинделя верстату. Для регулювання числа обертів на верстаті мається спеціальний механізм — *коробка швидкостей*. Коробка швидкостей забезпечує одержання на шпинделі верстата різних чисел обертів у хвилину, що підлягають закономірності геометричної прогресії: кожне наступне число обертів отримується множенням попередніх на постійне число  $\varphi$ , що називається знаменником прогресії.

$$n_2 = n_1\varphi; \quad n_3 = n_2\varphi = n_1\varphi^2; \quad n_4 = n_1\varphi^3; \quad n_{\text{max}} = n_{\text{min}}\varphi^{k-1},$$



де  $k$  – число ступенів заданого ряду чисел обертів в хвилину;

$n_{max}$  – максимальне число обертів в хвилину;

$n_{min}$  – мінімальне число обертів в хвилину.

Незважаючи на різні конструкції верстатів, коробки швидкостей їх складаються з механізмів і деталей, що, як правило, мають у всіх верстатах. Найпростішим механізмом для зміни чисел обертів веденого валу при постійному числі обертів тягового валу є механізм із пересувним блоком (рис. 5.7). На тяговому валу I знаходиться пересувний блок Б, що сидить на шліцах (крутний момент від блоку до вала або від вала до блоку передається шліцями).

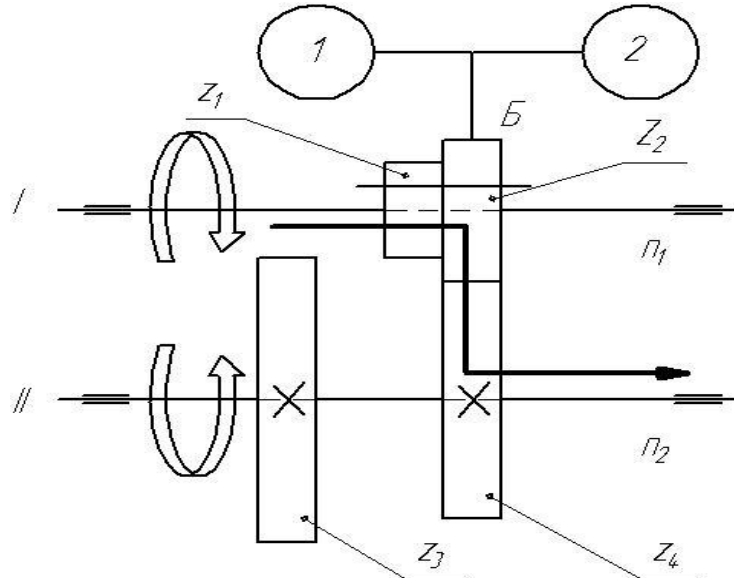


Рисунок 5.7 - Механізм з двійним пересувним блоком

На веденому валу II закріплені нерухомо два зубчасті колеса. При правому положенні блоку Б в зачепленні знаходяться зубчасті колеса  $z_2$  і  $z_4$ , передатне відношення буде:  $i_1 = \frac{z_2}{z_4}$ .

При лівому положенні блоку Б в зачеплення ввійдуть зубчасті колеса  $z_1$  і  $z_3$ , передатне відношення буде:  $i_2 = \frac{z_1}{z_3}$ .

У такий спосіб вал II може мати два різних значення чисел обертів у хвилину.

Аналогічно влаштована передача з потрійним пересувним блоком, що дає три різних швидкості обертання веденому валу.

Переміщення блоків вздовж вала здійснюється спеціальним важільним механізмом, зв'язаним відповідною рукояткою, що знаходиться на передній стінці коробки швидкостей. Якщо скомпонувати послідовно два або кілька механізмів з пересувними блоками, то одержимо найпростішу коробку швидкостей (рис. 5.8).

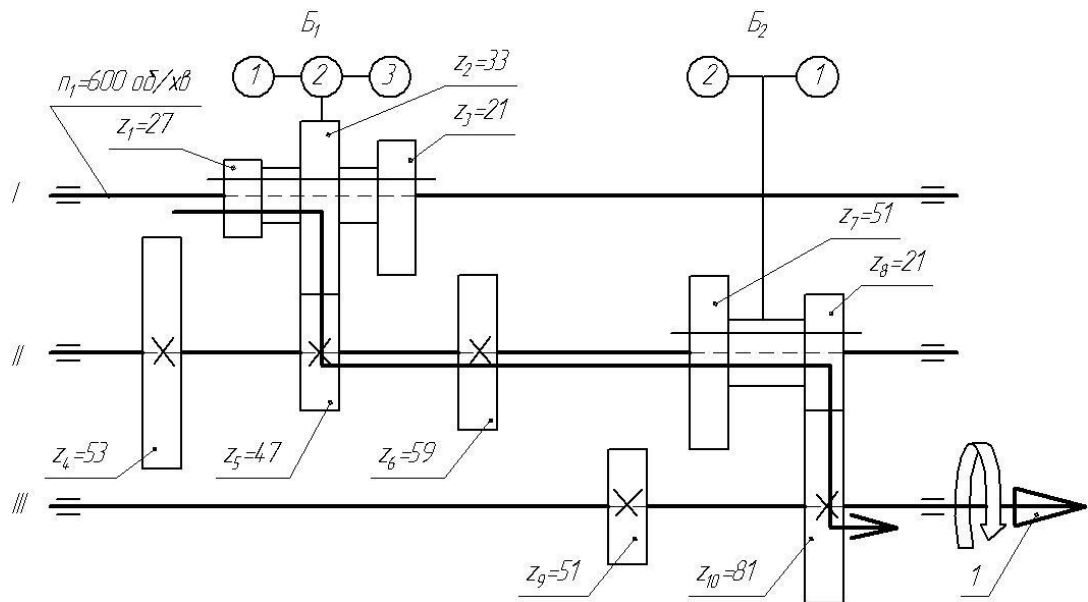


Рисунок 5.8 - Проста коробка швидкостей з пересувними блоками:  
1 – шпиндель.

Як видно з приведеної під рисунком таблиці 5.1, число різних чисел обертів у хвилину шпинделя дорівнює добутку можливих переключень блоків. У даному випадку воно складає  $3 \times 2 = 6$ .

Таблиця 5.1-Розрахунок частот обертання шпинделя

Положення блоків		Число обертів в хвилину веденого вала (шпинделя)
Потрійний блок Б <sub>1</sub>	Двійний блок Б <sub>2</sub>	
1	1	$n_1 = n_I \cdot \frac{z_1}{z_4} \cdot \frac{z_7}{z_9} = 600 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{51}{51} = 305$
2	1	$n_2 = n_I \cdot \frac{z_2}{z_5} \cdot \frac{z_7}{z_9} = 600 \cdot \frac{33}{47} \cdot \frac{51}{51} = 240$
3	1	$n_3 = n_I \cdot \frac{z_3}{z_6} \cdot \frac{z_7}{z_9} = 600 \cdot \frac{21}{59} \cdot \frac{51}{51} = 214$
1	2	$n_4 = n_I \cdot \frac{z_1}{z_4} \cdot \frac{z_8}{z_{10}} = 600 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{21}{81} = 79$
2	2	$n_5 = n_I \cdot \frac{z_2}{z_5} \cdot \frac{z_8}{z_{10}} = 600 \cdot \frac{33}{47} \cdot \frac{21}{81} = 109$
3	2	$n_6 = n_I \cdot \frac{z_3}{z_6} \cdot \frac{z_8}{z_{10}} = 600 \cdot \frac{21}{59} \cdot \frac{21}{81} = 55$

Окрім пересувних блоків в верстатах часто використовуються механізми із перемикаючою кулачковою муфтою.

На тяговому валу вільно сидять зубчасті колеса  $z_1$   $z_2$ , а на веденому валу нерухомо закріплені два зубчасті колеса  $z_3$  і  $z_4$ , сполучені відповідно  $z_3$  із  $z_1$ , а  $z_4$  з  $z_2$ . На торцях коліс  $z_1$  і  $z_2$  маються кулачки, а між зубчастими колесами на шліцах вала сидить кулачкова муфта  $M$ , що має також кулачки на торцях. У залежності від положення муфти передача руху від вала I до вала II буде йти через зубчасті колеса  $z_1 - z_3$  або через зубчасті колеса  $z_2 - z_4$  і на веденому валу можна одержати дві різні швидкості обертання.

Як правило, механізм із кулачковою муфтою компонується в коробках швидкостей у сполученні з пересувними блоками.

### 5.2.3 Типові елементи механізмів подач

У коробках подач різних верстатів, як і в коробках швидкостей, зустрічаються однакові по конструкції механізми.

Для перетворення обертального руху в поступальний використовуються гвинтові та рейкові пари.

*Гвинтові пари.* Гвинт, вкручуючись в гайку, робить одночасно обертальний і поступальний рухи, тобто гвинтова пара є найпростішим механізмом для перетворення обертального руху в поступальний. Якщо гвинт обертається, але уздовж своєї осі переміщатися не може, то гайка буде переміщатися по гвинту (рисунок 5.11) [10].

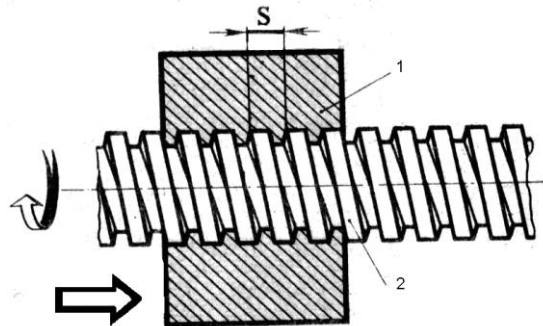


Рисунок 5.11 - Гвинтова пара: 1 – гайка, 2 – гвинт.

Гвинтові пари (гвинт — гайка) широко застосовуються в механізмах верстатів для перетворення обертального руху в поступальний: переміщення каретки супорта за допомогою ходового гвинта при нарізанні різьб, поперечна подача супорта за допомогою гвинта поперечної подачі і т.д. За один оберт гвинт переміщується в гайці (або гайка по гвинту) на один крок  $S$ , за  $n$  обертів гвинта переміщення гвинта або гайки складе  $S \cdot n$  мм. Якщо гвинт багатозахідний, то за  $n$  обертів гвинта осьове переміщення складе  $n \cdot K$  мм, де  $K$  — число заходів гвинта.

Ходові гвинти мають, як правило, трапецоїдну нарізь. Гайка гвинтової пари може бути цільною або рознімною (рис.5.12).

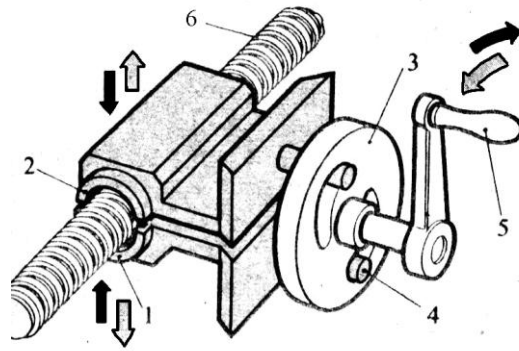


Рисунок 5.12 - Рознімна гайка: 1, 2 — напівгайки, 3 — диск зі спіральними прорізами, 4 — палець напівгайки, 5 — руків'я, 6 — ходовий гвинт.

Рознімна гайка складається з двох половинок (напівгайок) 1 і 2, що при включенні поступального руху замикаються на гвинті. У токарно-гвинторізних верстатів така рознімна гайка знаходиться у фартуху супорту. Замикання і розмикання напівгайок здійснюється за допомогою диска із спіральними прорізами і пальців 4, зв'язаних з напівгайками. Диск 3 повертають руків'ям 5.

Рейкова пара являє собою зубчасте колесо в сполученні з рейкою (рис.5.13), [10].

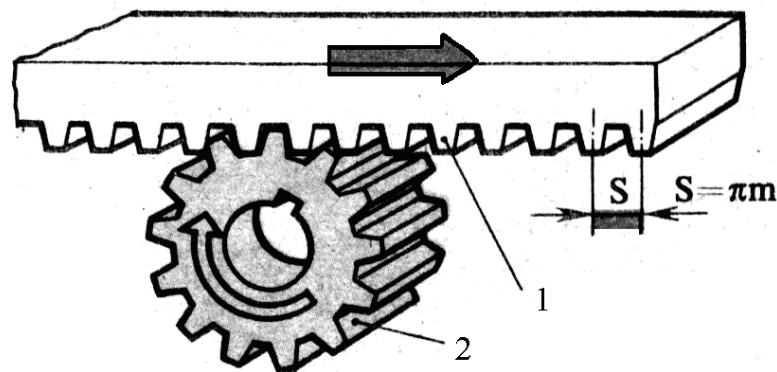


Рисунок 5.13 - Рейкова пара: 1 – рейка, 2 – зубчасте колесо.

Цей механізм також служить для перетворення обертального руху в поступальний (зубчасте колесо, що обертається, буде відштовхувати рейку, змушуючи її рухатись поступально. Якщо обернути зубчасте колесо по закріпленій рейці, то одночасно воно буде переміщатися поступально по рейці. При повороті зубчастого колеса на один зуб поступальне переміщення буде дорівнювати одному кроку, тобто  $\pi m$ . Якщо рейкове зубчасте колесо обертається зі швидкістю  $n$  об/хв, то за цей час шлях поступального руху рейки складе  $n \cdot \pi \cdot t$  мм.

У токарно-гвинторізних верстатах рейкова пара застосовується для здійснення автоматичного повздовжнього переміщення каретки супорта, і у механізмах керування.

### **5.3 Хід виконання роботи**

1. Розрахувати передатне відношення пасової передачі на верстаті 16К20.
2. Ознайомитись з кінематичною схемою токарно-гвинторізного верстату 16К20.
3. Ознайомитись з основними механізмами коробки швидкостей токарно-гвинторізного верстату 16К20.
4. Ознайомитись з механізмами для перетворення обертального руху в поступальний, що застосовуються в верстаті 16К20.
5. Користуючись заданими кінематичними схемами верстатів розрахувати вихідні частоти обертання шпинделя верстату.

### **5.4 Контрольні запитання**

1. Як розрахувати передатне відношення пасової передачі?
2. Як, знаючи число обертів тягового шківа, розрахувати число обертів веденого?
3. Що таке крок зубчастого колеса? Як він розраховується?
4. Що таке модуль зчеплення?
5. Як визначити передатне відношення зубчастої передачі?
6. Як, знаючи число обертів тягового зубчастого колеса, розрахувати оберти веденого?
7. Які бувають зубчасті колеса?
8. Що називають паразитними колесами в зубчастій передачі? Для чого вони використовуються?
9. Що таке кінематичний ланцюг?
10. Як знайти передатне відношення кінематичного ланцюга?
11. Що таке черв'ячна передача? Як знайти передатне відношення черв'ячної передачі?
12. Що таке коробка швидкостей верстату?
13. Яким закономірностям підпорядковані вихідні числа обертів шпинделя?
14. Які ви знаєте механізми коробки швидкостей?
15. Як розраховуються вихідні частоти обертання шпинделя верстату?
16. Назвіть типові механізми коробки подач МРВ.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### ОСНОВНІ КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ ТА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ТОКАРНОГО ПРОХІДНОГО РІЗЦЯ, ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ КУТІВ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ

#### 6.1 Мета роботи

Вивчити основні конструктивні елементи та геометричні параметри токарного прохідного різця. Навчитись вимірювати основні кути різальної частини різця.

#### 6.2 Теоретичні відомості

##### 6.2.1 Геометричні параметри різця

Незважаючи на конструктивну складність різних видів інструментів, всі вони мають робочу частину, на якій розташовані різальні клини, тому геометричні та конструктивні параметри для різних типів інструментів зручно вивчати на прикладі одного з найпростіших інструментів, а саме токарного прохідного різця.

Токарний різець (рис.6.1) складається з робочої частини з різальними лезами, що називається голівкою А, і стержня, або тіла Б різця, що служить для закріплення його в супорті.

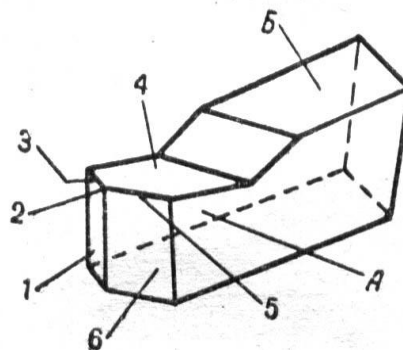


Рисунок 6.1 - Токарний різець

У голівці різця розрізняють наступні елементи:

- передню поверхню 4, по якій сходить стружка;
  - головну 6 і допоміжну 1 задні поверхні, які повернені відповідно до поверхонь різання та оброблюваної деталі;
  - різальні леза 3 і 5, що утворюються перетином передньої із задніми поверхнями;
  - вершину різця 2—точку перетину головного і допоміжного лез.
- При обробці розрізняють наступні поверхні деталі (рис.6.2), [13]:
- поверхня, що оброблюється 1;
  - оброблена поверхня 3;

- поверхню різання 2, яка утворюється рухом інструменту відносно деталі;
- площину різання 6 – площину, дотичну до поверхні різання, в якій розташоване головне різальне лезо різця;
- основну площину 5 – площину, в якій переміщується опорна поверхня різця при повздовжній і поперечній подачах;
- головну січну площину 4 – площину, яка являється одночасно перпендикулярною до головного різального леза різця і до основної площини.

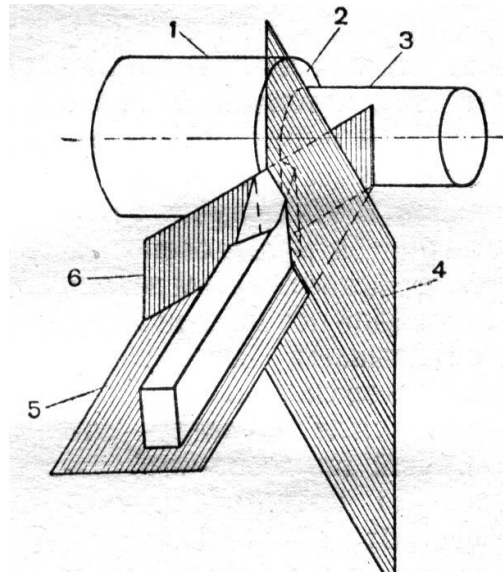


Рисунок 6.2 - Поверхні і площини при обробці деталей на токарному верстаті

*Головне різальне лезо* – до нього надходить найбільша частина припуску, що зрізується, утворено перетином передньої та головної задньої поверхонь.

*Допоміжне різальне лезо* – утворюється перетином передньої та допоміжної задньої поверхонь.

Основні кути різця, що визначають його різальні властивості і стійкість в роботі, вимірюються в головній січній площині (рис. 6.3).

*Передній кут  $\gamma$*  – це кут між передньою поверхнею різця і площиною, перпендикулярною до площини різання, проведеною через головне різальне лезо.

*Задній кут  $\alpha$*  – це кут між головною задньою площиною та площиною різання.

*Кут загострення  $\beta$*  - кут між передньою та задньою головною поверхнями.

*Кут різання  $\delta$*  - кут між передньою поверхнею та площиною різання.

Для точного визначення положення робочих поверхонь різця необхідно вказати мінімальну, але достатню, кількість кутів різальної частини. Для цього вказують положення двох прямих у кожній поверхні. Додатково

вказують наступні кути.

Головний кут в плані  $\varphi$  вимірюється в основній площині між проекцією головного різального леза та напрямком подачі.

Допоміжний кут в плані  $\varphi_1$  вимірюється в основній площині між проекцією допоміжного різального леза та зворотнім напрямком подачі.

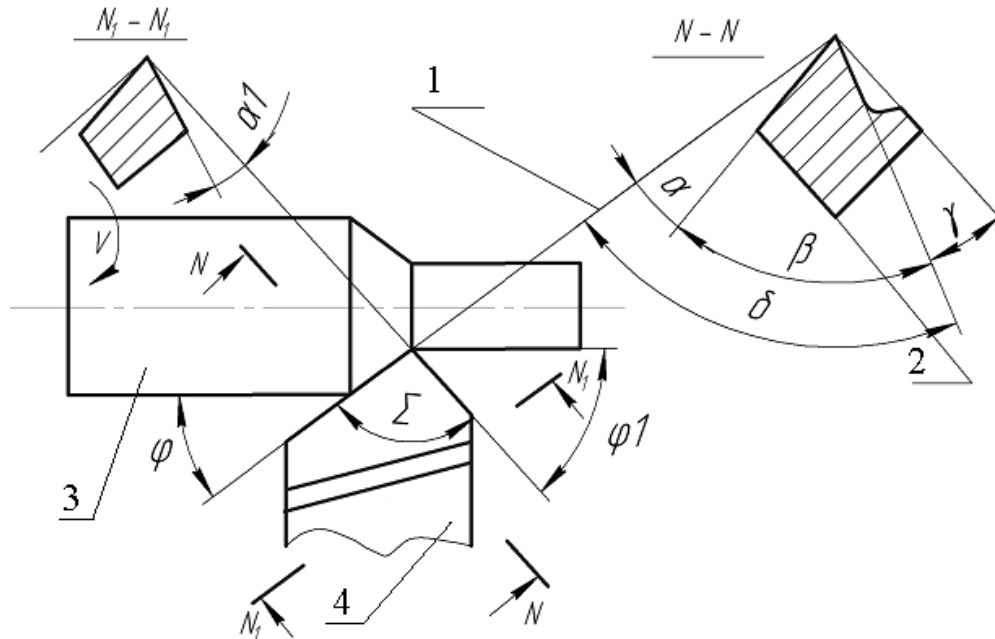


Рисунок 6.3 - Основні кути різця: 1 – слід площини різця, 2 – слід основної площини, 3 – заготовка, 4 – різець.

Кут нахилу головного різального леза  $\lambda$  вимірюється в площині, яка проходить через головне різальне лезо перпендикулярно до основної площини. В залежності від положення вершини різця відносно різального леза кут  $\lambda$  може дорівнювати нулю (рис. 6.4, а), бути від'ємним (рис. 6.4, б) або додатнім (рис. 6.4, в), [13]. Кут дорівнює нулю, коли різальне лезо паралельне до основної площини; від'ємним, коли вершина різця являється найвищою точкою, і додатнім при найнижчій точці різального леза.

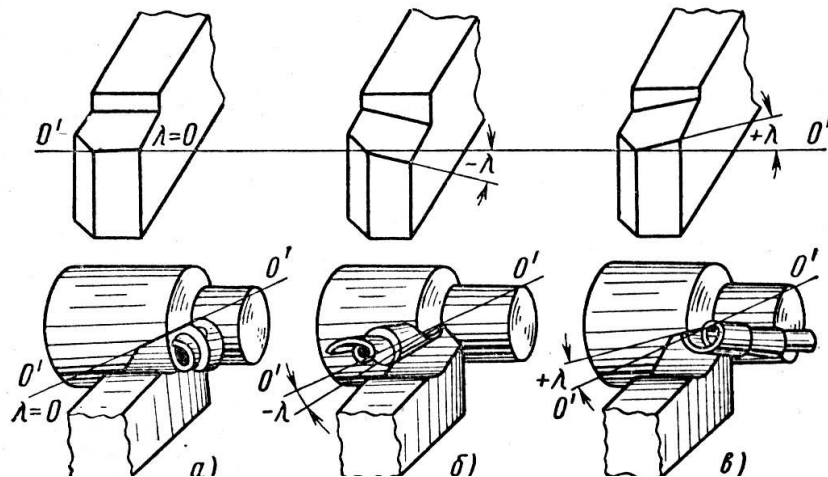


Рисунок 6.4 - Кути нахилу головного різального леза і напрямок сходу стружки



## 6.2.2 Оптимальні значення геометричних параметрів та їх вибір

### 6.2.2.1 Вибір переднього кута $\gamma$

Значення кута  $\gamma$  залежить від матеріалу різця та оброблюваної заготовки.

Чим міцніший та твердіший матеріал різального інструменту, тим більше значення кута  $\gamma$ . Чим міцніший та твердіший матеріал деталі, тим менше значення кута  $\gamma$ .

Як правило величина переднього кута знаходиться в межах від  $10^{\circ}$  до  $30^{\circ}$ , але інколи для твердих металів і для швидкісного різання передній кут роблять від'ємним, від  $-5^{\circ}$  до  $-10^{\circ}$ , а для м'яких сплавів, навпаки, його інколи доводять до  $40^{\circ}$ .

Знак переднього кута визначається, як показано на рисунку 6.5 [13].

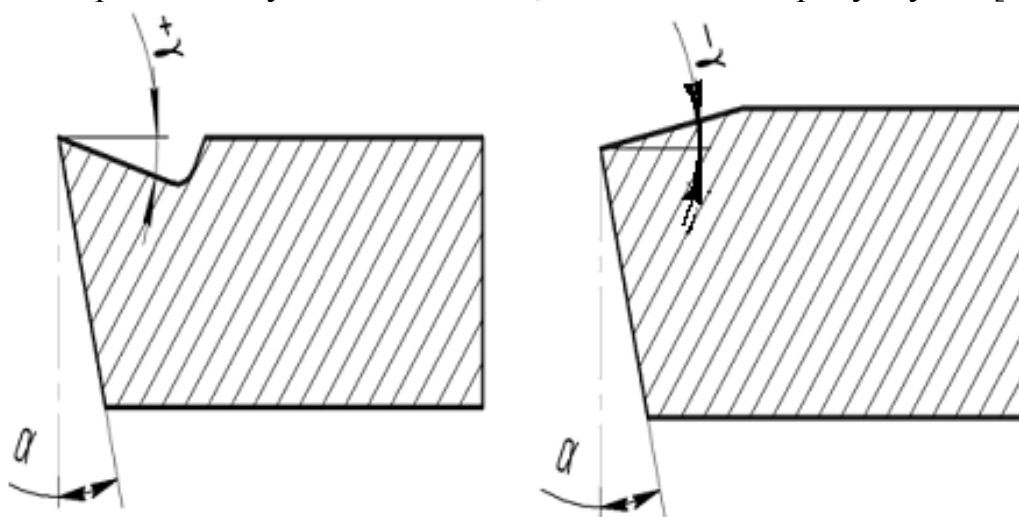


Рисунок 6.5 - Визначення знаку переднього кута

Правило вибору переднього кута має деякі виключення. Наприклад, якщо величина припуску має малі значення (у розверток - до 0,02 мм), то форма передньої поверхні немає великого значення, її виконують плоскою.

### 6.2.2.2 Вибір заднього кута $\alpha$

Задній кут  $\alpha$  призначений для зменшення тертя між задньою поверхнею та поверхнею різання.

Оптимальне значення заднього кута  $\alpha$  залежить від товщини зрізаного шару  $a$ : чим вона більша, тим менше значення кута  $\alpha$ .

Значення заднього кута  $\alpha$  завжди додатні та знаходяться в межах  $5^{\circ} \dots 15^{\circ}$ , але для деяких чистових інструментів  $\alpha$  досягає до  $30^{\circ}$  (утворюється тонка стружка). Задній кут  $\alpha$  впливає на шорсткість оброблюваної поверхні. При зростанні заднього кута, шорсткість поверхні збільшується, але полегшуються умови різання. Для зменшення шорсткості зменшують задній кут або виконують фаску вздовж головного різального леза.

### 6.2.2.3 Вибір кута нахилу головного різального леза $\lambda$

Кут  $\lambda$  визначає напрямок сходження стружки: при додатному куті стружка відводиться в бік обробленої поверхні, при від'ємному в сторону поверхні, що обробляється. Як правило, кут  $\lambda$  знаходиться в межах від мінус  $5^\circ$  до плюс  $15^\circ$ .

Кут нахилу головного різального леза  $\lambda$  впливає на міцність вершини різця. У різальних інструментів, які обладнані мінералокерамікою або твердим сплавом, через невелику міцність матеріалу на згин, кут  $\lambda > 0$  або має нульове значення. Це погіршує умови різання на ділянці біля вершини. В той же час, інструмент з швидкорізальної сталі має різноманітні значення кутів в залежності від умов роботи.

Кут  $\lambda$  впливає на відношення між складовим сили різання, при великих кутах  $\lambda$  покращується рівномірність процесу різання.

### 6.2.2.4 Вибір головного $\varphi$ та допоміжного $\varphi_1$ кутів в плані

Головний кут в плані  $\varphi$  звичайно має значення від  $10^\circ$  до  $90^\circ$ .

При малих глибинах різання головний кут в плані приймають від  $10^\circ$  до  $40^\circ$  в випадках жорсткої системи ВПД (верстат – пристрій – інструмент – деталь). При роботі з ударом головний кут в плані  $\varphi$  приймають від  $60^\circ$  до  $70^\circ$  в випадках середньої жорсткості системи ВПД.

При обробці нежорстких деталей та нежорсткої системи ВПД головний кут в плані  $\varphi$  становить близько  $90^\circ$ .

Головний  $\varphi$  та допоміжний  $\varphi_1$  кути в плані впливають на шорсткість оброблюваної деталі – зі збільшенням їх шорсткість зростає.

### 6.2.3 Вимірювання кутів

Вимірювання геометричних параметрів різальної частини різців проводиться на спеціальному універсальному кутомірі (рис. 6) [19].

Кутомір складається із основи 9, на якій закріплюються гвинт-стійка 1 і поворотний столик 10. По стійці 1 гайкою 3 вертикально переміщується кронштейн 2 зі шкалою 4 і стрілкою 6. По пазам столика 10 може переміщатись каретка 11, в якій гвинтами 7 закріплюється вимірюваний різець. Гвинт 14 призначений для закріплення каретки на столі, а гвинт 8 фіксує кутове положення стола 10. Відлік кутового положення стола проводиться по шкалі 12 стрілкою 13.

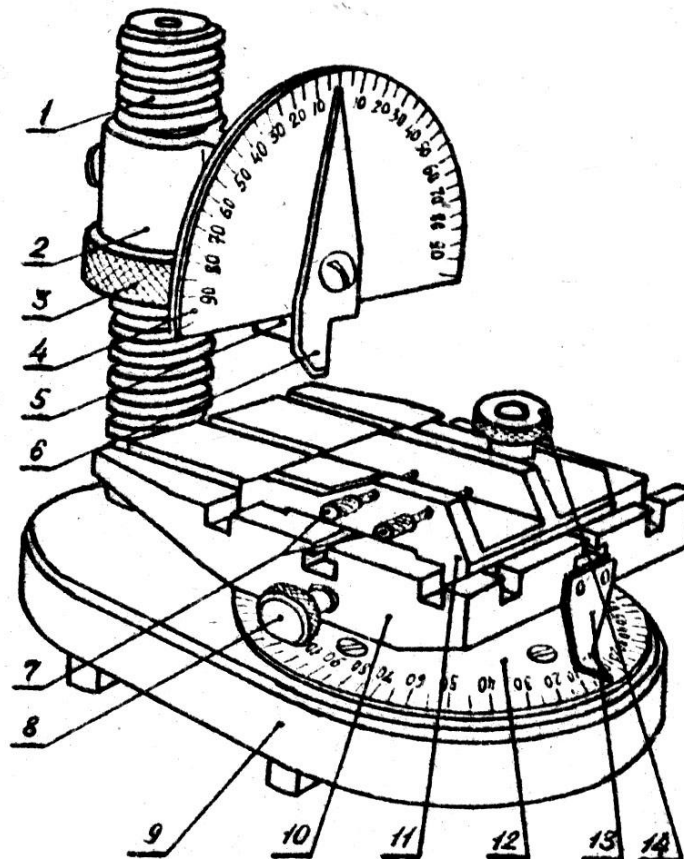


Рисунок 6.6 - Загальний вид спеціального універсального кутоміру для вимірювання геометричних параметрів різальної частини різців

Для вимірювання кутів в плані використовують передню площину стрілки 6 чи шкали 4, а також перпендикулярну до них площину ребра 5. Головний передній кут, головний та допоміжний задній кут та кут нахилу головного різального леза вимірюють торцевими базовими поверхнями стрілки 6, а значення цих кутів відраховують по шкалі 4. Відлік значень кутів в плані ведуть по шкалі 12.

### 6.3 Хід виконання роботи

1. Виконати робочі креслення виданих викладачем токарних різців.
2. Виміряти за допомогою кутоміра кути різальної частини різців.
3. Знаючи кути різальної частини, визначити область застосування різців.

## 6.4 Контрольні запитання

1. З яких частин складається різець?
2. Назвіть основні елементи голівки різця.
3. Які поверхні і площини розрізняють при обробці на токарному верстаті?
4. Що таке головне і допоміжне різальне лезо?
5. Що таке передній кут? Як він вибирається?
6. Що таке задній кут? На що він впливає? Які величини задніх кутів?
7. Що таке кут загострення?
8. Що таке кут різання?
9. Як вибирають кут в плані?
10. Що таке кут нахилу головного різального леза? Як він вибирається?
11. Які кути найбільше впливають на стійкість різця?
12. Скільки кутів достатньо вказати для визначення положення робочих поверхонь різців?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

### НАРІЗНІ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ. НАРІЗАННЯ ТА КОНТРОЛЬ РІЗЕЙ

#### 7.1 Мета роботи

Ознайомитись основними параметрами нарізних з'єднань деталей, інструментами для обробки та методами нарізання та контролю різей.

#### 7.2 Теоретичні відомості

##### 7.2.1 Загальні відомості про нарізи

У машинах застосовуються деталі, що мають різні зовнішні і внутрішні нарізні поверхні. Це кріпильні гвинти і гайки, ходові гвинти для перетворення обертального руху в поступальний, вантажні гвинти (домкрати), точні мікрометричні гвинти і гайки (у мікрометра) і т.п.

Нарізна поверхня утворюється одночасним рівномірним обертальним і поступальним рухом якого-небудь профілю щодо осі.

У залежності від форми профілю розрізняють різі трикутні (рис.7.1, а), трапецеїдальні (рис.7.1, б), прямокутні (рис.7.1, в), упорні (рис. 7.1,г), круглі (рис.7.1, д) [4].

По напрямку витків різі поділяють на праві (гвинт угвинчується в гайку при обертанні по годинній стрілці) і ліві (рис.7.1, е, ж).

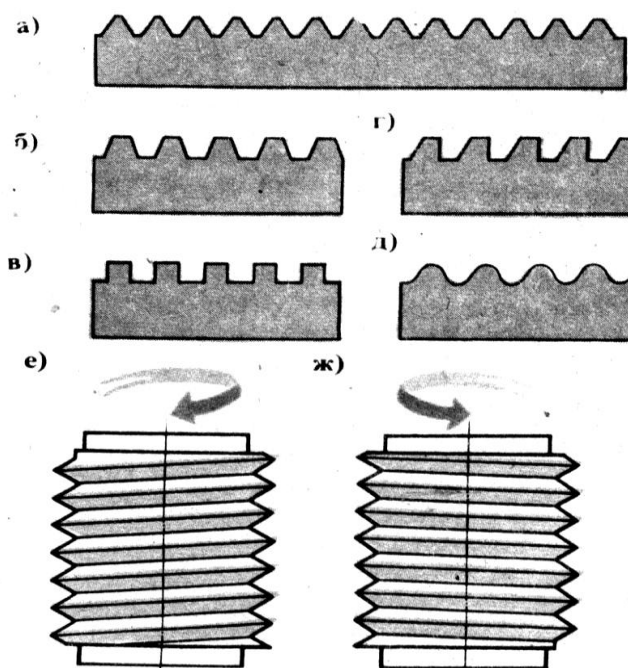


Рисунок 7.1– Форми профілю та напрямку витків різі

Різі бувають однозаходні та багатозаходні. Багатозаходні мають кілька витків, що йдуть паралельно. На торці такої різі видно кілька рівномірно розташованих початків витків (заходів).

### 7.2.2 Елементи різі

Кроком різі називається відстань між однойменними точками двох сусідніх витків, обмірювана паралельно осі.

Кут між напрямками витка і площиною, перпендикулярної до осі циліндра, називається кутом підйому різі.

Кут профілю  $\alpha$  — це кут між бічними сторонами, обмірюваний в осьовому перерізі.

Середній діаметр різі являється середнім арифметичним зовнішнього і внутрішнього діаметрів.

Глибиною профілю є піврізниця зовнішнього і внутрішнього діаметрів.

Метричні різі мають трикутний профіль з кутом  $\alpha = 60^\circ$ , великий і дрібний крок. Вершини виступів зрізані, а дно западин заокруглене. Крок і діаметри виміряють в міліметрах. У залежності від точності середнього діаметра метричні різі поділяють на класи. Допуски на різі дані в довідниках [5, 22].

Зі збільшенням діаметру різі збільшується крок. Дрібні різі мають крок незалежно від діаметру. На деталях великого діаметру можуть бути різі з дрібним кроком. Метричні різі з великим кроком позначаються буквою М (метрична) і цифрами (діаметром). Крок в позначенні не вказується і визначається по довіднику. Поруч з діаметром вказується клас точності різі (наприклад: М40 – 7Н).

Різі з дрібним кроком позначаються також: буквою М, цифрами (діаметр різі) і, крім цього, вказується величина кроку (наприклад М40×1,25 – 7Н).

Крім метричної різі іноді застосовується дюймову.

Дюймові різі мають трикутний профіль з кутом  $55^\circ$ , її діаметри виміряють в частках дюйма ( $1'' = 25,4$  мм), а крок характеризується числом ниток  $n$ , що приходяться на один дюйм. Їх позначають на кресленнях тільки діаметром, наприклад,  $1''$ . Кожній різі відповідає визначене число ниток на один дюйм, яке визначають, наприклад, по довіднику [5]. Для  $1\frac{1}{4}''$   $n = 7$  ниток на  $1''$ .

### 7.2.3 Нарізання зовнішніх різей плашками

Плашки застосовують для нарізання на зовнішній поверхні кріпильної нарізі трикутного профілю. Іноді плашки застосовують для калібрування нарізі великого кроку, попередньо виготовленої різцем. Плашка (рис.7.2, [4]) являє собою гайку, виготовлену з інструментальної сталі, яка перетворена в інструмент. У цій гайці, в залежності від її розмірів, просвердлено 3—8 стружкових отворів, які перетинають різь. На перетині поверхонь отворів з

поверхнею різі утворюються різальні гребінки, які мають забірний конус, що виконує головну роботу різання. Циліндрична частина плашки — є калібрувальною (5—6 ниток), вона відповідає за розміри і чистоту різі.

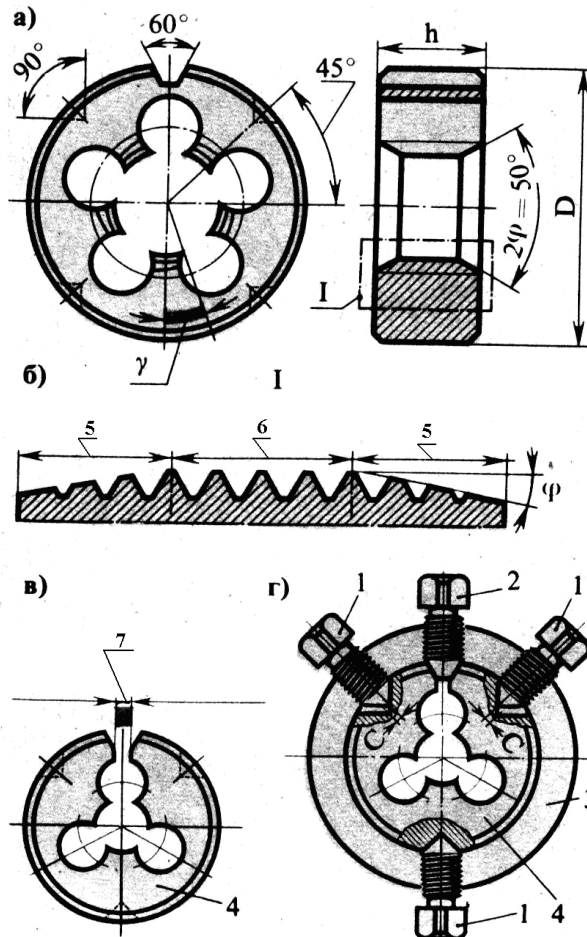


Рисунок 7.2 – Різенарізна плашка  
 а — вид плашки в плані,  
 б — елементи гребінки плашки,  
 в — розрізна регульована плашка,  
 г — закріплення плашки в плашкотримачі: 1 — затискні гвинти, 2 — регулюючий гвинт, 3 — плашкотримач, 4 — плашка, 5 – різальна частина, 6 – калібрувальна частина, 7 – проріз регулюємої плашки

Плашки використовують з двох сторін: після зносу забірнього конуса з однієї сторони плашку повертають у плашкотримачі і роботу ведуть іншою стороною. На торці плашки маркують розмір різі і матеріал плашки.

Різенарізна плашка кріпиться в ручному плашкотримачі - воротку (рис.7.3, а) або в самоустановлювальному плашкотримачі (рис.7.3, б), що вставляється в піноль задньої бабки [4].

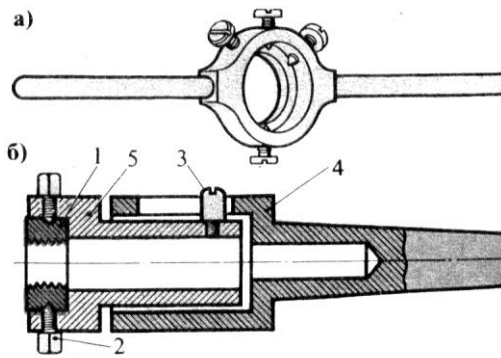


Рисунок 7.3. - Плашкотримачі:

а – ручний,

б – самоустановлювальний, який кріпиться в задній бабці верстату:

1 – плашка, 2 – гвинт, 3 – штифт, 4 – корпус, 5 – плашкотримач

У залежності від зносу плашки і в'язкості металу заготовки розмір різі можна регулювати по середньому діаметру, для чого на плашці роблять проріз і регулюють гвинтами 1, 2 плашкотримача (див. рис. 7.2).

При нарізанні різі плашкою, закріпленою в ручному плашкотримачі, плашку підводять до заготовки, підпираючи його торцем пінолі задньої бабки; рукоятка плашкотримача упирається в супорт. Після нарізання двох витків подальша подача плашки відбувається само затягуванням (рис. 7.4).

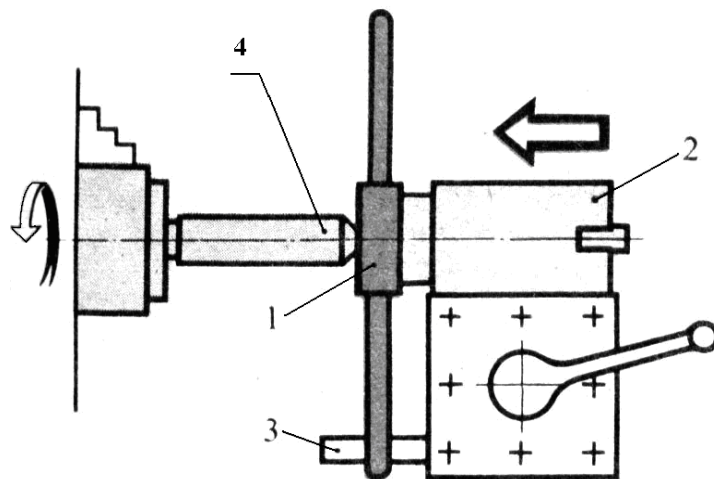


Рисунок 7.4 - Виготовлення різі плашкою із застосуванням опорної планки:

1 – плашка, 2 – державка, 3 – опорна планка, 4 – заготовка

Стрижень під нарізання плашкою обточують на діаметр менший, чим діаметр різі, для компенсування деякого видавлювання металу. Рекомендовані розміри діаметрів під нарізання приведені в довідковій літературі [22].

Перед початком нарізування на кінці заготовки варто проточити фаску для полегшення заходу плашки. Нарізування плашками виконують зі



швидкістю різання 2—4 м/хв по сталі і чавуну і до 10 м/хв по кольорових металах.

По такому ж принципу, як і плашки, працюють різенарізні головки (рис. 7.5, а, б) [4].

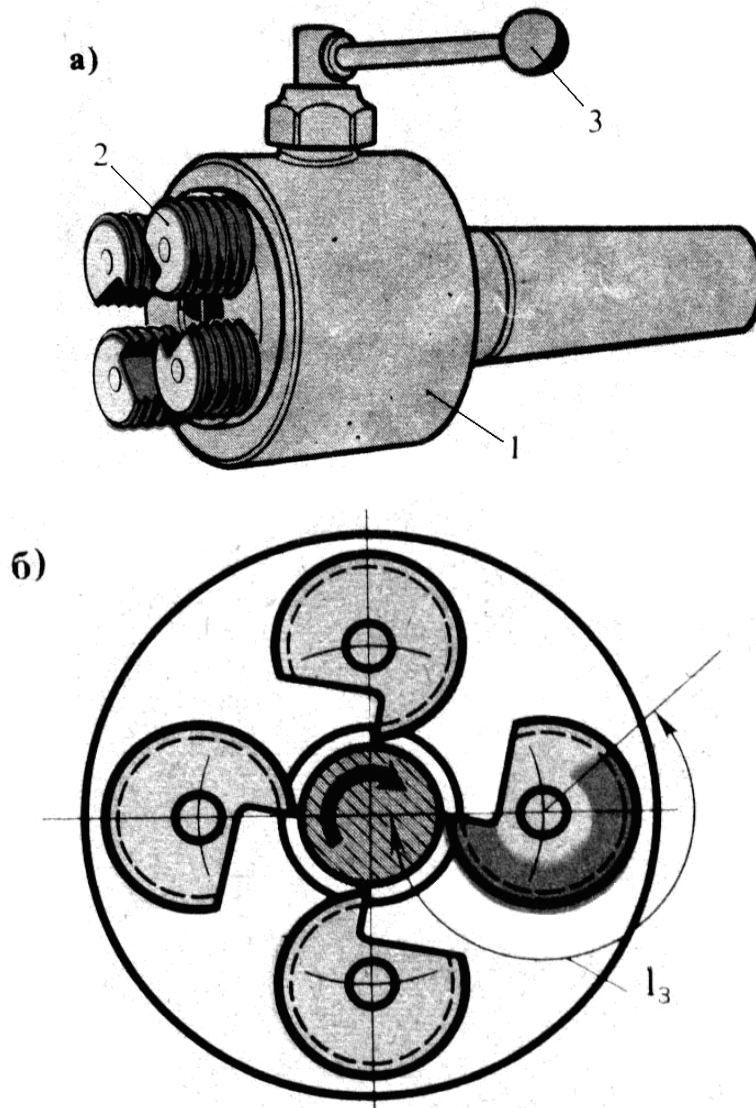


Рисунок 7.5 - Різенарізна головка: а — загальний вигляд, б — схема роботи гребінок: 1 — корпус, 2 — дискова гребінка, 3 — рукоятка механізму розкриття головки,  $l_3$  — зона заточки гребінки

У корпусі головки маються радіальні пази, у яких ковзають кулачки із закріпленими на них нарізними дисковими гребінками 2. Корпус головки закріплюється хвостовиком у задній бабці. Подачу для врізання гребінок здійснюють маховичком задньої бабки. Подальша подача головки відбувається самозатягуванням. Швидкість нарізуванні головками 15÷20 м/хв. Після нарізування різи на повну довжину головку розкривають поворотом рукоятки 3 (гребінки радіально розходяться) і відводять від нарізаного стержня без вигвинчування.

## 7.2.4 Нарізання внутрішніх різей мітчиками

Внутрішні нарізи діаметром до 20 мм виконують мітчиками (рис. 7.6).

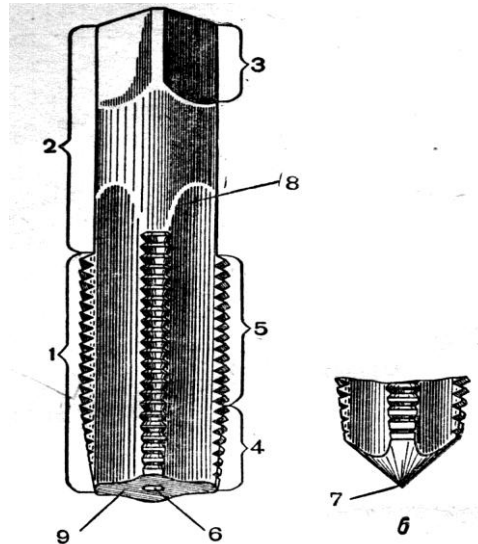


Рисунок 7.6 – Мітчики :

а – з центровим отвором, б – з конічним торцем

У мітчиків розрізняють робочу частину 1 і хвостовик 2, який закінчується квадратною головкою 3 та служить для закріплення мітчика у воротку. Робоча частина ділиться на забірну 4 і калібрувальну 5. На обох торцях великих мітчиків роблять центрові отвори 6, а у малих мітчиків – конічні загострення 7, які виконують роль технологічних баз. Канавки 8 необхідні для утворення різальних кромek і видалення стружки. Частини гвинта 9 між канавками називаються різальними зубцями.

Робота різання виконується забірною конічною частиною, у якої висота різальних зубців гребінки поступово збільшується. В міру вгвинчування мітчика в отвір забірна частина прорізає нарізні канавки: кожен зубець зрізує невелику частину припуску і після проходження забірної частини різь здобуває повний профіль.

Зубці на забірній частині мітчика затиловані, тобто мають задню поверхню, виконану по архімедовій спіралі, завдяки чому утворюється задній кут, який полегшує процес різання.

Після затуплення, мітчик можна заточувати по передніх поверхнях гребінок. Так, як на калібрувальній частині немає заднього кута, то після переточувань діаметр різі мітчика не змінюється.

По числу пер розрізняють трьохпері і чотирьохпері мітчики.

Мітчики бувають ручні (слюсарні), які складаються із комплексу - двох чи трьох штук, між якими розподіляється припуск на обробку і машинні (верстатні), які дозволяють виготовляти різі повного профілю одним мітчиком.

Для нарізання різі в гайках застосовуються гайкові мітчики з довгим забірним конусом.

Для нарізання різей мітчик квадратним хвостовиком насаджують у слюсарний вороток, який забороняється утримувати вручну або упирати в пряму станину, що може привести до перекосу, поломки мітчика або до травми робітника. При використанні слюсарного воротка в різцетримач варто установити свердлильну державку з центром і упорною планкою (рис.7.7).

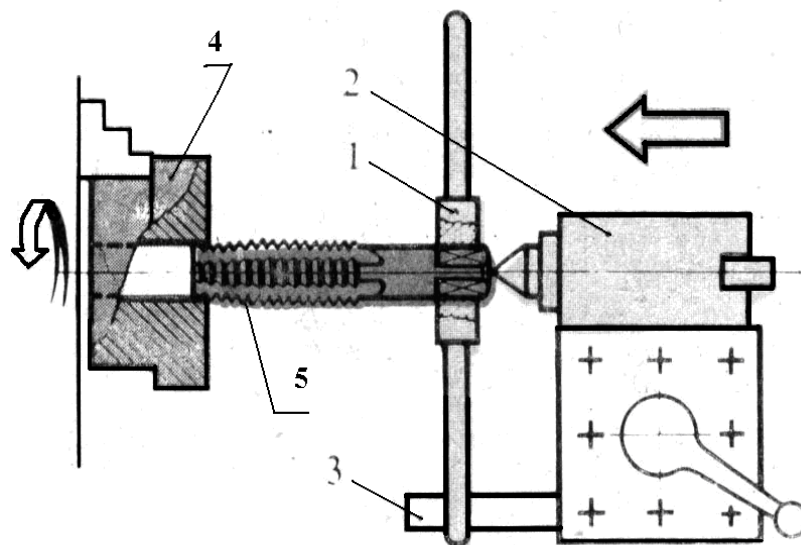


Рисунок 7.7 - Нарізання різей мітчиком за допомогою воротка:  
4 – заготовка, 5 – мітчик

Мітчик піджимають центром, а вороток упирають в планку. Так як мітчик і планка пересуваються разом, то перекосу не буде: усувається небезпека браку різі і поломки мітчика. При роботі таким способом слід дотримуватися обережності, щоб рука не потрапила між рукояткою воротка і планкою. Якщо різі глухі, то виникає небезпека упору мітчика в дно отвору: це неминуче веде до його поломки і зриву нарізі. Існують спеціальні патрони з запобіжними муфтами для нарізування глухої різі.

Для нарізання різей у в'язких матеріалах (низьковуглецевих, нержавіючих і жароміцних сталях) застосовують «шахові» мітчики зі зрізаними через один (у шаховому порядку) зубцями. Широка западина між зубцями сприяє гарному розміщенню стружки, усуває небезпеку заклинювання мітчика, зменшує утворення наросту

Мітчик після нарізання потрібно вигвинтити. Цей непродуктивний час можна скоротити, застосувавши нарізну головку із гребінками, які можуть вбиратися усередину корпусу.

При виготовленні різі мітчиком деякий прошарок металу видавлюється із западини і зменшує діаметр отвору. Це затрудняє процес нарізання. Тому діаметр отвору повинний бути більше внутрішнього діаметра різі. Сталь більш піддається пластичній деформації, чим чавун, і тому отвори під нарізі в сталевій заготовці виконують трохи більшого діаметра, чим у чавунній. Наприклад, для виготовлення різі M10×1.5 діаметр отвору по сталі приймається 8,5 мм (з огляду на розбивку, потрібно узяти свердло 8,4 мм), а по чавуну свердло 8,3 мм. Діаметр свердла приймають по довіднику [22].

Механічні властивості оброблюваного матеріалу впливають на остаточний розмір різі (після проходу мітчика): для в'язкого матеріалу можливе зменшення діаметру різі, для крихкого — «розбивка», тобто його збільшення. На заводах серійного і масового виробництва коректують середній діаметр шліфуванням калібрувальної частини мітчика після нарізання різі в двох-трьох пробних деталях.

Швидкість різання при виготовленні різі мітчиками приймається 7—15 м/хв.

### 7.1.5 Вимірювання і контроль різі

На перших деталях виготовленої партії орієнтовно перевіряють крок різі. Його перевіряють масштабною лінійкою, вимірюючи відстань через десять або двадцять витків, і поділяють отриманий розмір відповідно на 10 або 20, визначаючи в такий спосіб відстань між двома сусідніми нитками (рис.7.8) [4].

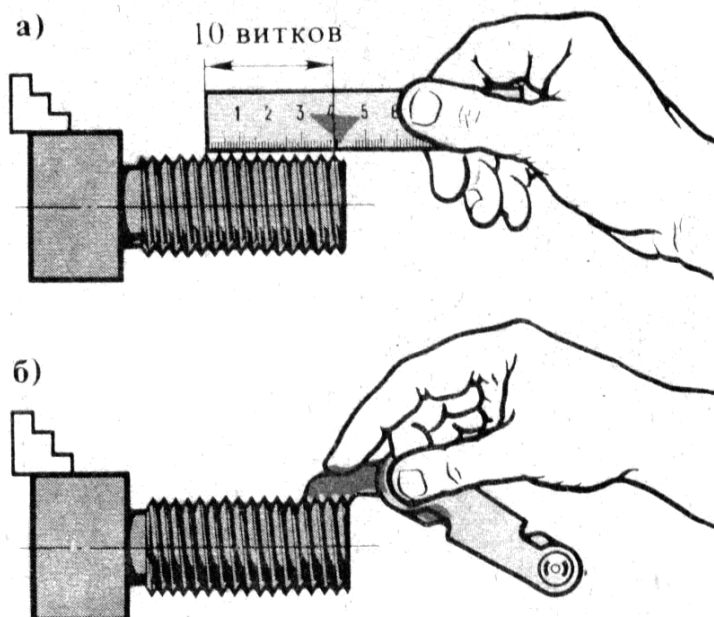


Рисунок 7.8 – Контроль кроку:

- а – лінійкою,
- б – різеміром

Для дюймової різі визначають, скільки ниток укладається на довжині 1" (25,4 мм).

Для контролю кроку й одночасно кута профілю різі користуються набором шаблонів-різемірів. На кожному шаблоні маєтся насічка визначеного кроку і кута профілю і відповідне позначення (наприклад: 60°, 2 мм або 55°, 11 ниток). Прикладаючи шаблон насічкою до різі, визначають на провіт збіг кроку і кута профілю насічки з кроком і кутом профілю контрольованої різі (рис.7.8).

Середній діаметр різі вимірюють нарізним мікрометром (рис.7.9).

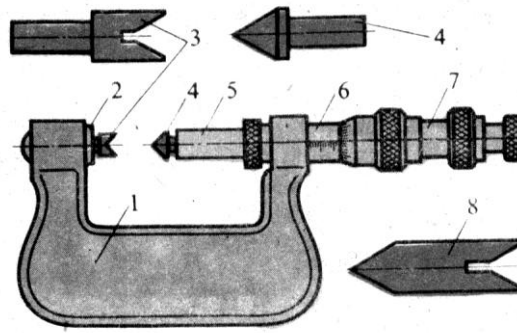


Рисунок 7.9 – Нарізний мікрометр

1 — скоба, 2 — п'ятка, 3 — призматична вставка, 4 — конічна вставка,  
5 — шпindel, 6 — стебло, 7 — барабан, 8 — шаблон

У шпинделі 5 і в п'ятці 2 маються отвори, у які встановлюють нарізні вставки. У шпindel встановлюють конічну 4 з кутом, рівним куту профілю різі, а в п'яту — призматичну 3. До нарізного мікрометру додається набір вставок для контролю всіх стандартних кроків метричних і дюймових нарізів. Конічна вставка 4 при контролі вводиться в канавку різі, а призматична 3 охоплює протилежну нитку. Для встановлення відліку мікрометру на нуль служить шаблон 8. Точність виміру середнього діаметра нарізним мікрометром досягає 0,01 мм.

У масовому виробництві точність нарізних виробів контролюють граничними калібрами (рис.7.10): кільцями - зовнішні (рис. 7.10), та пробками – внутрішні різі (рис 7.10,б).

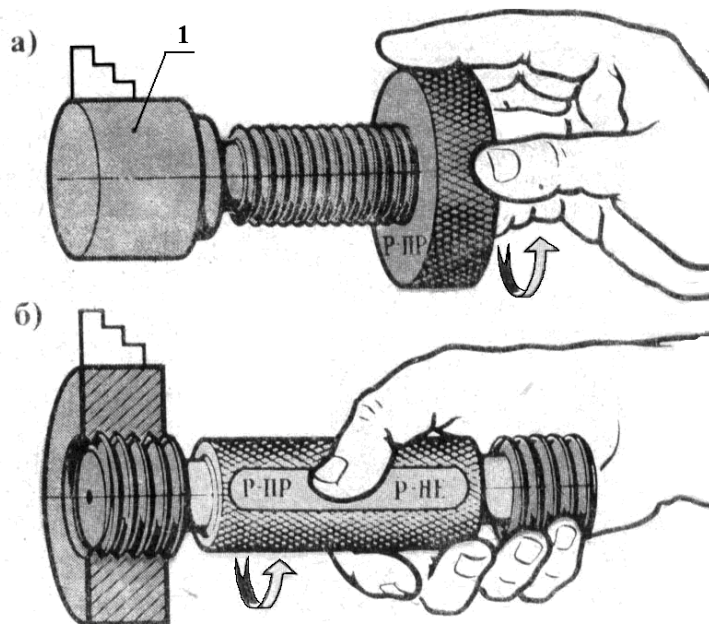


Рисунок 7.10 - Контроль різі:

а – калібром-кільцем, б – калібром-пробкою,  
1 – заготовка

Прохідне кільце ПР має повний профіль і повинно згвинчуватися з контрольованим гвинтом на повну довжину різі, непрохідне кільце НЕ має усього два-три витки й укорочений профіль. Непрохідний калібр може нагвинчуватися не більше ніж на одну-дві нитки. Аналогічно у нарізної пробки для контролю внутрішньої різі мається прохідна сторона ПР і непрохідна НЕ.

### **7.3 Порядок виконання роботи**

1. По заданим викладачем діаметру і кроку різі підібрати по довідковій літературі розміри діаметру отвору для нарізання внутрішньої і діаметру проточки циліндричної частини для зовнішньої різі.

2. У попередньо підготовлених заготовках нарізати за допомогою мітчиків відповідну внутрішню різь.

3. У попередньо підготовлених заготовках нарізати вручну за допомогою плашок відповідну зовнішню різь.

4. Вивчити устрій різеміру і за його допомогою визначити кроки запропонованих викладачем різей деталей.

5. Вивчити устрій нарізного мікрометра і за його допомогою виміряти середні діаметри різей деталей.

6. Ознайомитись із устроєм нарізних калібрів і перевірити придатність запропонованих різей деталей.

### **7.4 Контрольні запитання**

1. Наведіть класифікацію різей по формі, напрямку витків, кількості заходів.

2. Назвіть та коротко охарактеризуйте основні елементи різі.

3. Опишіть конструкцію мітчиків.

4. Опишіть конструкцію плашок та різенарізних головок.

5. Охарактеризуйте основні методи нарізання зовнішніх різей.

6. Опишіть конструкцію мітчика та плашки.

7. Охарактеризуйте основні методи нарізання внутрішніх різей.

8. Опишіть конструкцію інструментів для контролю різей.



# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

## СВЕРДЛІННЯ Й ОБРОБКА ОТВОРІВ

### 8.1 Мета роботи

Ознайомитись з інструментами для обробки отворів. Вивчити конструкцію свердлильних верстатів.

### 8.2 Теоретичні відомості

#### 8.2.1 Свердління, зенкерування, розвертання, зенкування

Більшість деталей машин мають круглі отвори різних розмірів і різного призначення. Найбільш розповсюдженим способом одержання отворів є свердління.

*Свердлінням* називається процес одержання отвору різанням за допомогою спеціального інструмента — свердла.

Свердло, як і інші різальні інструменти, працює за принципом клина. Для здійснення процесу різання свердлу надають обертальний рух навколо геометричної осі, і, одночасно, поступальний рух подачі уздовж цієї осі (рис.8.1, а) [13].

У випадках, коли потрібна висока точність, а також зміна форми отворів, їх додатково обробляють — зенкерують і розвертають.

*Зенкеруванням* називається обробка поверхонь отворів різанням для покращення шорсткості та надання їм більш правильної геометричної форми. Зенкерування виконують за допомогою спеціальних багатолезових інструментів — зенкерів (рис.8.1, б).

*Зенкуванням* називається обробка різанням вхідної частини отвору, у результаті чого утворюється поглиблення необхідної форми і розмірів. Звичайно поглиблення роблять конічної або циліндричної форми для розміщення в них головок болтів, заклепок і інших деталей. Зенкування виконують за допомогою багатолезового різального інструменту — зенковки (рис. 8.1, в).

*Розвертанням* називається чистова обробка різанням поверхонь отворів для надання їм високої точності і чистоти. Виконують розвертання за допомогою спеціальних інструментів — розверток. За формою розвертка нагадує зенкер, але має більше різальних лез, завдяки чому точність обробки виходить набагато вище.

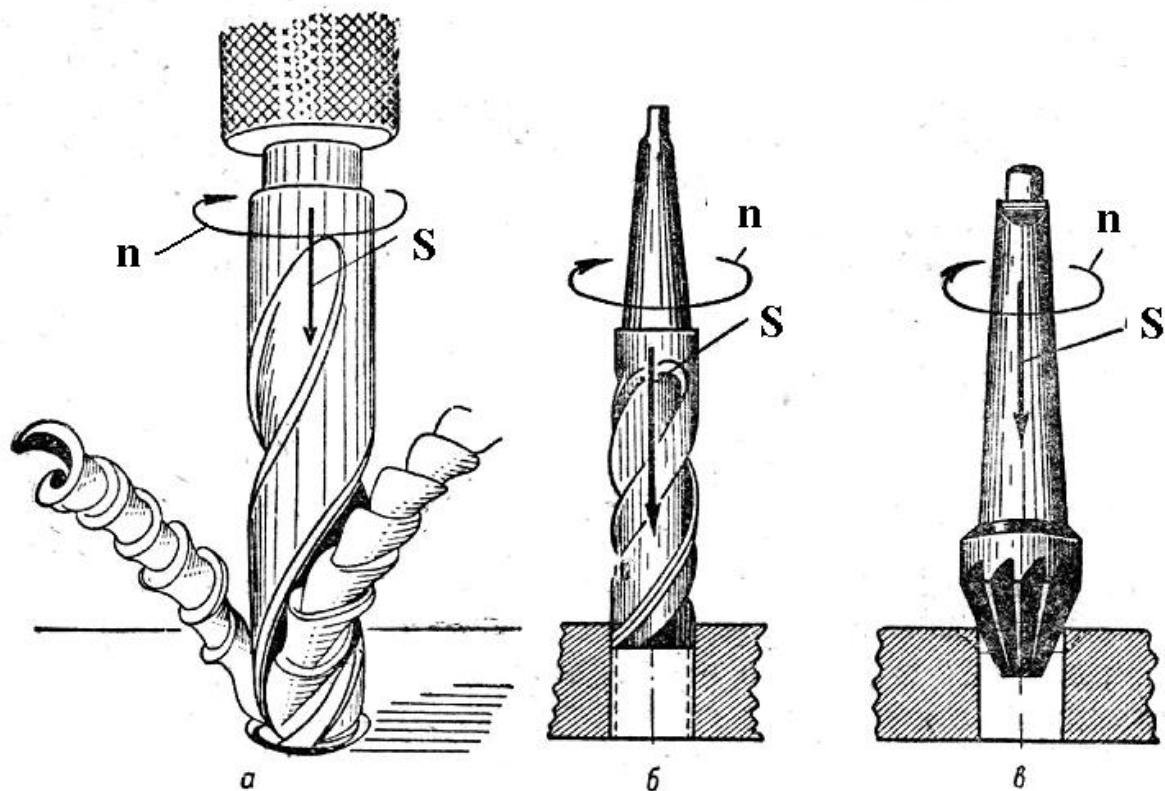


Рисунок 8.1. - Обробка отворів:

а — свердлінням;

б — зенкеруванням;

в — зенкуванням

### 8.2.2 Свердла

Для свердління отворів застосовуються переважно спіральні свердла і лише іноді більш прості — перові.

Перове свердло виконують зі сталевого циліндричного стержня, робочу частину якого роблять у вигляді лопатки. Протилежний кінець, хвостовик, призначений для закріплення в патроні. Перові свердла малопродуктивні, а отвори, просвердлені ними, неточні, тому їх застосовують рідко.

Спіральне свердло (рис. 8.2, а) також виготовляють зі сталевого циліндричного стрижня, але з двома гвинтовими канавками. Матеріалами для спіральних свердел служать спеціальні інструментальні сталі.



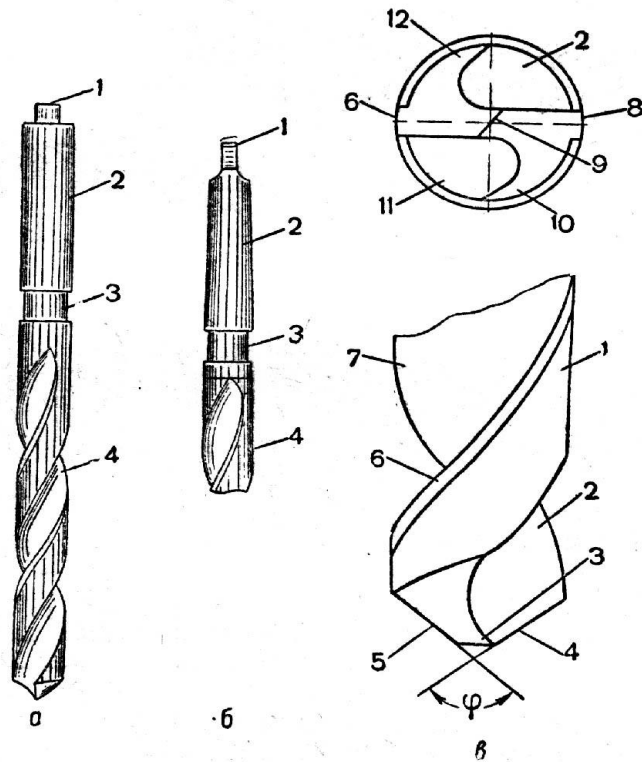


Рисунок 8.2 – Спіральні свердла:  
 а — свердло з циліндричним хвостовиком;  
 б — свердло з конусним хвостовиком;  
 в — робоча частина спірального свердла

Спіральне свердло складається з хвостовика 2, шийки 3 і робочої частини 4. Хвостовик служить для закріплення свердла в патроні або безпосередньо в шпинделі верстата. Хвостовики бувають циліндричні і конічні. Циліндричний хвостовик може мати поводок 1 (рис .8.2, а), який служить для кращого закріплення свердла в патроні, а конічний — лапку 1 (рис.8.2, б), що служить упором при виштовхуванні свердла з гнізда шпинделя. Робоча частина свердла (рис.8.2, в) складається з наступних елементів: різальної частини 3 із двома різальними лезами 4 і 5, гвинтових канавок 2 і 11, поперечного леза 9, двох стрічков 6 і 8, зубців 10 і 12 і їх спинок 1 і 7.

Гвинтові канавки спірального свердла призначені для утворення різальних лез і відводу стружки; стрічки зменшують тертя свердла об метал при свердлінні; різальні леза розташовані одне щодо іншого під визначеним кутом, який називається кутом при вершині свердла. Величина цього кута приймається в залежності від матеріалу, для обробки якого призначене свердло; наприклад, для свердління сталі і чавуна кут при вершині приймають від 116 до 118°, міді, латуні, бронзи — від 125 до 140°, ебоніту, пластмас — від 50 до 60°.

### 8.2.3 Зенкери, зенковки, розвертки

За формою зенкери бувають циліндричними і конічними, по устрою— цільними і насадними, а по кількості різальних лез — тризубими і чотирихзубими (рис. 8.3) [13].

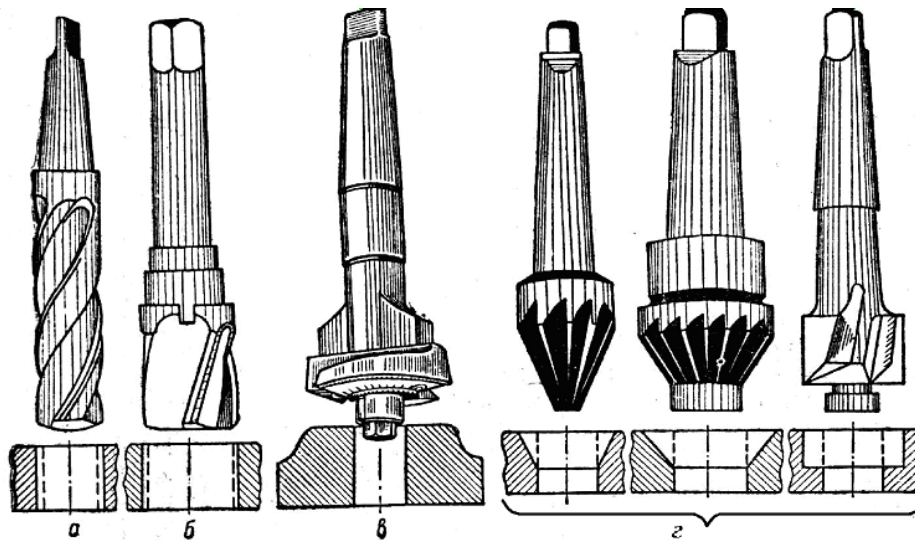


Рисунок 8.3 – Зенкери:

- а — цільний;
- б — насадний;
- в — торцевий;
- г — зенковки

Циліндричний зенкер нагадує спіральне свердло, але відрізняється від нього більшою кількістю і меншою довжиною різальних лез.

На рисунку 8.3 показані деякі зенкери та оброблені ними поверхні. Цільним (рис. 8.3, а) і насадним (рис. 8.3, б) зенкером обробляють внутрішні поверхні отворів.

Для обробки торцевих поверхонь користуються торцевими зенкерами (рис. 8.3, в).

Зенковки роблять циліндричними і конічними. Серед конічних найбільш поширені зенковки з кутами конуса при вершині 30, 60, 90 і 120°. На рисунку 8.3,г зображені різні зенковки і показано, які роботи можна виконувати ними.

Розвертки бувають ручними (рис.8.4, а), машинними (рис. 8.4, б), насадними (рис.8.4, в), циліндричними і конічними.

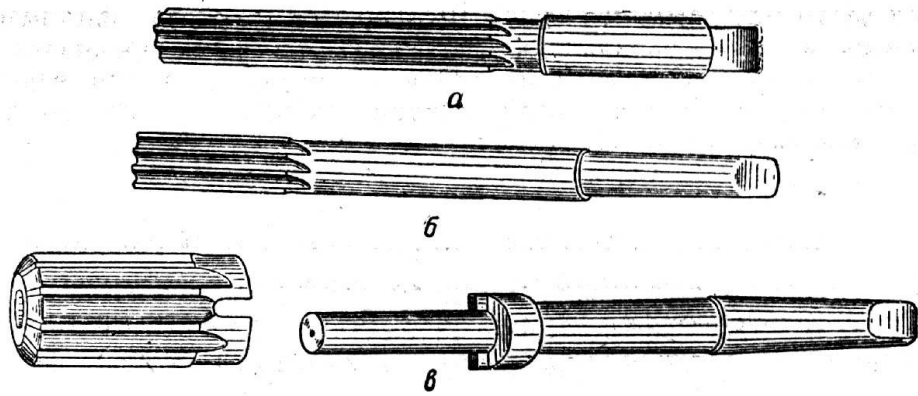


Рисунок 8.4 – Розвертки: а — ручна; б- машинна; в — насадна

Ручна розвертка (рис. 8.5, а) складається з робочої частини 4, шийки 3, хвостовика 2 і квадратної головки 1. Робоча частина у свою чергу поділяється на забірну 6 і калібрувальну 5. Забірна частина забезпечує правильний напрямок руху розвертки і виконує головну частину роботи різання, для чого зубці цієї частини загострені (рис.8.5, б) за рахунок утворення заднього кута. Калібрувальна частина призначена для остаточної чистової обробки і загладжування поверхні отвору, для чого на вершинах зубців зроблені стрічки шириною 0,3—0,5 мм (рис. 8.5, в).

Якість роботи розвертки великою мірою залежить від кроку різальних зубців. Найбільш точну і правильну поверхню одержують розвертками, що мають перемінний крок і спіральні зубці, тому що цими розвертками стружка знімається в різних місцях поверхні.

При роботі вручну розвертки обертають воротком у напрямку годинної стрілки, несильно натискаючи на неї зверху для здійснення подачі.

Машинні розвертки застосовують при роботі на верстатах. Для правильної установки розверток, особливо чистових, використовують спеціальні оправки.

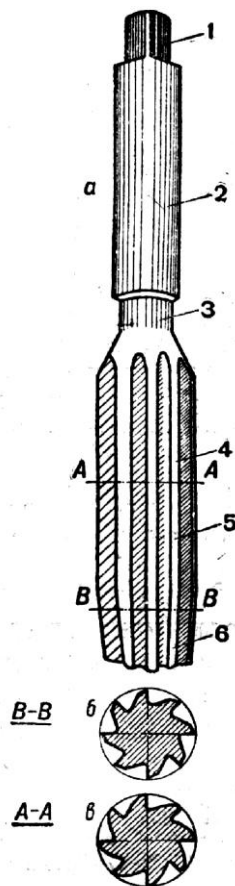


Рисунок 8.5 – Ручна циліндрична розвертка:

- а — загальний вигляд;
- б — перетин забірної частини;
- в — перетин калібрувальної частини

## 8.2.4 Пристосування для закріплення свердел і оброблюваних деталей

Для закріплення різальних інструментів застосовують патрони і перехідні конічні втулки. На рис.8.6, а зображений двохкулачковий свердлильний патрон, який застосовується для закріплення свердел і інших інструментів з циліндричними хвостовиками.

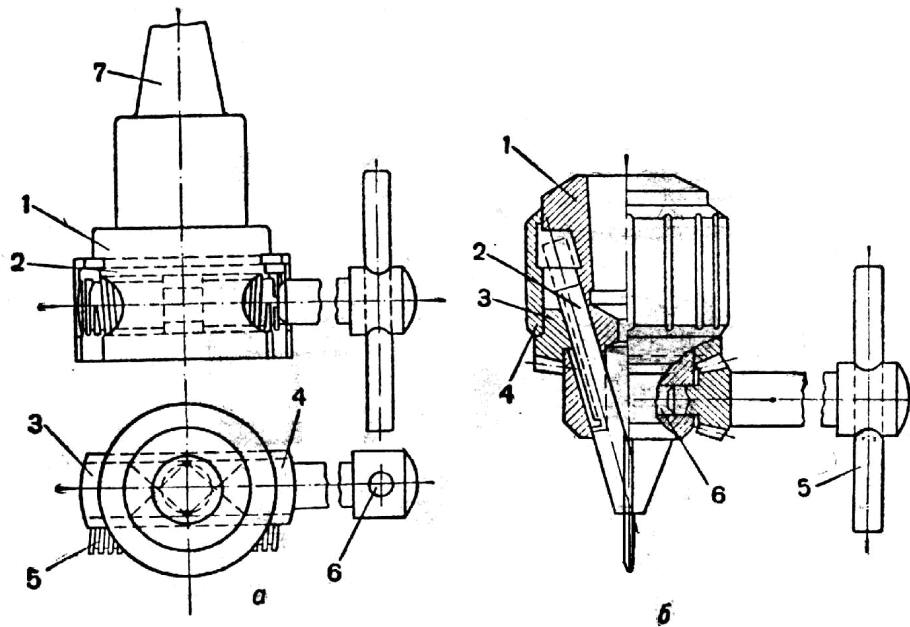


Рисунок 8.6 – Свердлильні патрони:  
а — двохкулачковий; б — трьохкулачковий

У корпусі 1 патрона зроблені прорізи 2, до яких припасовані призматичні кулачки 3 і 4 із прямокутною різью на бічних поверхнях, за допомогою якої кулачки з'єднуються з гвинтом 5, що має з одного кінця праву, а з іншого — ліву різь. При обертанні гвинта ключем 6 кулачки сходяться або розходяться, у залежності від напрямку обертання. Для установки і закріплення у шпинделі верстата патрон оснащений конічним хвостовиком 7, що є змінною деталлю і підбирається відповідно до розміру конічного отвору шпинделю верстата.

Більше розповсюдженим є трьохкулачковий патрон (рис.8.6, б). У корпусі 1 цього патрона зроблено три отвори під кутом, у які вставлені циліндричні кулачки 2 з різью на зовнішній поверхні. Зовні корпуса на різь кулачків нагвинчена гайка 3, що має на нижній торцевій поверхні зубці та жорстко з'єднана з кільцем 4. Ключ 5 патрона має головку у вигляді конічного зубчастого колеса з циліндричним хвостовиком. Для того, щоб затиснути свердло у патроні, вставляють ключ хвостовиком у гніздо 6 корпуса. При цьому конічне зубчасте колесо ключа входить у зачеплення з зубцями гайки й обертає її. Обертаючись, гайка 3 рівномірно опускає або піднімає кулачки. Опускаючись, кулачки затискають свердло, а піднімаючись — звільняють його.

Для закріплення свердел з конічними хвостовиками застосовують довгі і короткі перехідні конічні втулки різних розмірів.

Великі деталі закріплюють безпосередньо на столі верстата за допомогою болтів і прихоплювачів, для чого в столі передбачені спеціальні пази. Для установки і закріплення циліндричних деталей застосовують призми (рис.8.7, а) і струбцини (рис.8.7, б). На рис. 8.7,в показано приклад закріплення на столі верстату циліндричного валика.

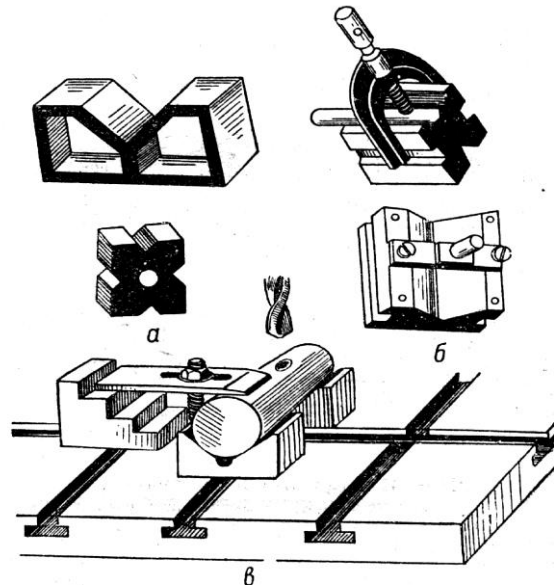


Рисунок 8.7 – Пристосування для закріплення циліндричних заготовок при свердлінні: а — призми; б — струбцини; в — приклад закріплення валика на столі свердлильного верстату

Для установки і закріплення деталей складної форми користуються косинцями, які бувають звичайними (рис.8.8, а) і універсальними (рис.8.8, б). Полки косинців можна переміщати одну щодо іншої і закріплювати під необхідним кутом.

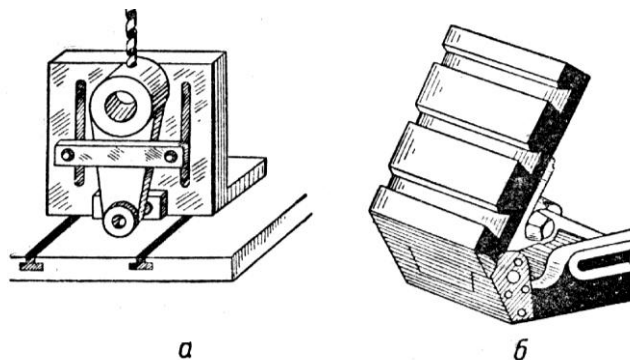


Рисунок 8.8 – Косинці для закріплення деталей складної форми: а — звичайний; б — універсальний

Для закріплення дрібних деталей основним універсальним пристосуванням є машинні тиски, що бувають нерухомими і поворотними. Якщо дрібні деталі мають складну форму, то застосовують тиски зі змінними губками, профіль яких відповідає профілю деталі.

## 8.2.5 Свердлильні верстати

Крім основного призначення, свердлильні верстати використовують для зенкування, зенкерування, розвертання і розточування отворів, а також для нарізання різьї мітчиками. На рисунку 8.9 представлений загальний вид сучасного свердлильного верстату моделі 2А-150.

На масивній фундаментній плиті 1, відлитій із сірого чавуну, закріплена болтами пустотіла чавунна станина 2, що складає разом із плитою остів верстата, на якому монтуються всі інші частини.

Зверху станини встановлена і закріплена шпindelна головка 5 — чавунний корпус, у якому розміщена система зубчастих коліс, призначена для передачі і перетворення руху від електродвигуна 4 до шпинделя 6. Шпindel являє собою вертикально розташований сталевий циліндричний вал, у нижньому кінці якого зроблений конічний отвір для установки і закріплення свердел. Шпindel проходить через коробку подач 3 — литий чавунний корпус із кришкою, у якому розміщена система зубчастих коліс, призначених для здійснення подачі. Подача може виконуватися і вручну, для чого передбачений спеціальний штурвал; при переході на ручну подачу механічну виключають. Оброблювану деталь встановлюють на столі 7, який можна піднімати й опускати.

Верстат обладнаний системою охолодження, яка складається з насоса, що приводиться в дію електродвигуном, фільтра і трубопроводу, по якому охолоджена рідина підводиться до свердла.

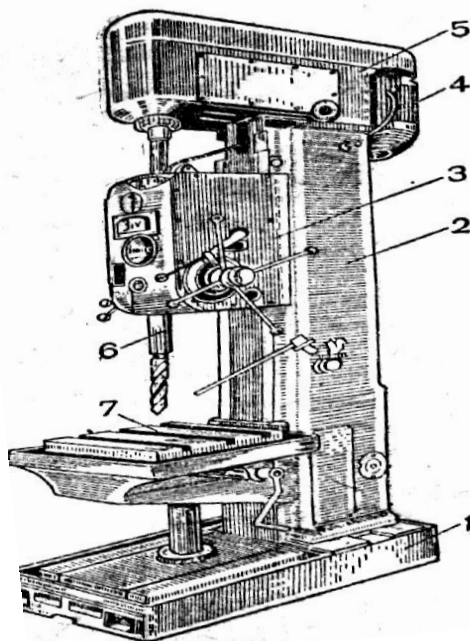


Рисунок 8.9 – Загальний вид свердлильного верстата (модель 2А 150)

### **8.3 Хід виконання роботи**

1. Ознайомитись з інструментами для обробки отворів: свердлами, зенкерами, зенковками, розвертками. Зробити креслення виданих інструментів і вказати з яких частин вони складаються.

2. Ознайомитись із конструкцією свердлильного верстату. Зробити ескіз. Вказати основні частини та їх призначення.

3. Ознайомитись з пристосуваннями для закріплення різального інструменту і оброблюваних деталей.

4. Провести обробку отворів за допомогою виданих інструментів.

### **8.4 Контрольні запитання**

1. Які способи обробки деталей на свердлильних верстатах ви знаєте? Чим вони відрізняються один від одного?

2. Назвіть основні частини, з яких складається свердло.

3. З яких основних частин складається розвертка?

4. Які пристосування для закріплення різальних інструментів ви знаєте?

5. Які пристосування використовують для закріплення заготовок на свердлильних верстатах?

6. Назвіть основні частини свердлильного верстата та їх призначення.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9

### ВИВЧЕННЯ ТИПІВ РІЗЦІВ

#### 5. 9.1 Мета роботи

Вивчити конструктивні особливості різних типів різців

#### 9.2 Теоретичні відомості

##### 9.2.1 Класифікація різців

Для токарної обробки застосовуються різноманітні по конструкції різці.

У залежності від напрямку подачі при точінні різці підрозділяються на праві і ліві (рис.9.1). Лівими різцями працюють під час руху супорта від передньої бабки до задньої, правими — у протилежному напрямку. Відрізняють праві різці від лівих, накладаючи руку на різець; при цьому головне різальне лезо повинно бути зі сторони великого пальця.

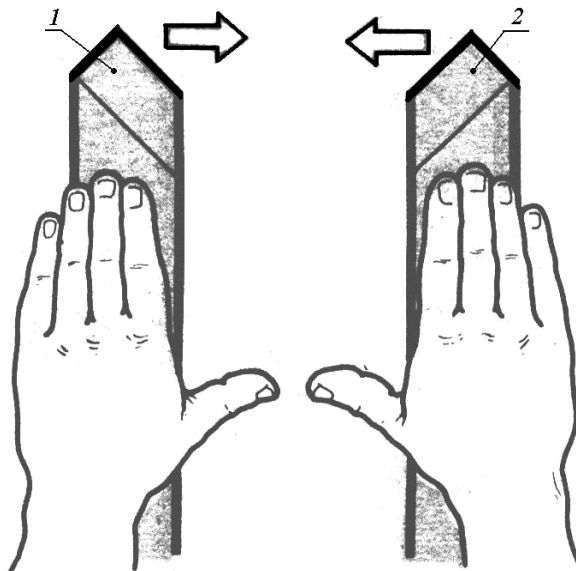


Рисунок 9.1 – Визначення лівих та правих різців:  
1 – лівий, 2 – правий

По формі і розташуванню головки відносно стержня різці можуть бути прямі (рис.9.2, а), відігнуті (рис.9.2, б) і з відтягнутою головкою (рис.9.2, в) [4].



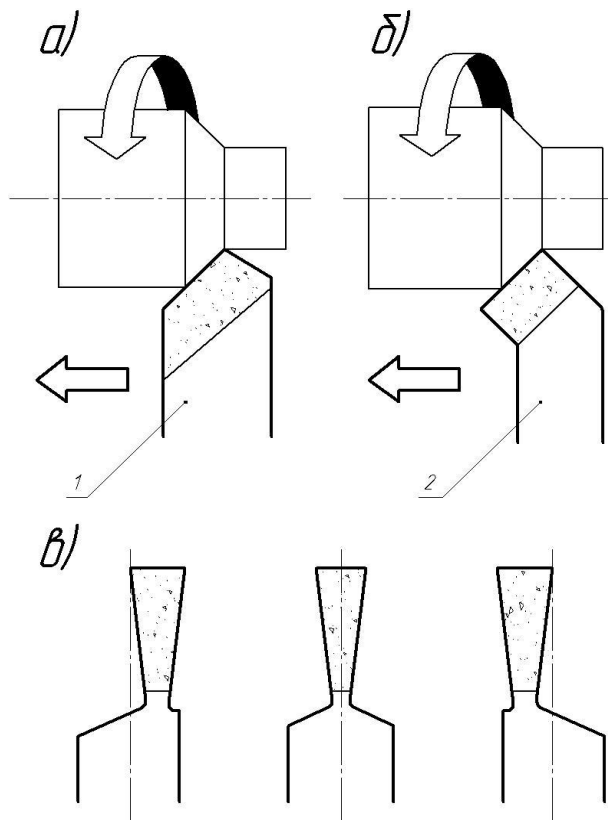


Рисунок 9.2 – Форма головок різців

По способу кріплення різальної частини різці можуть бути суцільними (рис. 9.3, а), зварної конструкції (рис. 9.3, б), з напаяними пластинками (рис. 9.3, в), з механічним кріпленням пластин (рис. 9.3, г).

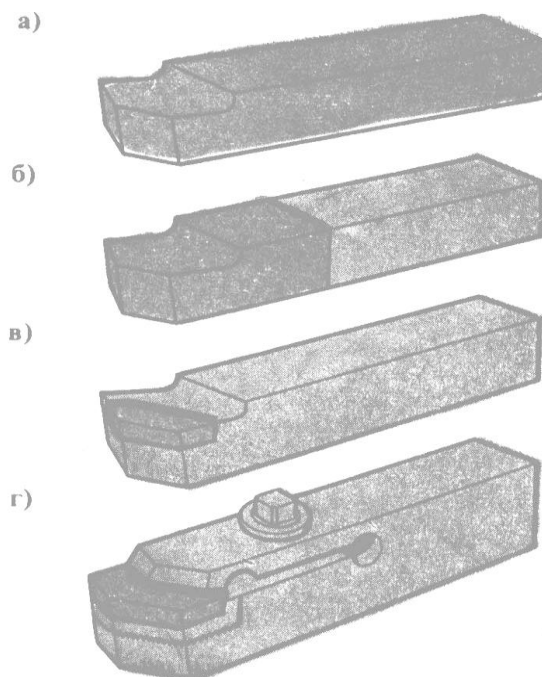


Рисунок 9.3 - Класифікація різців по способу кріплення різальної частини

Різці виготовляють переважно із швидкорізальної сталі і твердих сплавів. Для чистової обробки, особливо кольорових і м'яких металів, а також для нарізання різей, різці виготовляють інколи із вуглецевої інструментальної сталі. Швидкорізальна сталь і тверді сплави являються дорогими матеріалами. Тому в більшості випадків застосовують різці, у яких стержень виготовляють із звичайної сталі, а на головку напаюють або закріплюють механічним способом робочу пластинку із твердого сплаву чи швидкорізальної сталі. В якості припою використовуються припої з латуні ( $t = 780..800^{\circ}\text{C}$ ) або червоної міді ( $t = 1080..1100^{\circ}\text{C}$ ).

При зношуванні різальних лез їх робочу здатність відновлюють повторними переточуваннями, під час яких поперечні розміри пластин зменшуються. Тому міцність пластин з кожним переточуванням зменшується, і дотичні напруження можуть викликати їх розтріскування. При нагріванні пластинки та корпусу в процесі різання ці напруження зменшуються, але після завершення процесу різання та охолодження різця знову відновлюють своє значення.

Різці з таким кріпленням пластин використовуються при роботі з невеликими подачами, де необхідно забезпечити надійне кріплення при обмежених габаритах (наприклад, при розточуванні).

Механічне кріплення є найбільш прогресивним методом [27]. При такому кріпленні, звичайно, використовують багатогранні пластини (БНП), що не переточують. Після затуплення різального леза пластину повертають іншою гранню (рис.9.4).

Працездатність пластини залежить від жорсткості кріплення.

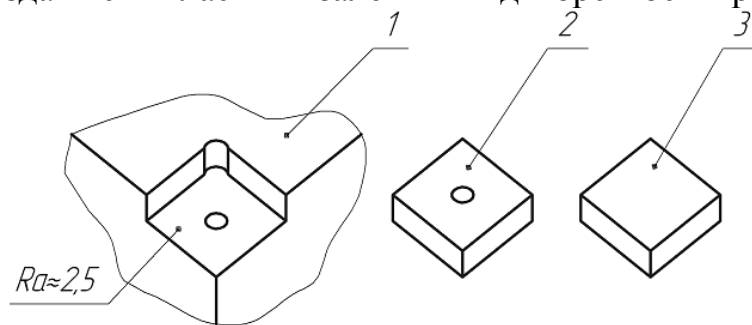


Рисунок 9.4 – Механічне кріплення багатогранних пластин:  
1 – державка, 2 – опорна пластинка, 3 – різальна пластинка

Опорна пластинка 2 необхідна для збільшення товщини твердосплавного матеріалу. Вона запобігає пошкодженню державки.

Контактні поверхні пластин 2 і 3 повинні щільно прилягати. Тому опуклість є неприпустимою.

*У залежності від призначення різці підрозділяють на:*

- прохідні (рис 9.5, а, б, в ) — застосовуються для зовнішнього повздовжнього обточування деталей. Вони бувають прямими і відігнутими і по призначенню поділяються на обдирні і чистові. Обдирні різці служать для попередньої чорнової обробки деталей, чистові – для чистової, остаточної

обробки. Чистові різці відрізняються від обдирних більш ретельним шліфуванням і доведенням елементів головки, а головне — вершини кутів у цих різців плавно закруглені;

- підрізні (рис 9.5, г) — служать для підрізування торців і уступів;
- відрізні (рис. 9.5, д) — мають відтягнуту головку і служать для відрізання деталей і виточування канавок;
- прорізні (рис.9.5.е);
- фасонні (рис. 9.5, ж) виготовляються так, щоб форма леза, що ріже, відповідала профілю оброблюваної поверхні деталі;
- нарізні (рис. 9.5, з) — заточуються відповідно до форми профілю тієї різі, для нарізання якої вони призначаються;
- розточувальні (рис. 9.5, и, к) — служать для розточування внутрішніх поверхонь деталей; їх роблять з відігнутою головою або встановлюють у державці. Ці різці так само, як і прохідні, бувають обдирними і чистовими;

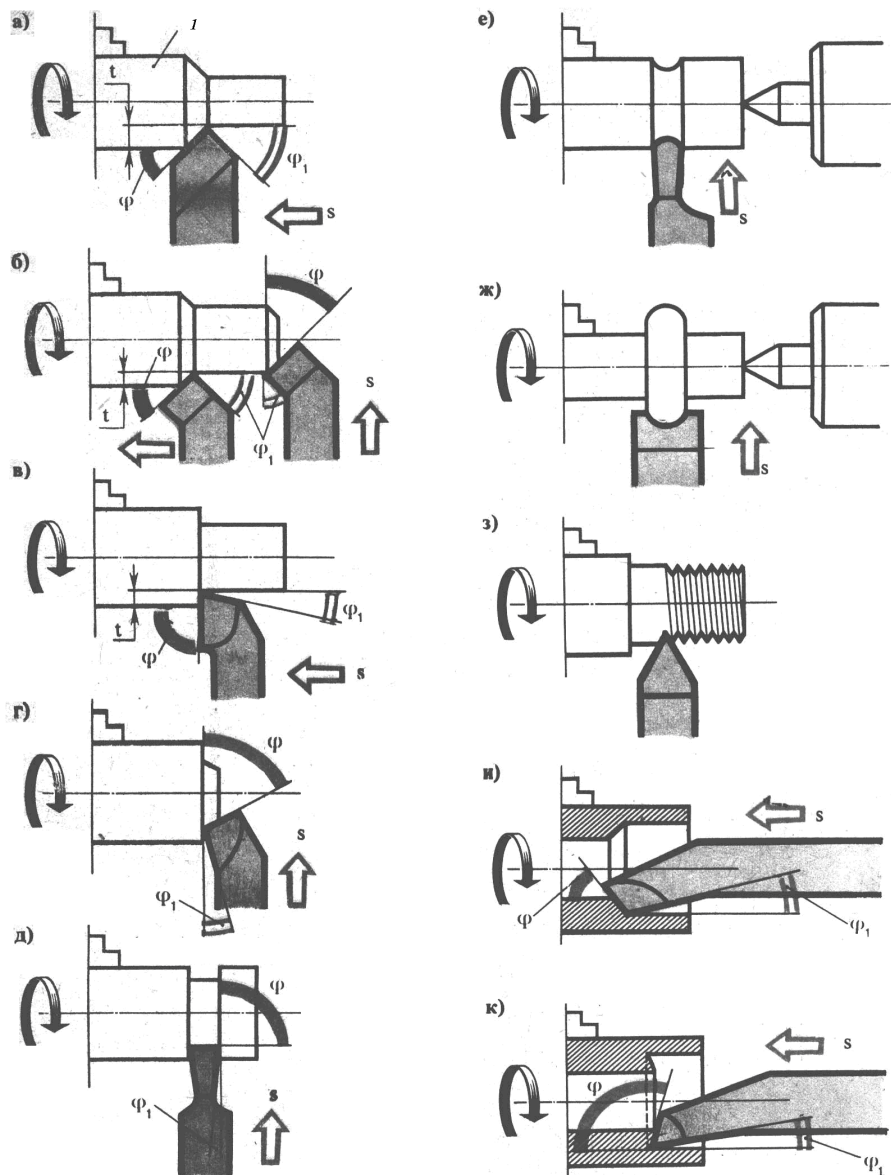


Рисунок 9.5 – Типи токарних різців

## 9.2.2 Зношування та переточування різців

В процесі різання в результаті тертя стружки по передній поверхні різця, а задніх поверхонь різця по поверхні заготовки, робоча частина різця зношується, різальне лезо руйнується. Працювати таким різцем уже не можна, так як погіршується точність обробки, якість обробленої поверхні, знижується продуктивність праці.

Норма зношування – це товщина шару інструменту, який зрізається при переточуваннях з передньої, або з задньої поверхні. Залежить від висоти задньої  $h_z$ , передньої  $h_n$  поверхні або ширини контакту різця з заготовкою  $B$ , (рис.9.6) [13]. Допустимий знос [22 ] наведено у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1- Значення допустимого зносу при чорновій обробці

Марка інструментального матеріалу	$h_z$ , мм	$h_n$ , мм
T5K10; BK8; P6M5	1,5..2,0	0,35..0,45
T15K6; BK6	0,8..1,0	0,8..2,0

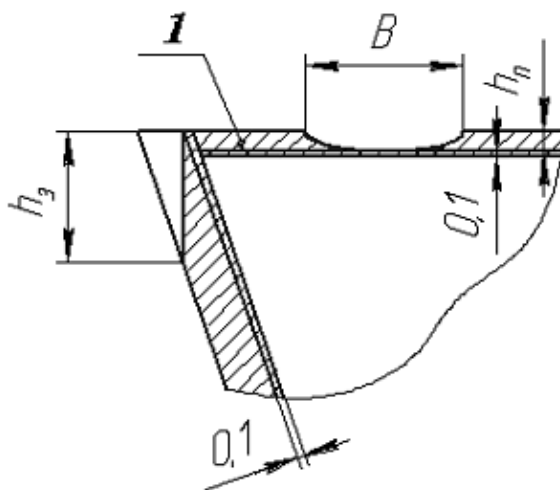


Рисунок 9.6 – Схема заточки різця:

1 – шар металу, що зрізається при переточуванні.

Норма зношування складається з двох складових:

- товщина шару, яку необхідно зрізати для повного видалення слідів зносу;

- додатковий шар товщиною не менше 0,1 мм., щоб видалити можливі порушення структурного стану, викликані в пластині дією високих температур під час процесу різання. Саме з цієї причини при переточуванні 0,1 мм. зрізають навіть з поверхонь без видимих слідів зносу.

Якщо різець зношується тільки по задній поверхні, то норма зносу по передній складає 0,1, і навпаки.

Для БНП при зношенні пластини до  $h_z$  пластину повертають в наступну позицію.

Обмежуючим фактором може виявитись як довжина  $l$ , так і висота  $H$  пластини. Слід враховувати зміну розмірів різця між переточуваннями.

### **9.3 Порядок виконання роботи**

1. Зробити ескізи виданих викладачем різців.
2. Класифікувати отримані різці по напрямку подачі, типу, способу кріплення різальної пластини.

### **9.4 Контрольні запитання**

1. Як класифікують різці по напрямку подачі, типу, способу кріплення різальної пластини?
2. Які матеріали застосовують при виготовленні різців?
3. Що таке норма зношування різця? З чого вона складається?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОРГАНІВ УПРАВЛІННЯ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА 16K20

#### 10.1 Мета роботи

На прикладі токарно-гвинторізного верстату 16K20 вивчити конструкцію верстатів цієї групи, ознайомитись з визначенням параметрів процесу різання.

#### 10.2 Теоретичні відомості

##### 10.2.1 Загальні відомості

Точіння є одним з найстаріших видів механічної обробки металів. Завдяки порівняно простому обладнанню і досить високій продуктивності, точіння являється одним із основних видів обробки металів різанням і в теперішній час. Токарні верстати почали особливо розповсюджуватися після 1712 року, коли вперше петербурзький слюсар-механік Андрій Костянтинович Нартов винайшов токарний верстат із самохідним супортом. На токарних верстатах можна обробляти плоскі, циліндричні, конічні і фасонні поверхні, свердлити, розточувати отвори, нарізати різі, зенкерувати, розвертати отвори і виконувати багато інших робіт.

Універсальність токарних верстатів сприяла розповсюдженню їх як основного обладнання для обробки металів. На машинобудівних і ремонтних заводах в середньому 40 – 50% всього металорізального обладнання складають токарні верстати.

Існує багато різних типів і видів верстатів, які працюють по принципу точіння метала. Ці верстати об'єднуються в одну токарну групу, до якої відносяться: токарно-гвинторізні, токарно-операційні, револьверні, лоботокарні, напівавтомати, автомати і багато інших верстатів спеціального призначення.

##### 10.2.2 Параметри процесу різання

Продуктивність токарного верстата характеризується швидкістю і глибиною різання, а також величиною подачі. *Швидкість різання* при точінні металів  $V$  залежить від двох перемінних величин – діаметра оброблюваної заготовки і числа обертів шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad \text{м/хв} \quad (10.1)$$

де  $d$  – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

$n$  – число обертів заготовки, об/хв.

Переміщення різця в міліметрах за один оберт оброблюваної деталі називається *подачею*  $s$ .

Подача може бути повздовжньою – вздовж лінії центрів верстата, поперечною – перпендикулярно до лінії центрів і під кутом до лінії центрів.

Напіврізниця між діаметрами деталі до і після зняття стружки називається *глибиною різання*  $t$ . Величина глибини різання визначається по формулі:

$$t = (d - d_1)/2, \text{ мм.} \quad (10.2)$$

де  $d$  – діаметр деталі до зняття стружки,

$d_1$  – діаметр обробленої деталі.

### 10.2.3 Конструктивні особливості токарно – гвинторізних верстатів

Сучасний токарно-гвинторізний верстат складається із станини, передньої бабки, фартуху із супортом, на якому кріпиться різцетримач, коробки швидкостей, яка розміщена в корпусі передньої бабки та коробки подач. Крім описаних основних вузлів і частин, токарно-гвинторізні верстати мають ще систему змащення, електрообладнання, охолодження і інше дрібне обладнання.

*Станина* токарного верстату – важка чавунна виливка, на поверхні якої є плоскі і призматичні напрямні для переміщення супорта і задньої бабки. Напрямні обробляють з високою точністю, так як від цього залежить точність роботи верстата. Іноді станину відливають за одне ціле з тумбами. Станина – це та основа, на якій монтують всі рухомі і нерухомі частини верстату.

*Передня бабка* назначена для підтримання оброблюваної деталі і надання їй обертального руху. Корпус передньої бабки – чавунна виливка в вигляді невеликої пустотілої коробки з кришкою. В передній бабці розміщується одна з найбільш відповідальних частин токарного верстата – шпиндель.

*Шпиндель* – пустотілий сталевий вал на підшипниках.

В передній бабці розміщується *коробка швидкостей* – механізм, за допомогою якого здійснюється ступінчаста зміна частот обертання шпинделя верстата.

*Задня бабка* служить для підтримання довгих деталей при їх обробці, а також для закріплення в ній свердел, зенкерів, розверток і інших інструментів.

*Супорт* служить для закріплення і переміщення різцетримача вздовж осі центрів верстата по повздовжнім полозкам і впоперек по поперечним полозкам.

*Різцетримач* являє собою поворотну чотириохгранну головку з пазом по всьому периметру. В різцетримач можна одночасно закріплять чотири різці, завдяки чому переустановка різців займає мало часу і зводиться лише до повороту різцетримача і закріпленню його рукояткою.

При переключенні верстата на механічну подачу, рух до супорта передається від шпинделя через систему зубчастих коліс, розміщених в

чавунному коробі, який разом з механізмами, поміщеними в ньому називають *коробкою подач*. Вздовж станини верстату проходять ходовий гвинт і ходовий валик, які лівими кінцями входять в коробку подач і за допомогою відповідних зубчастих коліс отримують обертальний рух.

Змінні зубчасті колеса, що передають рух від шпинделя до ходового гвинта, разом з важелем, на якому вони встановлені називаються *гітарою*.

Ходовий гвинт і ходовий валик проходять через *фартух супорта*, в якому обертальний рух цих деталей перетворюється в поступальний рух супорту.

Токарні верстати діляться на універсальні і спеціалізовані. Універсальні верстати призначені для виконання різних операцій: обробки зовнішніх та внутрішніх конічних, циліндричних та фасонних і торцевих поверхонь, нарізування зовнішніх і внутрішніх різей, відрізання, свердління, зенкерування та розвертання отворів та ін. На спеціалізованих верстатах виконують вужче коло операцій, наприклад, обточування гладких і ступінчастих валів, прокатних валків, осей колісних пар залізничного транспорту, різного роду муфт, труб та ін.

Універсальні верстати діляться на токарно-гвинторізні та токарні. Токарні верстати призначені для виконання усіх токарних операцій, за виключенням нарізування різей різцями.

Основними формоутворюючими рухами є обертання заготовки, закріпленої у шпинделі і подача різця, закріпленого в супорті.

Основні розміри токарних верстатів: висота центрів; найбільший діаметр заготовки, що встановлюється для обробки над станиною; найбільший діаметр обробки над супортом; найбільша довжина оброблюваної заготовки.

Наша промисловість випускає різні моделі токарних верстатів. Найбільший діаметр оброблюваної поверхні дорівнює від 85 до 5000 мм, при довжині заготовки від 125 до 24000 мм.

#### **10.2.4 Токарно-гвинторізний верстат 16К20 [8]**

Верстат 16К20 (рис.10.1) призначений для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних, фасонних поверхонь, нарізування правої і лівої метричної, дюймової, модульної різей одно- і багатозахідних з нормальним і збільшеним кроком, нарізування торцевої різі (архімедової спіралі), обробки отворів свердлінням, зенкеруванням, розвертанням в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва.

Різальними інструментами є переважно різці різних типів, а також свердла, зенкери, розвертки та ін.

##### **Основні характеристики верстата**

Висота центрів над плоскими напрямними, мм	215
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм: над станиною	400



над супортом	220
Відстань між центрами, мм	710, 1000, 1400, 2000
Діаметр отвору шпинделя, мм	52
Межі частот обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	12,5... 1600
Межі подач, мм/об:	
поздовжніх	0,05...2,8
поперечних	0,025... 1,4

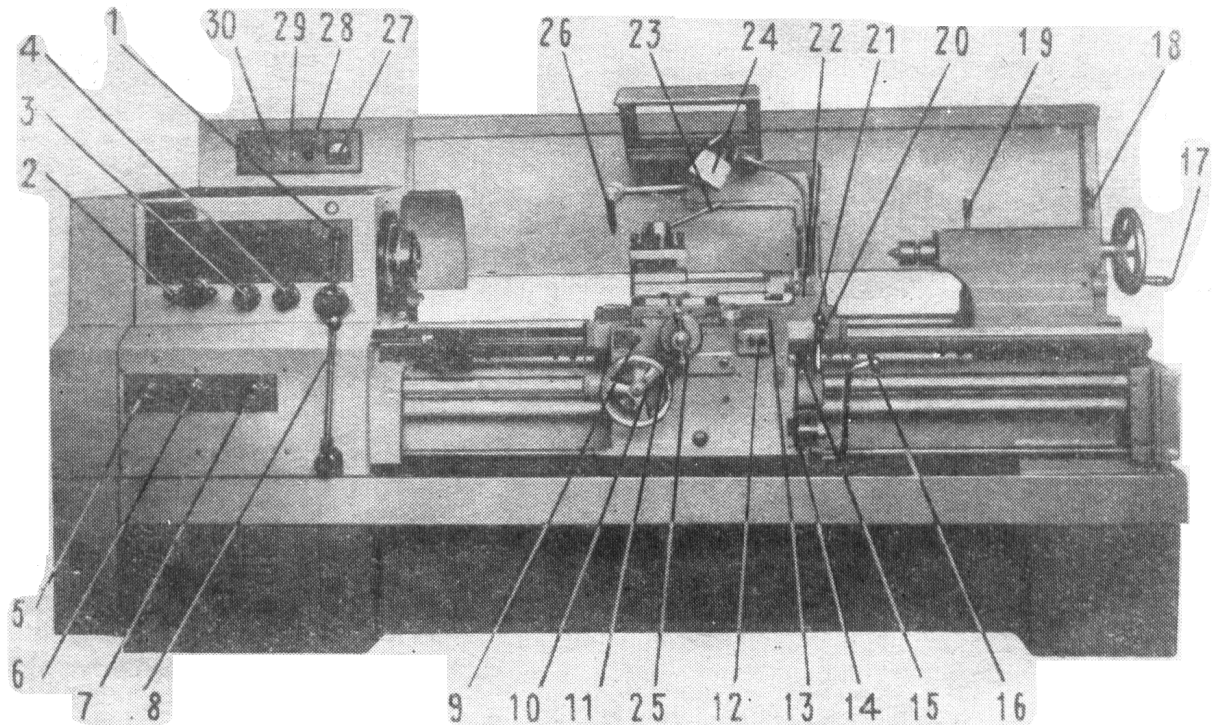


Рисунок 10.1 – Токарно-гвинторізний верстат 16К20

### 10.2.5 Органи управління верстатом

- 1, 2 - рукоятки установки чисел обертів шпинделя;
- 3- рукоятка установки нормального, збільшеного кроку різі і положення при діленні багатозахідної різі;
- 4- рукоятка установки правої і лівої різі;
- 5- рукоятка установки величини подачі і кроку різі;
- 6- рукоятка установки виду робіт: подачі і типу різі;
- 7- рукоятка установки величини подачі і кроку різі і відключення механізму коробки подач при нарізанні різей напřяму;
- 8- рукоятка управління фрикційною муфтою головного приводу;
- 9- кнопка золотника змащення напřамних каретки і поперечних полозків супорта;
- 10- маховик ручного переміщення каретки;
- 11- рукоятка включення і виключення рейкової шестерні;
- 12- кнопкова станція включення/виключення двигуна головного приводу;

- 13- болт закріплення каретки на станині;
- 14- рукоятка включення подачі;
- 15- рукоятка включення-виключення ходового гвинта;
- 16- рукоятка управління фрикційною муфтою головного приводу;
- 17- маховик переміщення пінолі задньої бабки;
- 18- рукоятка кріплення задньої бабки до станини;
- 19- рукоятка затиску пінолі задньої бабки;
- 20- рукоятка управління переміщення каретки і поперечних полозків;
- 21- кнопка включення електродвигуна привода швидких переміщень каретки і поперечних полозків супорта;
- 22- рукоятка ручного переміщення різцевих полозків супорта;
- 23- рукоятка повороту і закріплення різцетримача;
- 24- вимикач лампи місцевого освітлення;
- 25- рукоятка ручного переміщення поперечних полозків супорта;
- 26- регульоване сопло подачі охолоджуючої рідини;
- 27- покажчик навантаження верстата;
- 28- вимикач електронасоса подачі охолоджуючої рідини;
- 29- сигнальна лампа;
- 30- автоматичний вимикач.

### **10.3 Хід виконання роботи**

1. Знайти на верстаті 16К20 всі основні частини, з яких він складається та вивчити їх конструкцію.
2. Знайти на верстаті 16К20 всі органи управління, які зазначені на рисунку 10.1 та уяснити їх призначення.
3. При обробці заданої викладачем деталі визначити основні параметри режиму різання.

### **10.4 Контрольні запитання**

1. Що таке точіння? Чим викликане широке розповсюдження токарної обробки?
2. Які основні параметри процесу різання при точінні ви знаєте та як вони обчислюються?
3. З яких основних частин складається токарно-гвинторізний верстат? Назвіть їх конструктивні особливості та призначення.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11

### ОБРОБКА ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ І КОНІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

#### 11.1 Мета роботи

Ознайомитись із методами установки і закріплення заготовок, а також із методами обробки зовнішніх та внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь деталей на токарних верстатах.

#### 11.2 Теоретичні відомості

##### 11.2.1 Установка і закріплення заготовок [4]

Для установки та закріплення заготовок на верстатах застосовують пристосування загального призначення, до яких відносяться патрони, центри, хомутики.

Заготовки, що мають правильні зовнішні циліндричні поверхні, а також попередньо проточені деталі закріплюють в трьохкулачковому самоцентрувальному патроні. В ньому всі три кулачки сходяться до центру і розходяться одночасно, тому забезпечується співпадіння осі заготовки з віссю шпинделю. Найбільш розповсюджений трьохкулачковий самоцентрувальний патрон показаний на рисунку 11.1.

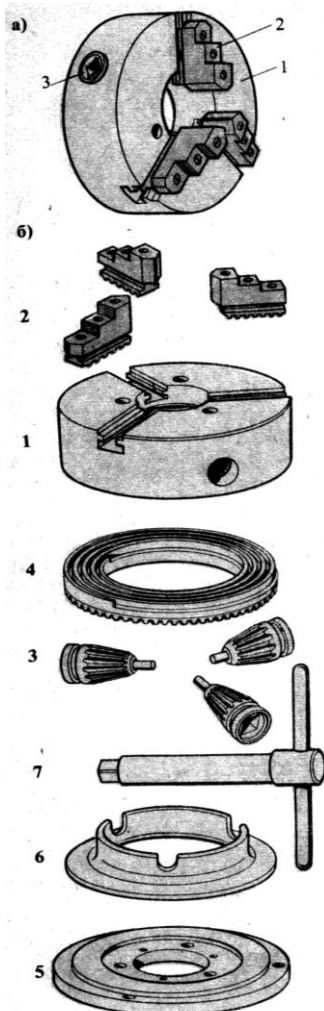


Рисунок 11.1 – Трьохкулачковий самоцентрувальний патрон:

а – загальний вид, б – устрій,

1 – корпус, 2 – кулачки, 3 – конічні зубчасті колеса, 4 – конічний диск зі спіральною різьєю, 5 – планшайба, 6 – проміжний диск, 7- ключ

В радіальних пазах корпуса 1 патрона розташовані три кулачки. Своїми спіральними виступами кулачки входять в канавки спіральної різі конічного зубчастого колеса 3. Це колесо обертається за допомогою ключа 7, що вводиться в гніздо одного із трьох малих зубчастих коліс 3, які спряжені з великим конічним диском 4. По спіральній різі великого конічного колеса кулачки патрона можуть одночасно рухатись до центру чи від центра і таким

чином затискувати чи звільняти заготовку.

Заготовки великих діаметрів закріплюють в зворотних кулачках, в цьому випадку уступи кулачків утворюють надійний упор заготовці (рис 11.2)

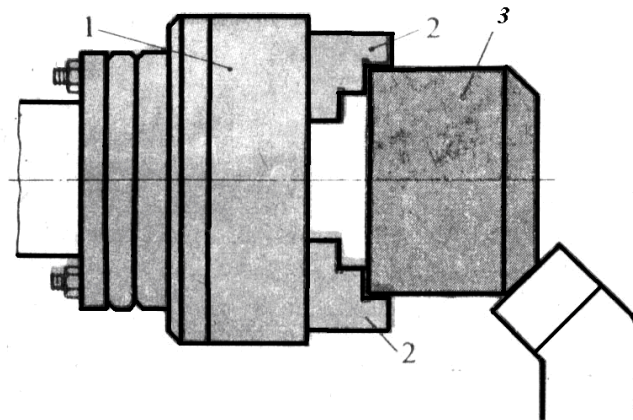


Рисунок 11.2 – Закріплення заготовки в зворотних кулачках патрона:  
1 – корпус патрона, 2 – кулачок, 3 – заготовка

Чотирьохкулачковий патрон має чотири затискних кулачки, які рухаються незалежно один від одного в пазах корпусу 1 (рис. 11.3). На кожному кулачку мається напівгайка, яка спряжена з гвинтом, розташованим в пазу. Для закріплення заготовки в патроні ключ 4 вводиться в гніздо гвинта 3.

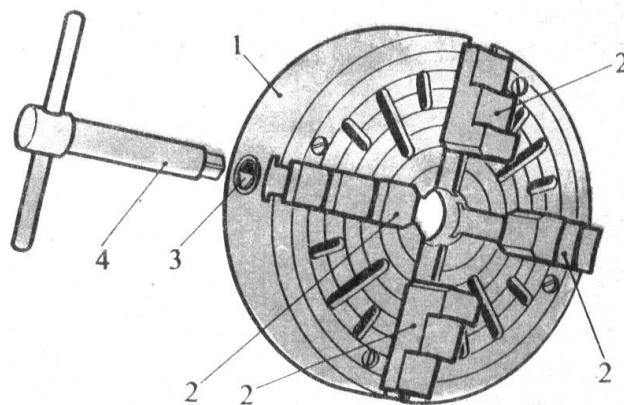


Рисунок 11.3 - Чотирьохкулачковий патрон

Заготовки діаметром до 60 мм. з попередньо обробленою поверхнею доцільно закріпляти в обтискному цанговому патроні (рис. 11.4). Цанга 4 – це тонкостінна загартована сталевна втулка з прорізями, яка стискаючись при накручуванні гайки 1 на різь циліндричної ділянки корпусу 3 патрона входить в конічну розточку корпусу.



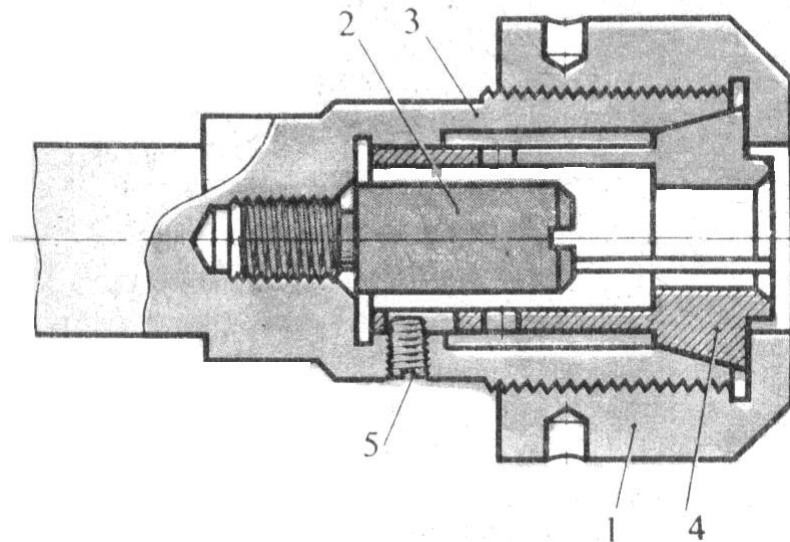


Рисунок 11.4 – Цанговий патрон: 1 – натискна гайка, 2 – регульований упор, 3 – корпус, 4 – цанга, 5 – гвинт

Для закріплення тонкостінних заготовок, коли звичайні кулачки можуть визвати прогин стінок, застосовують розрізну втулку (рис. 11.5).

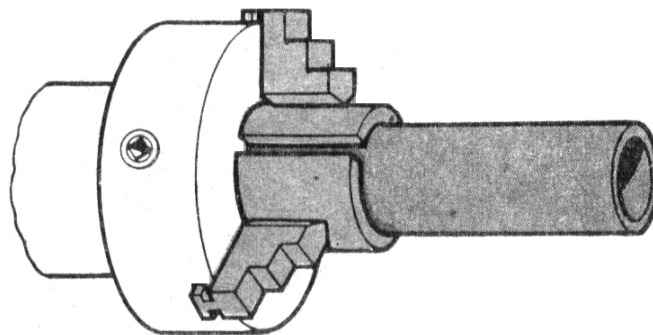


Рисунок 11.5 – Закріплення тонкостінних заготовок за допомогою розрізної втулки

Заготовки деталей типа валів, довжина яких перевищує діаметр в п'ять і більше разів, обробляють з установкою конічними поверхнями центрових отворів на центрах верстата (установка в центрах). В якості затискних пристосувань використовують: передній опорний центр, що закріплюється в шпинделі верстата, і задній опорний центр, що закріплюється в пінолі задньої бабки. Передній центр обертається разом із заготовкою, а задній центр нерухомий, тому між заготовкою і заднім центром виникає тертя.

Центрові отвори (рис. 11.6) бувають двох типів: а – без запобіжного конуса, б – із запобіжним конусом із кутром  $120^\circ$ .

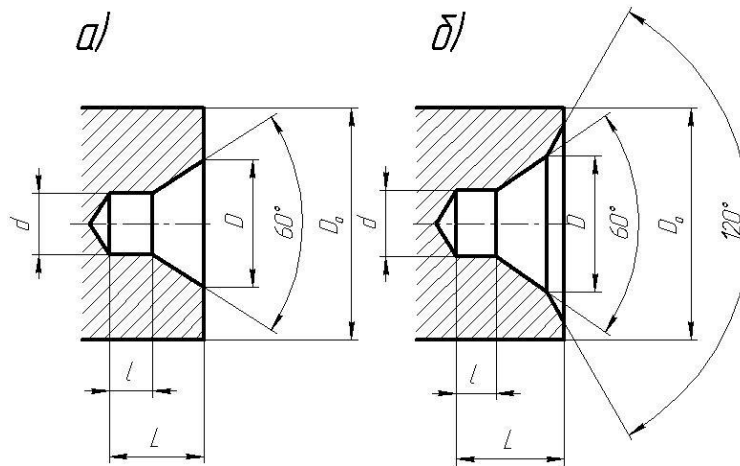


Рисунок 11.6 – Центрові отвори

Опорний центр (рис. 11.7) має робочий конус 1 з кутом  $60^{\circ}$  і хвостовик 2, виконаний по стандартному конусу Морзе. Жорсткий опорний центр застосовують при порівняно невеликій швидкості обертання.

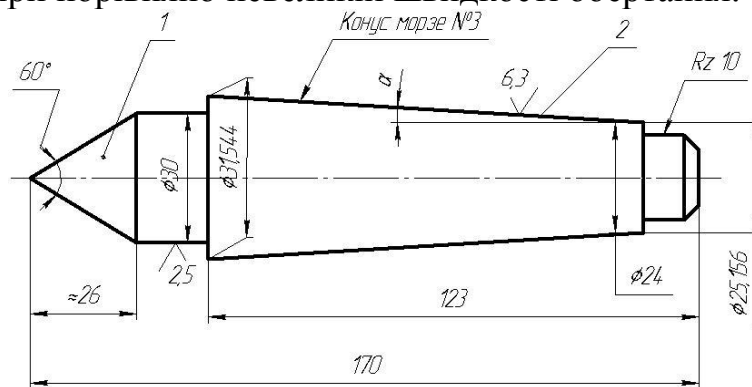


Рисунок 11.7 – Жорсткий опорний центр: 1 – робочий конус, 2 – хвостовик

При обробці на високих швидкостях різання для запобігання нагріванню деталі задній центр повинен обертатися (рис. 11.8). В такому центрі встановлений робочий шпиндель 2, який обертається на підшипниках.

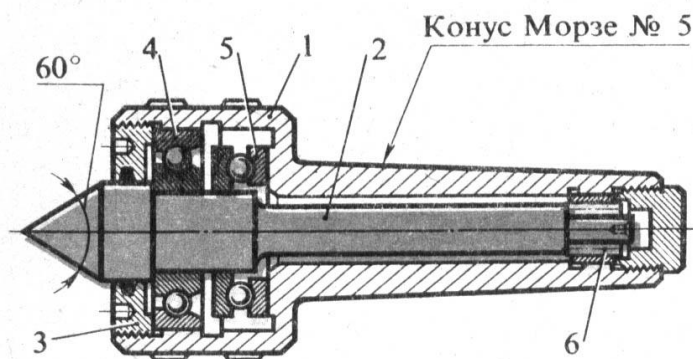


Рисунок 11.8 – Центр, що обертається: 1 – корпус із хвостовиком, 2 – центр, 3 – кришка, 4, 5, 6 – підшипники

Для передачі обертання від шпинделю до заготовки, що встановлена в центрах, застосовують різні повідкові пристрої. Найпростіший із них [4] токарний хомутик (рис.11.9). Планшайба 1, що закріплена на шпинделі верстата, має радіальний паз, в який входить відігнутий хвостовик хомутика 3. Обертаючись разом із шпинделем, планшайба 1 веде за собою хомутик, а разом з ним встановлену в центрах заготовку.

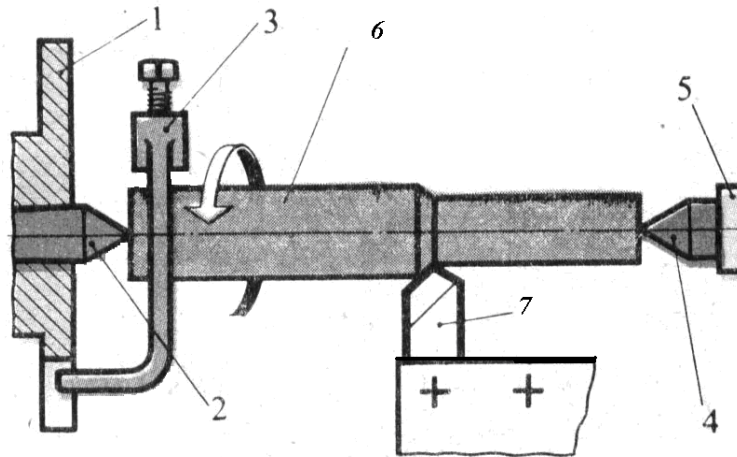


Рисунок 11.9 – Заготовка, що встановлена в центрах: 1 – планшайба, 2 – передній центр, 3 – хомутик, 4 – задній центр, 5 – піноль, 6 – заготовка, 7 - різець

### 11.2.2 Розточування циліндричних отворів

Отвори в заготовках, отримані за допомогою лиття, кування або свердління, часто розточують для збільшення діаметру, забезпечення більш високої точності розміру і шорсткості поверхні, хоч розточування і менш продуктивне ніж свердління.

Розточування є найбільш універсальним способом обробки отворів на токарному верстаті. Його проводять за допомогою розточувальних різців (рис. 11.10) або оправок (борштанг). Розточувальні різці бувають прохідні – для отворів, що обробляються наскрізь і упорні – для глухих отворів. Розточувальний різець закріплюють в різцетримачі паралельно осі заготовки.

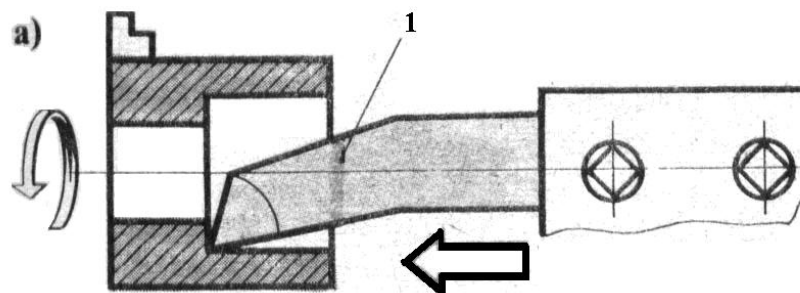


Рисунок 11.10 - Схема розточування отвору розточувальним упорним різцем 1

### 11.2.3 Обробка конічних поверхонь

Найбільш поширеними способами обробки конічних поверхонь є обробка при повернутих верхніх полозках супорту та при зміщеному корпусі задньої бабки.

Обробка конусів при повернутих верхніх полозках супорту (рис.11.11) проводиться за допомогою повороту плити верхньої частини супорту відносно поперечних полозків.

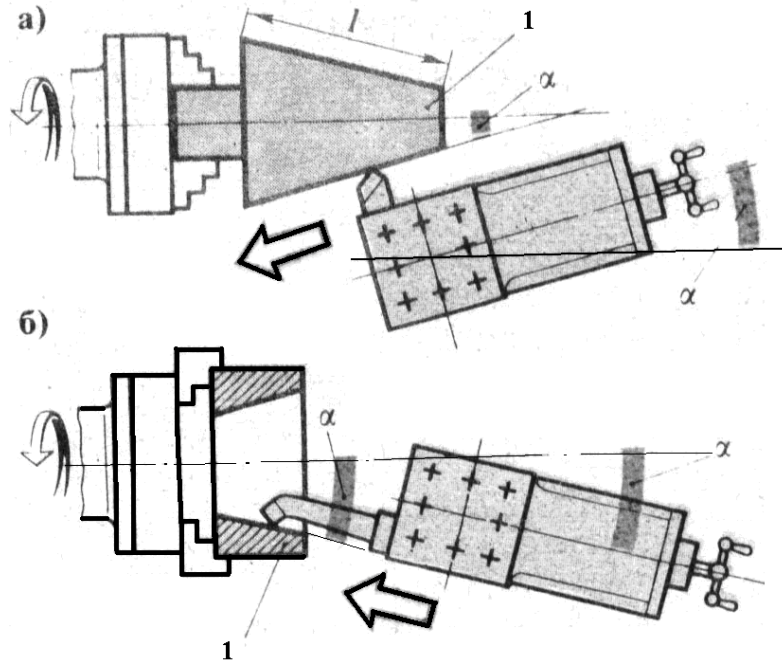


Рисунок 11.11 – Обробка конічних поверхонь при повернутих верхніх полозках супорта: а – обточування зовнішньої поверхні, б – розточування внутрішньої поверхні, 1 – заготовка

Довгі зовнішні конічні поверхні обробляються шляхом зміщення корпусу задньої бабки (рис 11.12).

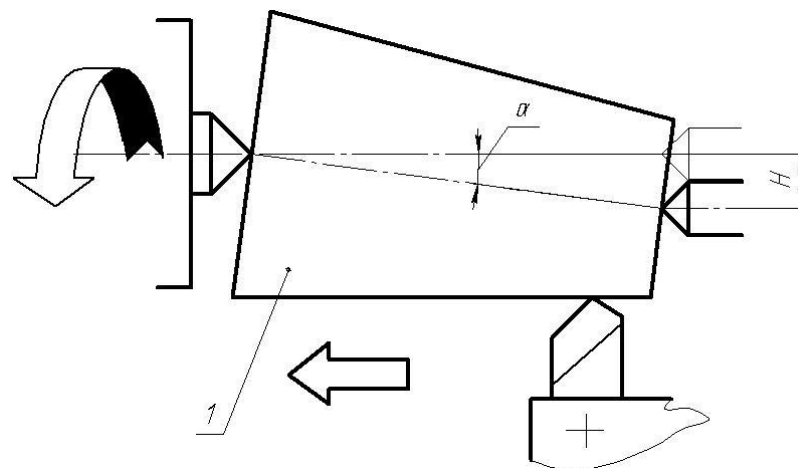


Рисунок 11.12 – Обробка зовнішніх конічних поверхонь способом зміщення задньої бабки: 1 – заготовка



Заготовку встановлюють в центрах. Корпус задньої бабки за допомогою гвинта зміщують в поперечному напрямі так, що ось заготовки зміщується відносно осі шпинделя. При включенні подачі каретки супорта різець, переміщаючись паралельно осі шпинделя, буде оброблювати конічну поверхню.

### **11.3 Хід виконання роботи**

1. Провести установку та закріплення заготовок на верстаті 16К20 за допомогою трьохкулачкового патрону із прямими та зворотними кулачками, за допомогою розрізної втулки та цангового патрону.

2. Провести закріплення та обробку вала в центрах. Зробити ескізи.

3. Провести розточування внутрішньої циліндричної поверхні розточувальним різцем. Зробити ескізи.

4. Провести обробку конічних поверхонь за допомогою повороту верхніх полозків супорта та способом зміщення задньої бабки. Зробити ескізи.

### **11.4 Контрольні запитання**

1. Охарактеризуйте основні способи установки і закріплення заготовок на токарних верстатах.

2. Яка побудова та принцип роботи трьохкулачкового самоцентрувального патрону?

3. Як проводиться обробка деталей в центрах?

4. Які способи обробки отворів на токарних верстатах ви знаєте?

5. Охарактеризуйте основні способи обробки конічних поверхонь деталей.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12

### КЛАСИФІКАЦІЯ І ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ФРЕЗ ТА РЕЖИМИ РІЗАННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ

#### 12.1 Мета роботи

Вивчити основні види фрез та їх параметри. Навчитись розраховувати та вибирати параметри режимів різання.


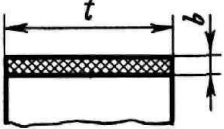
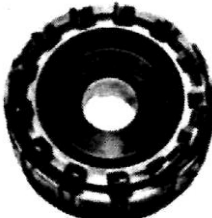
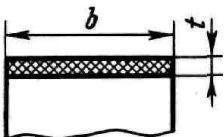
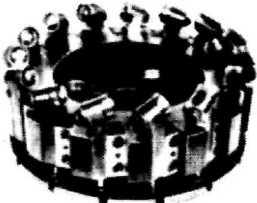


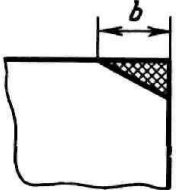


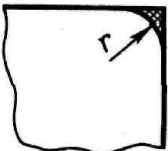



#### 12.2 Теоретичні відомості [5]

##### 12.2.1 Класифікація фрез

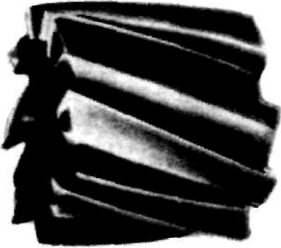
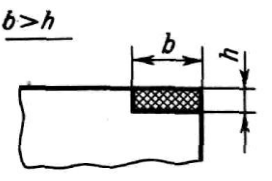

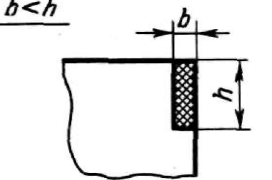

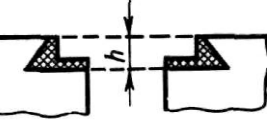

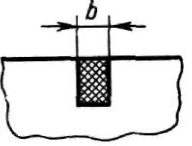

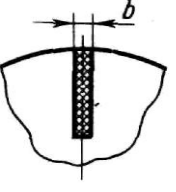

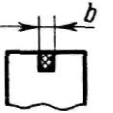

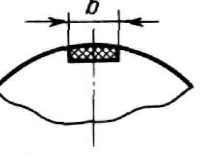

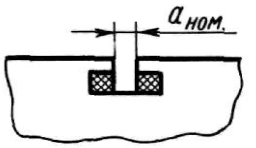
Фрезерування – один з найбільш розповсюджених високопродуктивних процесів обробки металів різанням. Висока продуктивність досягається тим, що в різанні приймає участь велика кількість різальних лез інструменту. Кінематика процесу різання відрізняється від кінематики процесів точіння та свердління. Фрези класифікують за рядом ознак:

1. За технологічними ознаками (див. табл. 12.1).
2. По напрямку зубів:
  - а) з прямими;
  - б) з зубами під кутом;
  - в) з гвинтовими;
  - г) з різнонаправленими.
3. По конструкції зуба:
  - а) з гострозаточеними;
  - б) з затилованими.
4. По внутрішньому устрою:
  - а) суцільні;
  - б) із вставними зубами;
  - в) збірні.
5. По способу кріплення:
  - а) фрези з отворами (насадні);
  - б) кінцеві (хвостові) з циліндричним або конічним хвостовиком.


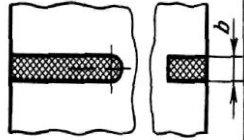

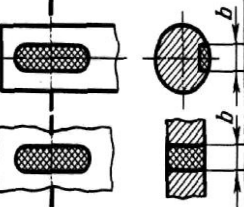
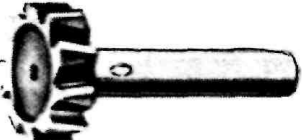
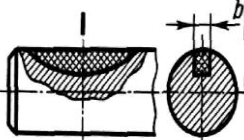

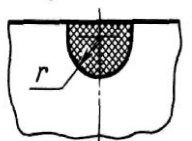

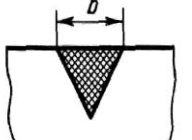

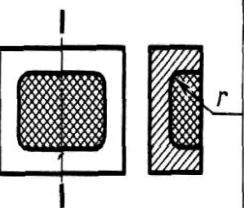

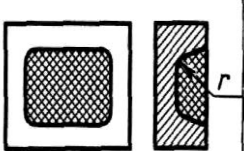




Таблиця 12.1 – Класифікація фрез за технологічним призначенням

П/П	Найменування фрез	Ескіз	Технологічне призначення	
			Для формоутворення	Ескіз
1	Торцеві прохідні з кутом $\varphi < 90^\circ$		Площин (граней)	
2	Фрези торцеві ступінчасті з непереточуваними пластинками.		Те саме	
3	Ротаційні		Те саме	
4	Циліндричні		Те саме	
5	Кутові (кінцеві) для зняття фасок		Плоских кромок (фасок)	
6	Однокутові дискові		Те саме	
7	Чвертькруглі ввігнуті, кінцеві		Заокруглених кромок	
8	Чвертькруглі ввігнуті дискові		Те саме	
9	Напівкруглі ввігнуті, дискові		Те саме	




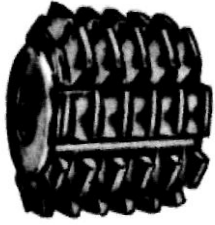




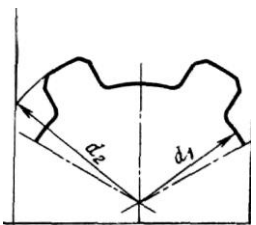

Продовження таблиці 12.1

П/П	Найменування фрез	Ескіз	Технологічне призначення	
			Для формоутворення	Ескіз
10	Торцеві упорні з кутом $\varphi < 90^{\circ}$		Прямокутних уступів (ступенів)	
11	Дискові двосторонні		Те саме	
12	Однокутові (для пазів)		Пазів типу «ластівчин хвіст»	
13	Трьохсторонні дискові		Прямокутних пазів різного призначення	
14	Трьохсторонні дискові вузькі		Прямокутних пазів в роторах двигунів	
15	Шліцові дискові		Нарізання шліців	
16	Пазові дискові		Пазів під клинові й призматичні шпонки	
17	Для Т – подібних пазів		Т – подібних пазів	

Продовження таблиці 12.1

П/П	Найменування фрез	Ескіз	Технологічне призначення	
			Для формоутворення	Ескіз
18	Кінцеві		Наскрізних та відкритих пазів	
19	Шпонкові, кінцеві		Закритих пазів та вікон	
20	Для пазів під сегментні шпонки		Пазів під сегментні шпонки	
21	Напівкруглі випуклі (дискові)		Канавок радіусних	
22	Двокутові симетричні (дискові)		Канавок призматичних	
23	Копіювальні з циліндричною робочою частиною та заокругленим торцем (Свердло-фреза)		Впадин (штампів, прес-форм, моделей) з відвісними стінками	
24	Копіювальні з конічною робочою частиною та заокругленим торцем (Свердло-фреза)		Впадин (штампів, прес-форм, моделей) з нахиленими стінками	
25	Копіювальні з конічною робочою частиною та заокругленими кутами		Попередньо маючих впадини, вікна	
26	Відрізні		Відрізання, розрізання	

Продовження таблиці 12.1

П/П	Найменування фрез	Ескіз	Технологічне призначення	
			Для формоутворення	Ескіз
27	Фасонні		Фасонних поверхонь незамкнутого профілю	
28	Дискові модульні		Зубчастих коліс (прямозубих та косозубих) методом ділення.	
29	Пальцеві модульні		Зубчастих коліс (прямозубих та косозубих, шевронних) методом обкатки	
30	Черв'ячні		Циліндричних прямозубих та косозубих, зубчастих коліс методом обкатки	
31	гребінчасті: а) Насадні		Коротких внутрішніх та зовнішніх різей	
	б) кінцеві			
	Пазові дискові		Те саме	
32	Шліцьові		Шліців на валах	
33	Гравірувальні		Гравірувальні роботи	

### 12.2.2 Параметри режимів різання при фрезеруванні:

1. Швидкість різання  $V = \frac{p \cdot D \cdot n}{1000}$ , м/хв

2. Подача  $S$  кінематично не зв'язана з обертанням шпинделя верстату. Розрізняють подачу на зуб; подачу на оберт; хвилинну подачу.

3. Глибина фрезерування - найкоротша відстань між оброблюваною та обробленою поверхнями. Для всіх типів фрез крім торцевих глибину фрезерування вимірюють в площині обертання фрези.

4. Ширину фрезерування вимірюють вздовж осі фрези (для всіх типів фрез крім торцевих). Ширина зрізаного шару відрізняється від ширини фрезерування.

5. Товщина зрізаного шару є величиною змінною, яка для загального випадку залежить від подачі, діаметра фрези і миттєвого значення глибини різання. Так, наприклад, її максимальне значення для циліндричних і торцевих фрез відповідно визначається

$$a_{\max} = S_Z \cdot \sin \varphi_1$$

де  $\varphi_1$  - кут контакту.

$$a_{\max} \approx S_Z$$

### 12.2.3 Знос, стійкість фрез

Фрези зношуються або по задній, або по передній і задній поверхнях. Чим менше товщина зрізу, тим більше зношується задня поверхня. Торцеві і дискові фрези зношуються і по передній і по задній поверхнях.

При чорновій обробці критерієм затуплення служить оптимальний знос фрези, при якому досягається максимальний термін її служби.

При чистовій або напівчистовій обробці приймаються технологічні критерії затуплення, тобто такий знос при якому не забезпечуються необхідна якість обробленої поверхні.

## 12.3 Хід виконання роботи

1. Ознайомитись з конструкцією виданих викладачем фрез.
2. Зробити ескізи виданих фрез.
3. Дати класифікацію виданим фрезам та визначити область застосування

## 12.4 Контрольні запитання

1. Як класифікують фрези за технологічними ознаками?
2. Як класифікують фрези по напрямку зубів, конструкції зуба та способу кріплення?
3. Які основні параметри процесу різання при фрезеруванні?
4. Які критерії зносу фрез ви знаєте?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №13

# ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОРГАНІВ УПРАВЛІННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО ТА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

### 13.1 Мета роботи

Вивчити конструкцію та органи управління горизонтально-фрезерного верстату 6P-82 та вертикально-фрезерного верстату 6P-12.

### 13.2 Теоретичні відомості

#### 13.2.1 Загальні відомості про горизонтально-фрезерні верстати [5]

В залежності від розташування шпинделя консольно-фрезерні верстати поділяються на горизонтальні та вертикальні.

Горизонтально-фрезерні верстати характеризуються горизонтальним розташуванням шпинделя і наявністю у верстата трьох взаємно перпендикулярних рухів — повздовжнього, поперечного і вертикального. Горизонтально-фрезерні верстати поділяються на два різновиди — прості й універсальні. В універсальних горизонтально-фрезерних верстатах робочий стіл крім вказаних переміщень може ще повертатися навколо вертикальної осі на кут до  $45^\circ$  у кожену сторону. Для установки столу на потрібний кут до осі шпинделя, між полозками і робочим столом мається поворотна частина, на периферії якої нанесені градусні розподіли.

На рис. 13.1 показаний загальний вид консольно-фрезерного верстату 6P-82 з позначенням складових частин верстата. Основними складовими частинами верстата є: станина 1, шафа для електроустаткування 2, коробка швидкостей 3, механізм переключення 4, хобот 5, стіл і полозки 6, консоль 7 і коробка подач 8.

Станина верстата служить для кріплення усіх вузлів і механізмів верстата. Хобот переміщується по верхніх напрямних станини і служить для підтримки за допомогою серги кінця фрезерної оправки з фрезою. Він може бути закріплений з різним вильотом. Сергу можна переміщувати по напрямних хобота і закріплювати гайками. Варто мати на увазі, що перестановка серг з одного верстата на іншій не допускається. Для збільшення жорсткості кріплення хобота застосовують підтримки, що зв'язують хобот з консоллю.

Консоль являє собою вилітку коробчатої форми з вертикальними і горизонтальними напрямними. Вертикальними напрямними вона з'єднана зі станиною і переміщається по них. По горизонтальних напрямних переміщуються полозки. Консоль закріплюється на напрямних спеціальними затисками і є базовим вузлом, що поєднує всі інші вузли ланцюга подач і



розподіляє рух на повздовжню, поперечну і вертикальну подачі. Консоль підтримується стійкою, в якій мається телескопічний гвинт для її підйому й опускання.

Стіл монтується на напрямних полозків і переміщається по них у повздовжньому напрямку. На столі закріплюють заготовки, затискні й інші пристосування. Для цієї мети робоча поверхня столу має повздовжні Т-подібні пази.

Полозки є проміжною ланкою між консолю і столом верстата. По верхнім напрямним полозків стіл переміщується в повздовжньому напрямку, а нижня частина полозків разом зі столом переміщується в поперечному напрямку по верхнім напрямним консолі.

Шпиндель фрезерного верстата служить для передачі обертання різальному інструменту від коробки швидкостей. Від точності обертання шпинделя, його твердості і вібростійкості значною мірою залежить точність обробки.

Коробка швидкостей призначена для передачі шпинделю верстата різних чисел обертів. Вона знаходиться усередині станини і нею керують за допомогою механізму переключення швидкостей, який дозволяє вибрати необхідну швидкість без послідовного проходження проміжних ступенів.

Коробка подач забезпечує одержання робочих подач і швидких переміщень столу, полозків і консолі.

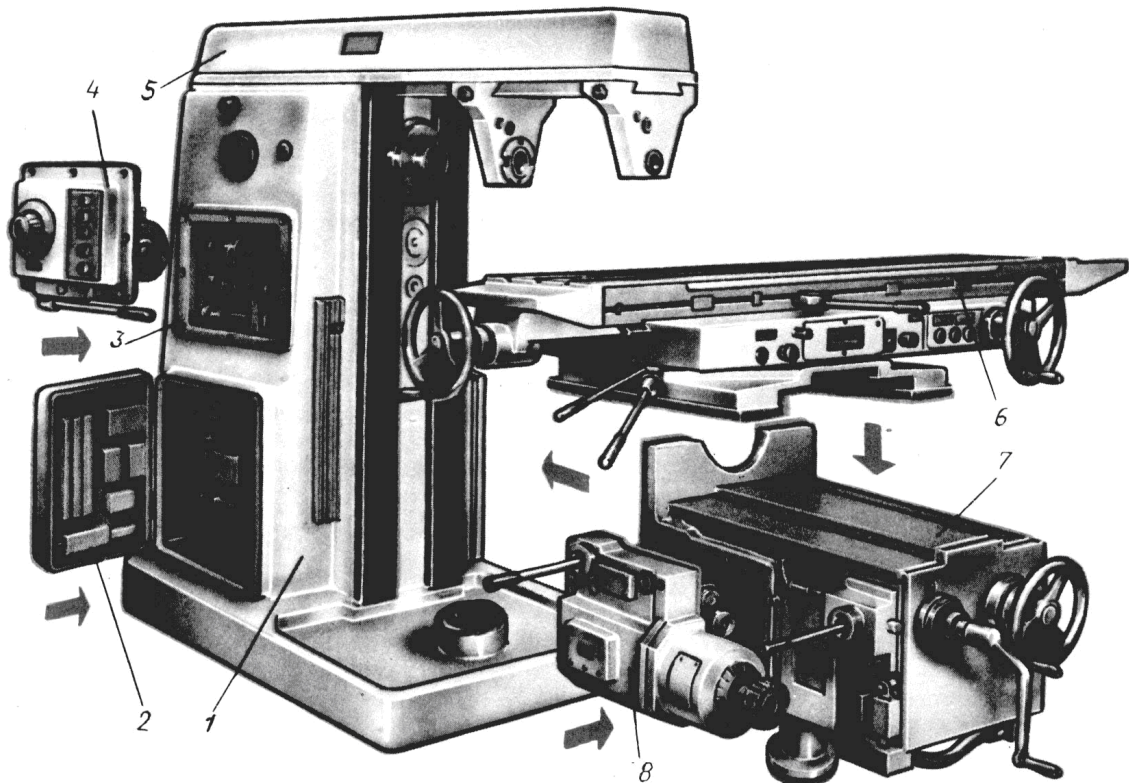


Рисунок 13.1 – Горизонтально-фрезерний верстат 6P-82

### 13.2.2 Загальні відомості про вертикально-фрезерні верстати

Вертикально-фрезерні верстати характеризуються вертикальним розташуванням шпинделя. Основними вузлами вертикальних консольно-фрезерних верстатів є: станина, поворотна головка, консоль, коробка швидкостей з робочим шпинделем, коробка переключення, коробка подач, електрообладнання, стіл і полозки. Призначення вузлів таке ж, як і в горизонтально-фрезерних верстатів. У вертикально-фрезерних верстатах немає хобота. Поворотна головка кріпиться до горловини станини і може повертатися у вертикальній площині на кут від 0 до 45° в обидва боки.

На рис.13.2 показано розміщення органів керування вертикально-консольно-фрезерного верстату 6Р12.

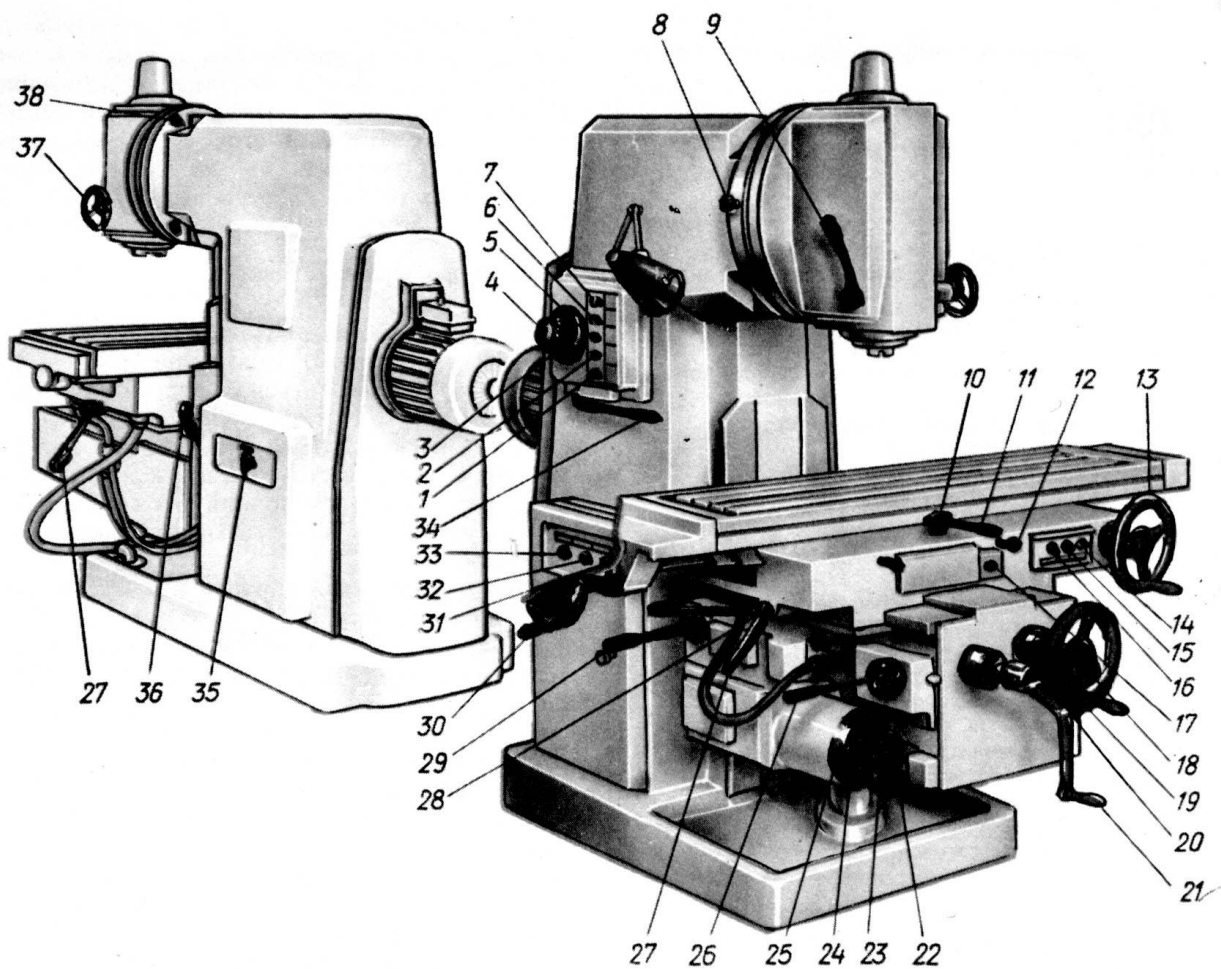


Рисунок 13.2 – Загальний вид і розміщення органів керування вертикально-фрезерного верстату 6Р-12

Таблиця 13.1 – Органи управління верстата 6P12

Номер позиції на рис.13.2	Органи керування
1	2
1	Кнопка “Стоп”
2	Кнопка “Пуск шпинделя”
3	Стрілка-показчик швидкостей шпинделя
4	Показчик швидкостей шпинделя
5	Кнопка “Швидко стіл”
6	Кнопка “Імпульс шпинделя”
7	Перемикач освітлення
8	Поворот головки
9	Затиск гільзи шпинделя
10	Зірочка механізму автоматичного циклу
11	Рукоятка включення повздовжніх переміщень столу
12	Затиск столу
13	Маховик ручного повздовжнього переміщення столу
14	Кнопка “Швидко стіл”
15	Кнопка “Пуск шпинделя”
16	Кнопка “Стоп”
17	Перемикач ручного чи автоматичного управління повздовжнім переміщенням столу
18	Маховик ручних поперечних переміщень столу
19	Лімб механізму поперечних переміщень столу
20	Кільце-ноніус
21	Рукоятка ручного вертикального переміщення столу
22	Кнопка фіксації грибка переключення подач
23	Грибок переключення подач
24	Показчик подач столу
25	Стрілка-показчик подач столу
26	Рукоятка включення поперечної і вертикальної подач столу

### Продовження таблиці 13.1

27	Затиск полозків на напрямних консолях
28	Рукоятка включення повздовжніх переміщень столу
29	Рукоятка включення поперечної вертикальної подачі столу
30	Маховик ручного повздовжнього переміщення столу
31	Перемикач напряму обертання шпинделю
32	Перемикач насоса охолодження
33	Перемикач вводу
34	Рукоятка перемикачів швидкостей шпинделю
35	Перемикач автоматичного чи ручного управління і роботи круглого столу
36	Затиск консоля на станині
37	Маховик висунення гільзи шпинделя
38	Затиск головки на станині

### 13.3 Хід виконання роботи

1. Вивчити основні вузли горизонтально-фрезерного верстату 6Р-82.
2. Вивчити основні вузли вертикально-фрезерного верстату 6Р-12.
3. Вивчити основні органи управління верстату 6Р-12.
4. Ознайомитись і записати в звіті основні техніко-економічні показники верстатів 6Р-82 та 6Р-12.
5. Зробити ескіз одного з двох верстатів з позначенням основних вузлів.

### 13.4 Контрольні запитання

1. Назвіть основні вузли, з яких складається горизонтально-фрезерний верстат 6Р-82 та їх призначення.
2. Назвіть основні вузли, з яких складається вертикально-фрезерний верстат 6Р-12 та їх призначення.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №14

### ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ НА ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТАХ

#### 14.1 Мета роботи

Ознайомитись із методами фрезерування, способами кріплення заготовок та інструменту, пристосуваннями, які використовуються для обробки деталей на фрезерних верстатах.

#### 14.2 Теоретичні відомості

##### 14.2.1 Зустрічне і попутне фрезерування

При фрезеруванні циліндричними і дисковими фрезами розрізняють зустрічне фрезерування (фрезерування проти подачі) і попутне фрезерування (фрезерування за подачею).

Зустрічним називається фрезерування, що здійснюється при протилежних напрямках руху фрези й оброблюваної заготовки в місці їхнього контакту (рис. 14.1, а, б).

Попутне фрезерування має місце при співпадаючих напрямках обертання фрези і руху оброблюваної заготовки в місці їхнього контакту (рис. 14.1, в, г).

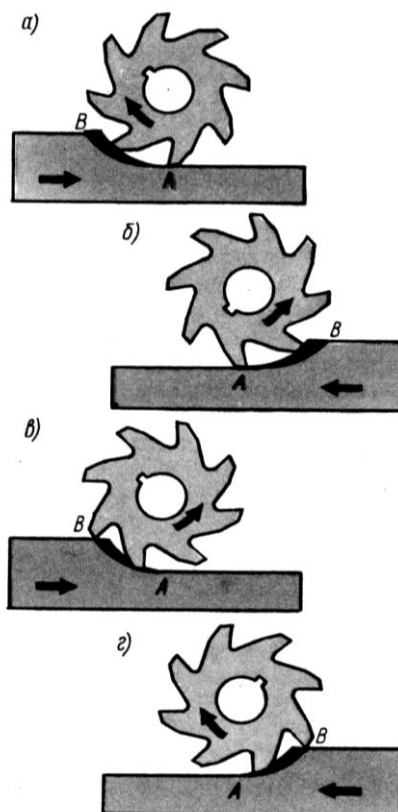


Рисунок 14.1 – Схеми фрезерування

При зустрічному фрезеруванні товщина зрізу змінюється від нуля при вході зуба в точці А до максимального значення при виході зуба з контакту з оброблюваною заготовкою в точці В. При попутному фрезеруванні товщина зрізу змінюється від максимальної величини в момент входу зуба в контакт з оброблюваною заготовкою в точці В до нуля при виході в точці А.

При зустрічному фрезеруванні процес різання відбувається спокійніше, тому що товщина зрізу наростає плавно, отже, навантаження на верстат зростають поступово. При попутному фрезеруванні в момент входу зуба в контакт з оброблюваною заготовкою відбувається удар, тому що саме в цей момент буде максимальна товщина зрізу. Тому з попутним фрезеруванням можна працювати на верстатах, що мають достатню жорсткість і вібробійність, і головним чином при відсутності зазору в сполученні ходовий гвинт — маткова гайка повздовжньої подачі столу.

Крім того, при попутному фрезеруванні заготовка притискається до столу, а стіл — до напрямних, що забезпечує кращу якість поверхні.

При попутному фрезеруванні значення кута нахилу головного різального леза буде позитивним, при зустрічному — негативним (незалежно від напрямку підйому гвинтової канавки).

За інших рівних умов стійкість фрези при попутному фрезеруванні вище, ніж при зустрічному, крім випадків роботи з твердою кіркою. Недоліком зустрічного фрезерування є також намагання фрези відірвати заготовку від поверхні столу.

#### **14.2.2 Пристосування для установки і закріплення заготовок**

Для установки і закріплення заготовок найбільш широке розповсюдження отримали прихоплювачи, кутові плити, призми, машинні тиски, ділильні столи та універсальні ділильні головки.

*Прихоплювачи* використовують для закріплення заготовок складної форми і великих габаритів безпосередньо на столі верстату. Вони бувають різних типів і форми, але всі мають овальні отвори для переміщення прихоплювачу відносно оброблюваної заготовки.

На рисунку 14.2 показано закріплення оброблюваної заготовки 5 на столі верстату плитковим прихоплювачом 2, який одним кінцем опирається на заготовку 5, а іншим на підкладку 1. Головка болта 4 заводиться в Т-подібний паз столу через отвір прихоплювачу. Закручуючи ключем гайку 3, притискають прихоплювач до заготовки і кріплять її.

В якості підкладок під прихоплювачи використовують ступінчасті підставки (рис. 14.2, б, в). Дуже зручним в роботі є регульований по висоті зігнутий універсальний прихоплювач 6 (рис. 14.2, г).

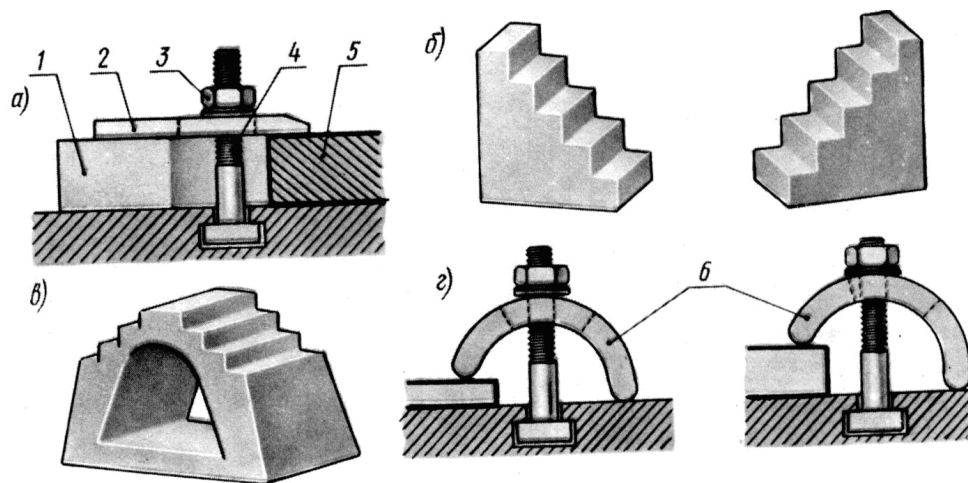


Рисунок 14.2 – Закріплення заготовки на столі верстата

*Кутові плити* застосовують для установки і закріплення заготовок [5], що мають дві площини, розташовані під кутом  $90^{\circ}$ .

На рисунку 14.3, а показана звичайна кутова плита, що має два ребра жорсткості 1 і дві полки, розташовані під кутом  $90^{\circ}$ .

На рисунку 14.3, б показана поворотна кутова плита, полку якої можна обертати навколо осі 1 після звільнення гайки і установлювати на потрібний кут по шкалі 2.

На рисунку 14.3, в показана універсальна кутова плита, що дає можливість повертати закріплену заготовку в двох площинах: горизонтальній – рукояткою 1 і вертикальній – поворотом колодки 4, що кріпиться болтами 5. Плита являє собою поворотний стіл з трьома Т-подібними пазами. Кут повороту відраховується по шкалі 2.

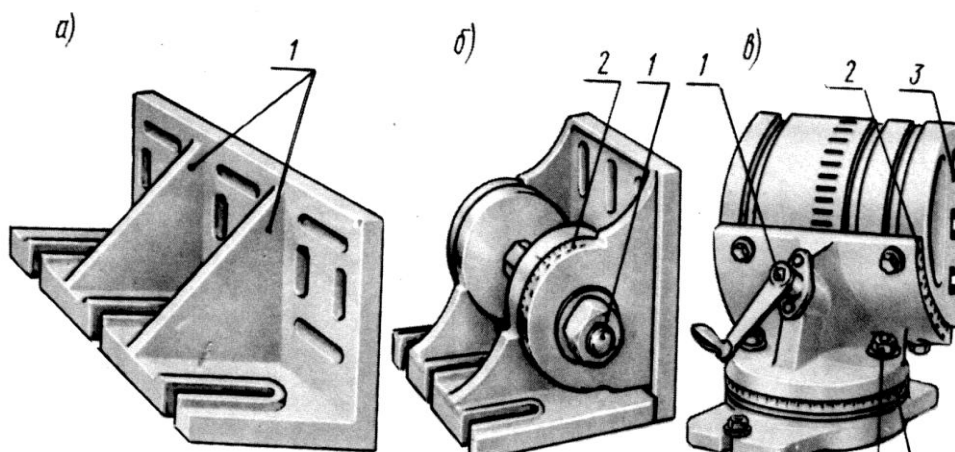


Рисунок 14.3 – Кутові плити

*Машинні тиски* по конструкції розділяють на прості, поворотні і універсальні. Поворотні тиски можуть повертатись в горизонтальній площині, а універсальні як в горизонтальній так і в вертикальній площині.

На рисунку 14.4 показані машинні тиски з ручним затиском і комплект змінних губок для них для закріплення деталей різної конфігурації.



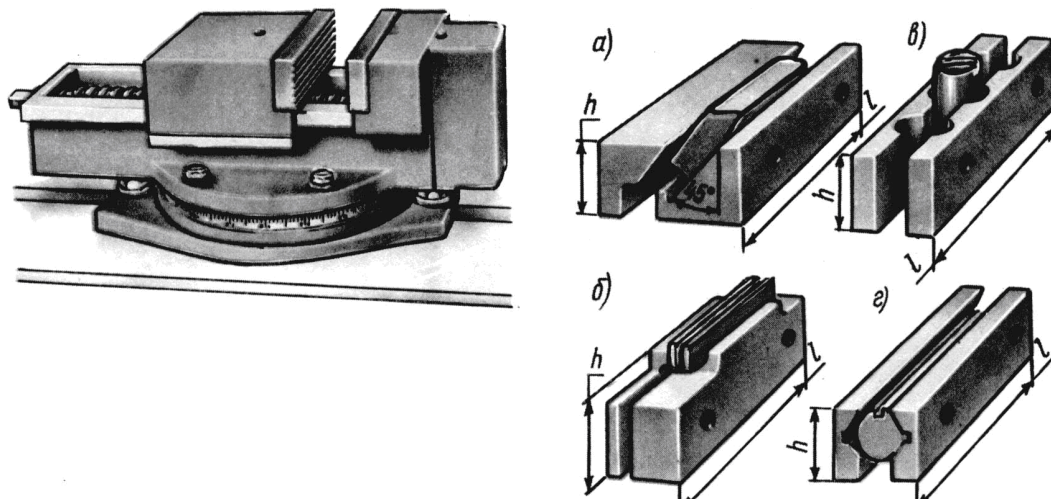


Рисунок 14.4 – Машинні тиски з комплектом змінних губок

Фасонні поверхні фрезерують на *круглому поворотному столі*, що є приналежністю вертикально-фрезерного верстата.

Круглі поворотні столи випускають з ручним приводом, з ручним і механічним приводом від верстату, і з приводом від індивідуального електродвигуна. Поворотні столи з ручним приводом нормалізовані, мають загальну конструкцію. Діаметри столу 160, 200, 250 і 320 мм. На рисунку 14.5 показаний загальний вигляд столу.

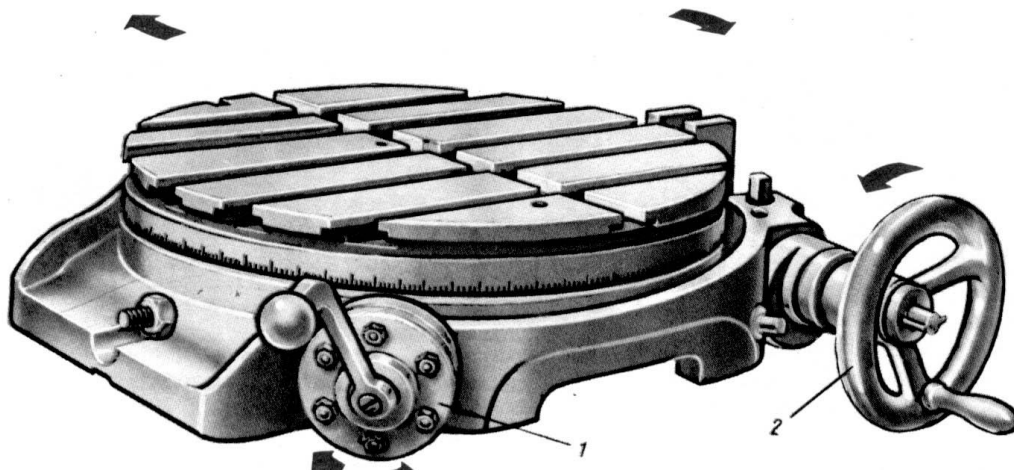


Рисунок 14.5 – Круглий поворотний стіл

Поворотний стіл складається з підставки (плити) і поворотної частини (планшайби). Плиту поворотного столу кріплять до столу верстата за допомогою болтів, що вставляються в Т-подібні пази столу. При обертанні рукоятки 1 через черв'ячну пару (передатне відношення черв'ячної пари 1:90) повертається поворотна частина столу. Після повороту планшайбу жорстко закріплюють на плиті рукояткою. Центральний конічний отвір з конусом Морзе № 3 або 4 на планшайбі служить для центрування поворотного столу, а Т-подібні пази — для закріплення пристосувань або заготовок. На бічній поверхні столу нанесені градусні розподіли для відліку столу на необхідний кут.



Ділильні головки є важливими пристосуваннями консольно-фрезерних верстатів, особливо універсальних, і значно розширюють технологічні можливості верстатів (рис.14.6). Їх використовують при виготовленні різних інструментів (фрез, розверток, зенкерів, мітчиків), стандартизованих деталей машин (головок болтів, граней гайок, корончатих гайок), при фрезеруванні зубчастих коліс, пазів і шліців на торцях (зубчастих муфт) і інших деталей.

Ділильні головки служать:

- 1) для установки осі оброблюваної заготовки під необхідним кутом щодо столу верстата;
- 2) для періодичного повороту заготовки навколо її осі на визначений кут (розподіл на рівні і нерівні частини);
- 3) для безперервного обертання заготовки при нарізуванні гвинтових канавок або гвинтових зубів зубчастих коліс.

Ділильні головки бувають:

1. Лімбаові з ділильними дисками:
  - а) безпосереднього розподілу;
  - б) простого розподілу;
  - в) напівуніверсальні;
  - г) універсальні.
2. Безлімбаові (без ділильного диска) із зубчастим планетарним механізмом і набором змінних зубчастих коліс.
3. Оптичні (для точних розподілів і контрольних операцій).

Звичайні ділильні головки виготовляють одношпindelними. Іноді застосовують багатошпindelні (двох- і тришпindelні) для одночасної обробки відповідно двох або трьох заготовок. Безлімбаові ділильні головки дозволяють робити процес розподілу за допомогою змінних зубчастих коліс. При цьому рукоятку ділильної головки повертають на один або кілька повних обертів. Однак конструкція і кінематична схема безлімбаових ділильних головок значно складніша, ніж лімбаових.

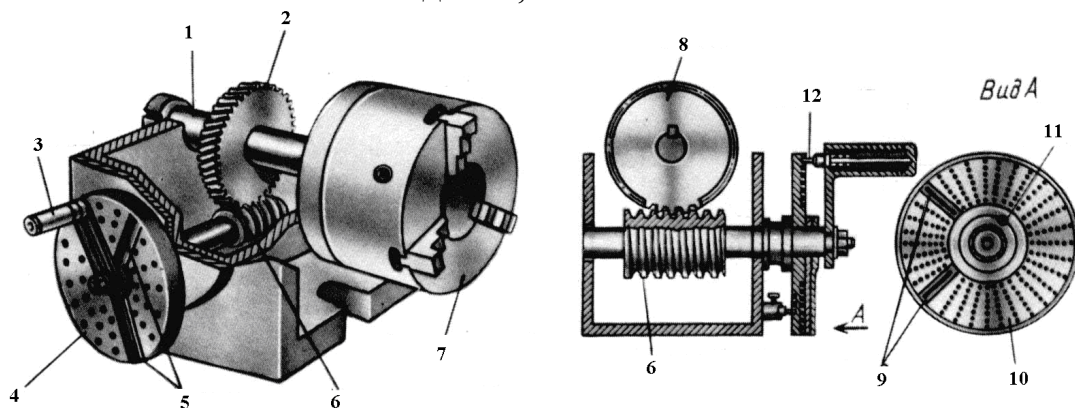


Рисунок 14.6 – Конструкція ділильної головки безпосереднього розподілу: 1 – шпindel ділильної головки, 2,8 – черв'ячне колесо ( $z=40$ ), 3 – рукоятка, 4,10 – ділильний диск, 5,9 – ножиці сектора, 6 – однозаходний черв'як, 7 – трьохкулачковий патрон, 11 – гвинт, 12 – фіксатор

### 14.2.3 Фрезерування площин циліндричними фрезами

Циліндричні фрези застосовують для обробки площин. Зубці циліндричної фрези розташовують по гвинтовій лінії з визначеним кутом нахилу гвинтової канавки.

Основними розмірами циліндричних фрез є довжина фрези  $l$ , діаметр фрези  $D$ , діаметр отвору  $d$ , число зубців  $z$ .

Циліндричні фрези виготовляють із дрібними та з крупними зубцями.

Циліндричні фрези виготовляють із швидкорізальної сталі, а також оснащують пластинками твердих сплавів. Виготовлення циліндричних фрез із вставними ножами (зубами) дозволяє більш ощадливо використовувати дорогий інструментальний матеріал.

По напрямку обертання фрези поділяють на право- і ліворізальні. Праворізальними називають такі фрези, що при роботі повинні обертатися по годинниковій стрілці, якщо на фрезу дивитися з боку заднього кінця шпинделя (або проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку підвіски-серги).

Ліворізальними фрезами називають такі фрези, що при роботі повинні обертатися проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку заднього кінця шпинделя (або по годинниковій стрілці, якщо дивитися з боку підвіски).

Циліндричні фрези в залежності від того, якою стороною вони встановлені на оправці, можуть бути використані як праворізальні так і як ліворізальні. Напрямок різання можна змінити, перевернувши фрезу на оправці. На рисунку 14.7 показано закріплення фрези на оправці.

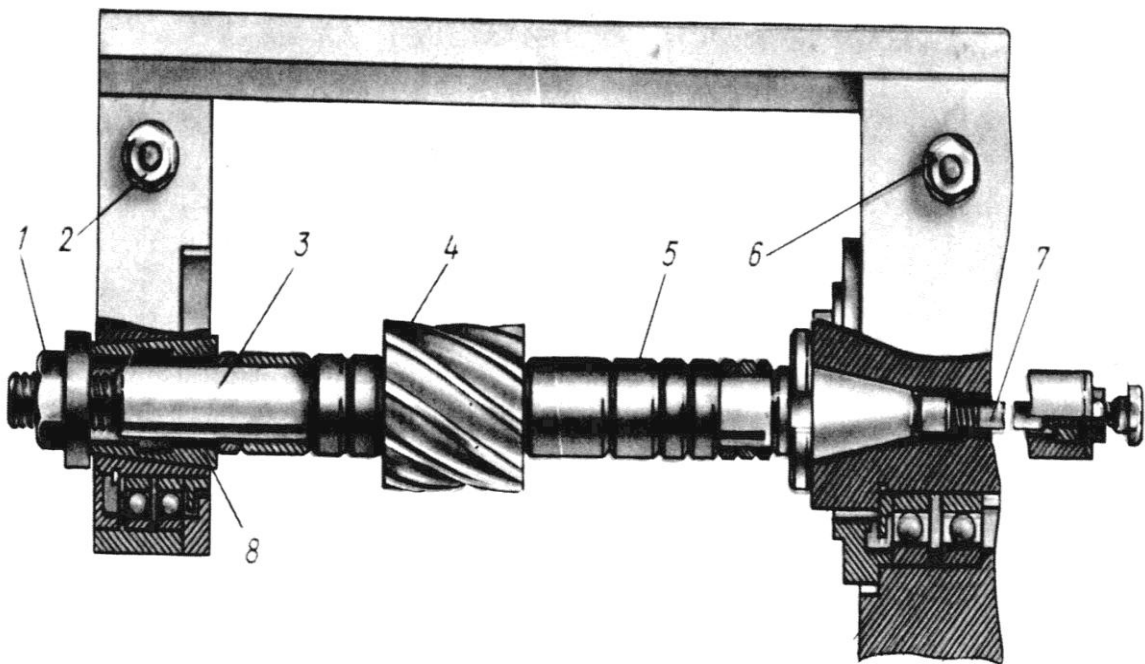


Рисунок 14.7 - Закріплення фрези на оправці

#### 14.2.4 Фрезерування площин торцевими фрезами

Торцеві фрези призначені для обробки площин на вертикально- і горизонтально-фрезерних верстатах. Торцеві фрези на відміну від циліндричних мають зубці, розташовані на периферійній ділянці торця та можуть мати дрібні, великі зубці або вставні ножі.

Основними розмірами торцевих фрез є: діаметр —  $D$ , діаметр отвору —  $d$ , довжина фрези —  $l$  і число зубців —  $z$ .

Торцеві фрези в порівнянні з циліндричними мають ряд переваг, головними з яких є менша зміна товщини зрізу по куту повороту фрези, жорстке кріплення на оправці або до шпинделю, більш плавна робота через велике число одночасно працюючих зубів та можливість використання у якості різальних елементів багатограничних пластин, які дозволяють значно збільшити швидкість різання, продуктивність обробки та виключити заточувальні операції. Крім того, торцеві фрези мають головне та допоміжне різальні леза, що розподіляє функції по ділянках леза та сприяє покращенню якості обробки. Тому обробку площин у більшості випадків доцільно проводити торцевими фрезами. На рисунку 14.8 показано закріплення торцевих фрез на вертикально-фрезерному верстаті.

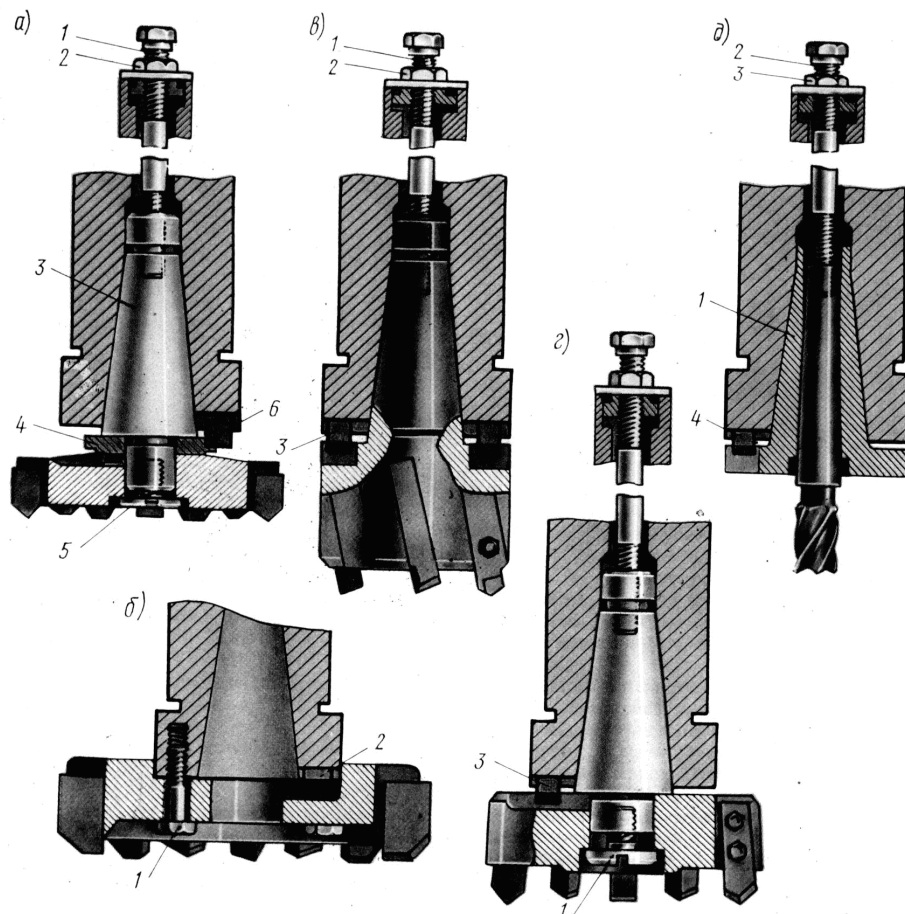


Рисунок 14.8 – Закріплення фрез при роботі торцевими фрезами на вертикально-фрезерному верстаті

Торцеві фрези, як і циліндричні, поділяються на праворізальні і ліворізальні. Праворізальними називають такі фрези, що при роботі повинні обертатися по годинниковій стрілці, а ліворізальні — проти годинникової стрілки, якщо дивитися на фрезу або фрезерну головку зверху (при роботі на вертикально-фрезерному верстаті).

Широке поширення одержали торцеві фрези, оснащені пластинками твердих сплавів. Фрезерування площин торцевими твердосплавними фрезами є більш продуктивним, чим фрезерування циліндричними фрезами.

Останнім часом велике поширення одержали торцеві фрези з непереточуваними твердосплавними пластинками, що дозволило збільшити ефективність обробки та підвищити стійкість інструмента.

При роботі на вертикально- та горизонтально-фрезерних верстатах торцевими фрезами налагодження принципово нічим не відрізняються від налагодження горизонтально-фрезерного верстата при роботі циліндричними фрезами.

### **14.3 Хід виконання роботи**

1. Вивчити способи кріплення заготовок за допомогою прихоплювачів та кутових плит.

2. Ознайомитись із устроєм машинних тисків, круглих поворотних столів, ділильних головок та із закріпленням в них заготовок.

3. Вибрати один із методів закріплення заготовок та закріпити заготовку на столі горизонтально-фрезерного верстату.

4. Закріпити інструмент на оправці горизонтально-фрезерного верстату.

5. Провести обробку деталі на горизонтально-фрезерному верстаті.

6. Зробити ескіз обробки.

7. Закріпити торцеву фрезу в шпинделі верстату.

8. Закріпити заготовку на столі вертикально-фрезерного верстату.

9. Провести обробку площин зустрічним та попутним фрезеруванням.

10. Зробити ескізи обробки зустрічного та попутного фрезерування.

### **14.4 Контрольні запитання**

1. Що таке зустрічне фрезерування? Основні характеристики. Приведіть схему зустрічного фрезерування.

2. Що таке попутне фрезерування? Основні характеристики. Приведіть схему попутного фрезерування.

3. Які основні способи закріплення заготовок ви знаєте?

4. З яких основних частин складаються машинні тиски?

5. З яких основних частин складаються поворотні столи?

6. Як поділяються ділильні головки? Назвіть їх основні частини.

7. Охарактеризуйте способи закріплення інструменту на горизонтально-фрезерних та вертикально-фрезерних верстатах.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №15

## АБРАЗИВНІ МАТЕРІАЛИ

### 15.1 Мета роботи

Вивчити класи абразивних матеріалів, зв'язку, структуру та властивості абразивних кругів

### 15.2 Теоретичні відомості

#### 15.2.1 Абразивні матеріали.

Одним із ефективних методів обробки поверхонь деталей являється абразивна обробка. Абразивна обробка єдиний можливий спосіб обробки сучасних інструментальних матеріалів – твердих сплавів, мінералокераміки, надтвердих матеріалів. Парк верстатів для абразивної обробки досягає 20% загального верстатного парку, а в підшипниковій і деяких інших галузях промисловості - 60% і більше. Розвитку абразивної обробки посприяло створення нових абразивних матеріалів і нових зв'язок, вдосконалення технології отримання абразивних матеріалів та інструментів із них, створення нових методів обробки.

Абразивні матеріали являються матеріалами підвищеної твердості, що застосовуються в масивному і подрібненому стані для механічної обробки.

Абразивні матеріали можуть бути як природного так і штучного походження.

#### 15.2.2 Природні матеріали

До природних матеріалів відносять природний алмаз, корунд, наждак, кварцовий пісок, гранат, кремій.

*Алмаз природний* складається із чистого вуглецю з невеликою кількістю домішок. В промисловості використовують технічний алмаз. Алмази характеризуються високою твердістю, теплопровідністю, високим модулем пружності, малими коефіцієнтами лінійного й об'ємного розширення, високою зносостійкістю. Разом з тим вони крихкі, анізотропні (міцність кристала в різних напрямках змінюється до 500 разів). При температурі більшій 700-800<sup>0</sup>С переходить в графіт. Позначається літерою А.

*Корунд* складається із модифікації Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Область застосування – для обробки металу і скла вільними зернами, в меншій мірі для виробництва шліфувальних кругів і брусків для хонінгування.

*Наждак* містить близько 10-30% корунду. Область застосування така ж, як і у корунду.

*Креміль* являється природним матеріалом, що містить кварц. Для абразивного виробництва використовують креміль, який містить не менше 92%  $\text{SiO}_2$ , не більше 2%  $\text{CaO}$  і не більше 4% глинистих матеріалів.

### 15.2.3 Штучні матеріали

*Алмаз синтетичний* – абразивний матеріал, який отримують із графіту при високому тиску і температурі. По фізичним властивостям ідентичний природному. Позначається: АС – алмаз синтетичний, АР – алмаз синтетичний полікристалічний

*Ельбор* – синтетичний матеріал на основі кубічного нітриду бора. Характеризується високою твердістю, теплостійкістю, зносостійкістю, високим модулем пружності, низьким коефіцієнтом лінійного розширення, хімічною стійкістю до кислот, лугів, інертністю до заліза. Позначається Л.

*Електрокорунд* – штучний корунд, який випускається у вигляді кількох різновидів.

1. Нормальний електрокорунд вміщує 93-95% корунду, решта домішки. Характеризується високою міцністю, в'язкістю. Завдяки цим властивостям використовується при обдирних операціях. Позначається 12А,...,16А. При збільшенні номера підгрупи різальні властивості покращуються.

2. Електрокорунд білий вміщує 98-99% корунду, решта домішки. Позначається 22А...25А. Забарвлення від білого до світло рожевого. Зерна мають більш високу зносостійкість. Використовується для чистового шліфування загартованих сталей.

3. Леговані електрокорунди.

Найбільш широко використовують титанові та хромові електрокорунди.

Електрокорунд титановий позначається: 37А. Одержують додаванням в шихту (до 2%) оксиду титану  $\text{TiO}_2$ , за рахунок чого покращуються різальні властивості електрокорунду.

Електрокорунд хромовий позначається: 32А...34А. Одержують додаванням в шихту перед плавкою до 0,3% оксиду хрому  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , в результаті чого при плавленні утворюється твердий розчин оксиду хрому в титані. Окрім цього хром присутній в зернах у вільному стані. Зерна мають рожеве та темно-вишневе забарвлення, вміщують велику кількість монокристалів і мають високу стабільність фізико-механічних властивостей, що покращує їх різальні властивості.

4. Монокорунд.

Позначається 43А...45А. Одержують додаванням в шихту перед плавкою сульфїду заліза. Зерна монокорунду мають форму правильних кристалів за рахунок чого покращується міцність та зносостійкість.

*Карбїд кремнію*. У якості початкової сировини використовують кварц та вугілля, які взаємодіють при високих температурах. В залежності від

кольору основної маси розрізняють зелений (63С) та чорний (53С...55С) карбід кремнію. Чорний більш міцний ніж карбід кремнію зелений. Використовують для шліфування чавунів, твердих сплавів.

*Карбід бору* має більш високу твердість ніж карбід кремнію. Проте, разом з тим карбід бору крихкий, а при високій температурі розкладається з виділенням графіту. Тому використання карбіду бору обмежується доводочними роботами. Позначається КБ.

#### 15.2.4 Зв'язка абразивних кругів

Сукупність розчинів, що використовуються для закріплення абразивних зерен в інструменті називається зв'язкою.

Зв'язки бувають:

- I) неорганічні(мінеральні);
- II) органічні(смоли, каучук);
- III) металеві.

Компонентами неорганічних зв'язок є скло, польовий шпат, цемент.

*Неорганічні зв'язки бувають:*

- 1) керамічні;
- 2) магнезійальні;
- 3) силікатні.

Керамічні зв'язки позначаються буквою К. В залежності від складу вони діляться на ті, що плавляться (на основі скла), та ті, що спікаються (на основі фарфору, глини). Абразивний інструмент на основі електрокорунду виготовляють із зв'язкою, що плавиться, а інструменти на основі карбіду кремнію – зі зв'язкою, що спікається.

В залежності від вмісту різних компонентів керамічні зв'язки виготовляють різних марок: К1...К8.

Шліфувальні круги із зернами електрокорунду зернистістю 50...16 виготовляють на зв'язці К8, а мілко зернисті шліфувальні круги зернистістю 12...4 – на зв'язці К7, круги, що містять зерна із білого електрокорунду – на зв'язці К1 і на боровміщуючій зв'язці К5, що дозволяє підвищити зносостійкість кромки і профілю круга.

Шліфувальні круги, що містять абразивні зерна із карбіду кремнію зернистістю 50...16 виготовляють на зв'язці К3, а дрібнозернисті круги зернистістю 12...4 – на зв'язці К2.

Керамічні зв'язки волого- і температуростійкі, проте досить крихкі і не допускають роботу з ударним навантаженням.

Магнезійальні зв'язки (виготовляються на основі магнезійального цементу, який твердіє на повітрі) та силікатні (на основі рідкого скла) використовуються порівняно рідко в кругах для обробки в'язких сталей. Обробка проводиться без використання охолоджувальних рідин.

*До органічних зв'язок* відносять: бакелітові, вулканітові та гліфталеві зв'язки. Основою органічних зв'язок є синтетичні смоли.

Бакелітові зв'язки надають кругам міцності та пластичності. Найбільше розповсюдження одержали бакелітові зв'язки на основі фенол-формальдегідної смоли: пильвербакеліт марок Б та В1, рідкий бакеліт марки В2 і спеціальний бакеліт марки В3. При нагріві до температури вище 200°C бакелітові зв'язки становляться крихкими і шліфувальні круги швидко зношуються. При тривалій дії температур порядку 250..300°C бакелітова зв'язка вигорає. На бакелітові зв'язки негативну дію проявляють лужні розчини, тому вода, що використовується для охолодження не повинна містити більше 1,5% соди. Обробка матеріалу проводиться при невеликих швидкостях. Шліфувальні круги на бакелітовій зв'язці стійкі до вологи та мастил, мають значно більшу ударну зв'язкість та міцність на стиск, ніж круги на керамічній зв'язці.

Основою вулканітових зв'язок є каучук, в який для здійснення процесу вулканізації додають сірку. Вулканітові зв'язки в залежності від вмісту компонентів виготовляють декількох марок – В1, В2 і В3. Теплостійкість каучуку низька (150..180°C), що обмежує режими шліфування і потребує використання рідин для охолодження. Разом з тим вулканітова зв'язка надає кругам більшої еластичності та можливість, вигинаючись витримувати бокові навантаження. Круги на вулканітовій зв'язці використовують для прорізних та відрізних робіт.

Гліфталеву зв'язку одержують на основі синтетичної смоли із гліцерину та фталевого ангідриду. Шліфувальні круги на гліфталевій зв'язці використовують при оздоблювальному шліфуванні загартованих сталей.

*Розрізняють два основних типи металевих зв'язок – порошкові та гальванічні.*

Порошкові металеві зв'язки одержують спіканням порошоків із мідних та алюмінієвих сплавів. Зв'язки на основі бронзи мають позначення М1. Зв'язки на основі алюмінієво-цинкових сплавів мають загальне позначення М5 і діляться на зв'язки ММ2, ММ13 і МВ1.

Гальванічні зв'язки виконуються на нікелевій основі методом гальванічного закріплення зерен на металевому корпусі.

Характерною рисою металевих зв'язок є висока міцність та незначна пористість. Зв'язка добре утримує абразивні зерна, що протидіє самозаточенню круга. Тому на металевій зв'язці виготовляють лише алмазні та ельборові круги, зерна яких характеризуються високою зносостійкістю.

Алмазні та ельборові круги на металевій зв'язці використовують для попереднього та чистового шліфування твердих і крихких матеріалів, а також для загострення поверхонь лез різальних інструментів.

### **15.2.5 Структура шліфувальних кругів**

Шліфувальні круги складаються із абразивних зерен, зв'язки та проміжків між абразивними зернами та зв'язкою. Розміри та щільність розподілення пор *по об'єму* круга має настільки важливе значення, що їх прийнято розглядати третьою складовою структурної будови круга. Від



відношення наведених вище структурних складових залежать різальні властивості круга.

В залежності від кількості абразивних зерен в об'ємі шліфувального круга інструмент поділяють на різні класи структур, або, більш точно, на структурні групи. Структура може бути щільною, середньою, відкритою і дуже відкритою. Чим вище номер групи, тим менший відсоток об'єму займають абразивні зерна (орієнтовно на 2%), але більший вміст пор і зв'язки.

*Щільна структура*, номери структурних груп з 0 до 3, має об'ємний відсоток абразивних зерен 56÷62%, пори малих розмірів, в яких може розміститися невелика кількість стружки. Тому застосування шліфувальних кругів зі щільною структурою обмежене оздоблювальними операціями.

Круги *середньої структури* мають позначення номера групи з 4 до 8, вміщують більш товстий шар зв'язки, який з'єднує зерна в єдиний моноліт. Розміщені між зернами (46-54% об'єму) та зв'язкою пори мають дещо більший розмір для розташування стружки.

Структурна група №4 має зерна великих розмірів, тому її використовують для попереднього шліфування. Структури №5-6 мають менші зерна і використовуються для чистової обробки, а шліфувальні круги зі структурою №7-8 використовують для обробки в'язких матеріалів та фінішного шліфування.

*Відкритій структурі* відповідають номери груп від 9 до 12. Між абразивними зернами (44-38% об'єму) та зв'язкою розміщені пори, в яких вільно розміщується стружка, яка зрізається за робочий цикл. Використовують такий інструмент для швидкісної обробки.

*Дуже відкрита структура* ( номери від 13 до 20). Часто пори між зернами (25-36% об'єму) заповнюють наповнювачами: вугілля, гіпс. Круги використовують для шліфування м'яких та в'язких матеріалів (неметалів, гуми, пластмас, дерева), де необхідне самозаточування круга.

В якості характеристики структури алмазних та ельборових кругів використовують концентрацію зерен. За 100% концентрації приймається така об'ємна кількість зерен алмазу чи ельбору, які займають  $\frac{1}{4}$  об'єму робочої поверхні круга, а решту займають зв'язка, наповнювачі, пори. Круги можуть виконуватися з концентрацією: 25; 50; 75; 100; 150; 200; 250%.

### **15.2.6 Властивості абразивних кругів**

Розміри зерен визначають зернистість абразивних кругів. Абразивні зерна *в залежності від розмірів* ділять на наступні групи:

- 1) шліфувальні зерна 2000-160 мкм.;
- 2) шліфувальні порошки 125-40 мкм.;
- 3) мікропорошки 63-14 мкм. та тонкі мікропорошки 10-3 мкм.

Всередині кожної групи поділ зерен по розмірам виконується по номерам зернистості.

Номери зернистості вказуються при позначенні абразивних кругів.

Абразивні зерна по розмірам класифікують 2 способами :

- 1) гідравлічним способом (рух зерен в ламінарному потоці);
- 2) просіюванням через сита ( використовується частіше ).

*Зернистість* позначається дробом, де чисельник відповідає найбільшому, а знаменник – найменшому розміру в мікрометрах зерен даної фракції. Контроль розмірів зерен після розділення їх за допомогою сит на фракції здійснюють за допомогою мікроскопу.

*Абразивна здатність* характеризується відношенням мас знятого матеріалу до використаного шліфувального круга при заданих умовах обробки. Абразивна здатність природних і штучних алмазів прийнята за одиницю. Решта абразивних матеріалів мають меншу абразивну здатність:

Ельбор .....	0,8
Карбід бора .....	0,71
Карбід кремнію .....	0,55
Монокорунд.....	0,22
Електрокорунд.....	0,15

*Твердість* абразивних зерен є необхідною умовою для проведення процесу різання. Оцінку твердості алмазних та абразивних зерен можна проводити двома способами:

- 1) нанесенням подряпин;
- 2) вдавненню алмазної піраміди.

Твердість шліфувальних кругів характеризує здатність інструмента протидіяти порушенню зв'язку між зернами та зв'язкою.

По твердості абразивні інструменти діляться на :

м'які	(M1,M2,M3);
середньо м'які	(CM1,CM2);
середні	(C1,C2);
середньо тверді	(CT1,CT2,CT3);
тверді	(T1,T2);
дуже тверді	(BT1,BT2);
надзвичайно тверді	(CT1,CT2).

Чим менша твердість абразивних інструментів, тим слабкіше зчеплення між зернами і зв'язкою і тим легше окремі зерна під дією зовнішніх сил можуть бути вирвані із різальної поверхні круга. По мірі зростання сил зчеплення між зернами і зв'язкою зростає і протидія руйнуванню під дією зовнішніх сил.

*Температуростійкість* впливає на різальну здатність абразивних кругів. Найбільш розповсюджені абразивні матеріали мають наступні значення термостійкості:

електрокорунд білий	1700-1800°С;
монокорунд .....	1700-1800°С;
карбід кремнію .....	1300-1400°С;
ельбор .....	1200-1500°С;
карбід бору.....	700-800°С

### **15.3 Хід виконання роботи**

1. Ознайомитись із класами абразивних матеріалів.
2. Ознайомитись із видами зв'язки абразивних кругів.
3. Ознайомитись із структурою шліфувальних кругів.
4. Вивчити основні властивості шліфувальних кругів.
5. Розшифрувати позначення заданих абразивних матеріалів.

### **15.4 Контрольні запитання**

1. Як поділяються абразивні матеріали за класами? Охарактеризуйте кожний клас.
2. Назвіть неорганічні зв'язки абразивних кругів та охарактеризуйте їх.
3. Назвіть органічні зв'язки абразивних кругів та охарактеризуйте їх.
4. Назвіть металеві зв'язки абразивних кругів та охарактеризуйте їх.
5. Як класифікують абразивні круги в залежності від структури?
6. Як поділяють абразивні зерна в залежності від розмірів?
7. Що таке абразивна здатність кругів?
8. Як поділяються абразивні круги по твердості?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №16

### ШЛІФУВАННЯ: РІЗНОВИД, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ТА ЙОГО ФОРМА

#### 16.1 Мета роботи

Вивчити різновид абразивного інструменту та основні методи абразивної обробки.

#### 16.2 Теоретичні відомості

##### 16.2.1 Різновид абразивного інструменту

Для абразивної обробки: заточування, шліфування, притирки, суперфінішування і т.д. служить абразивний інструмент. Він підрозділяється на інструмент на жорсткій основі (круги, головки, сегменти, бруски), інструмент на гнучкій основі (еластичні круги, шкурки, стрічки), пасти, абразивні зерна.

*Інструмент на жорсткій основі* характеризується видом абразивного матеріалу, його зернистістю, твердістю, структурою, зв'язкою, класом точності, формою та розмірами.

Кожний вид інструменту на жорсткій зв'язці являє собою тіло, утворене абразивними зернами, з'єднаними різними видами зв'язок. Абразивні зерна можуть вільно розташовуватись у всьому об'єму тіла, знаходитись тільки в робочому прошарку, можуть бути орієнтованими так, щоб забезпечити найбільш ефективний процес шліфування. Основні форми шліфувальних кругів показані на рисунку 16.1.

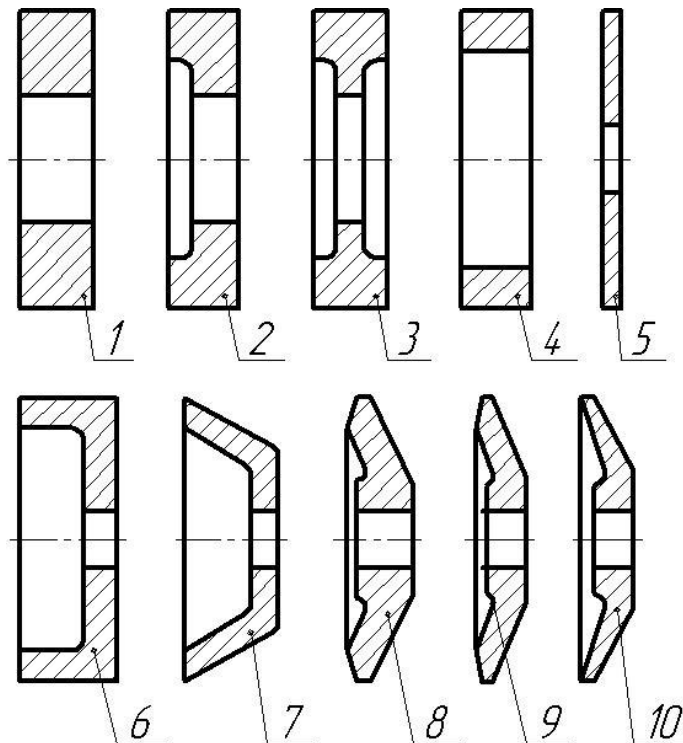


Рисунок 16.1 – Форми абразивних кругів:

- 1 – ПП – плоский прямий;
- 2 – ПВ – плоский з виточкою;
- 3 – ПВД – плоский з подвійною виточкою;
- 4 – К – кільцевий;
- 5 – Д – дисковий (для прорізних та відрізних робіт);
- 6 – ЧК – чашковий конічний;
- 7 – ЧЦ – чашковий циліндричний;
- 8...9 – 1Т...3Т – тарілчасті круги

### 16.2.2 Робоча поверхня абразивного круга. Правка кругів

На робочій поверхні круга зерна розташовані довільно. Деякі із зерен виступають, деякі навпаки знаходяться в глибині. При різанні іноді головні передні кути  $\gamma$  мають великі від'ємні значення, тому деякі із зерен розтріскуються при великих навантаженнях і при високих температурах ( $\approx 1000^\circ\text{C}$ ). При різанні м'яких, в'язких матеріалів забиваються пори та погіршуються різальні властивості. Говорять, що круги «засалюються». Круги під час різання також втрачають свою правильну геометричну форму.

Круги правлять з метою відновлення:

- ✓ геометричної форми круга;
- ✓ різальних властивостей робочої поверхні.

Різні круги зношуються по-різному. Круги М, СМ більше втрачають геометричну форму через здатність самозаточування.

Правка кругів значно впливає на шорсткість оброблених шліфуванням поверхонь. Правку кругів здійснюють:

*а) методом обточування* (рисунок 16.2, а) за допомогою алмазних олівців, голок, алмазів в оправі. Метод обточування застосовують для правки абразивних кругів, кругів із ельбору на бакелітовій і керамічній зв'язках,

алмазних кругів на керамічній зв'язці;

б) *методом обкатування* (рисунок 16.2, б, в). Застосовується для профілювання шліфувальних кругів з прямолінійною твірною із електрокорунду і карбиду кремнію;

в) *методом точіння* з тангенціальною подачею (рисунок 16.2, г). Правка аналогічна правці методом обточування але здійснюється брусками прямого чи фасонного профілю

г) *методом накатування* на робочу поверхню фасонного профілю (рисунок 16.2, д). Правка являє собою комбінацію пластичного деформування з подрібненням зерен та ущільненням поверхні

д) *вільним абразивом*. Середовищем правки є абразивний порошок, який подається в зазор між кругом і заготовкою

е) *електрохімічним способом* правлять круги з надтвердих матеріалів і алмазів на металевій зв'язці.

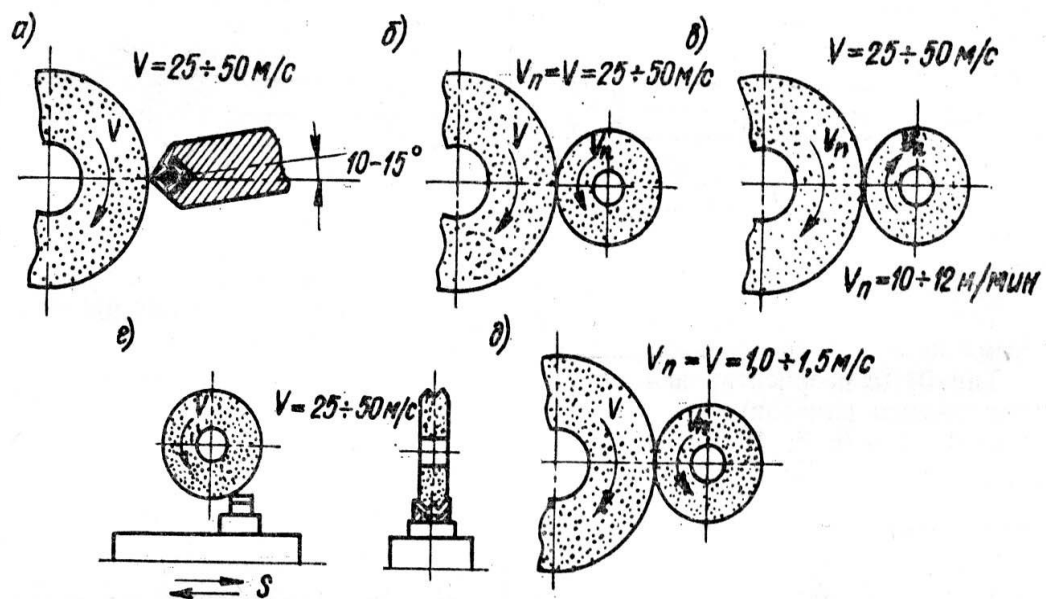


Рисунок 16.2 – Методи правки шліфувальних кругів

### 16.2.3 Особливості процесу абразивної обробки. Види абразивної обробки

Характерною особливістю абразивної обробки є участь у знятті матеріалу великої кількості абразивних зерен. В залежності від орієнтації відносно поверхні різання абразивні зерна мають різний нахил, геометрію та висоту над зв'язкою. Різальні здатності зерен, кріплення у зв'язці і вплив на процес обробки не однакові, що також негативно діє на процес обробки.

Ефективність абразивної обробки характеризується, крім того, напрямом переміщення інструменту відносно заготовки і заготовки відносно інструмента, застосовуваними способами активізації процесу відділення оброблюваного матеріалу.

До методів абразивної обробки відносять: шліфування, доводку (хонінгування, суперфінішування), обробку вільними абразивними зернами,

стрічкове шліфування, полірування, заточку і доводку.

Шліфування це технологічний процес обробки матеріалів, який дозволяє отримувати високоточні поверхні IT7, а іноді IT5. Шорсткість обробленої поверхні  $R_a 0,08..0,64$  мкм.

Існує декілька схем шліфування:

1) Кругле шліфування.

Воно в свою чергу ділиться на зовнішнє (рис.16.3, б) та внутрішнє (рис.16.3, в). При круглому шліфуванні повздовжню кругову подачу здійснюють за рахунок обертання заготовки. Осьовій подачі відповідає зворотно поступальний рух заготовки на відстань  $\frac{1}{3} \div \frac{1}{5}$  висоти круга за час її оберту для здійснення багато прохідної обробки.

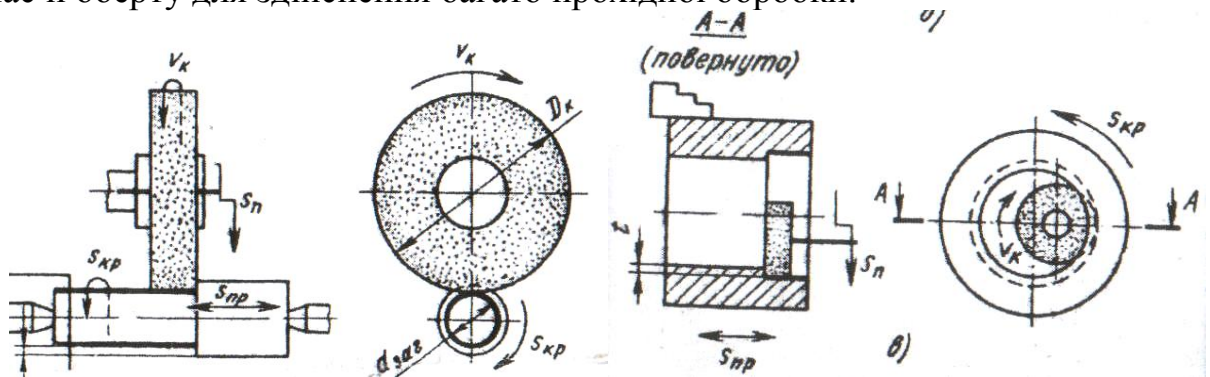


Рисунок 16.3 – Кругле шліфування

2) Безцентрове шліфування.

Шліфувальний 1 і рушійний 4 круги обертаються в одному напрямку, але з різними швидкостями. Тертя заготовки 3 з рушійним кругом 4 більше ніж зі шліфувальним 1 за рахунок скосу ножа 2. Внаслідок чого заготовка залучається до обертання зі швидкістю близькою до окружної швидкості рушійного круга та здійснює поступальний рух вздовж власної осі, який визначається кутом його нахилу.

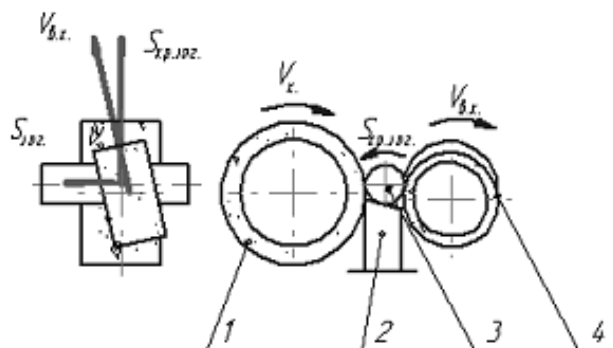


Рисунок 16.4 – Безцентрове шліфування

3) Плоске та торцеве шліфування.

При плоскому шліфуванні (рис. 16.5) зворотно поступальне переміщення заготовки – це рух подачі. Поперечна подача здійснюється за рахунок переміщення або круга або заготовки в напрямку осі обертання

круга. Періодично здійснюють вертикальну подачу на глибину різання.

При торцевому шліфуванні (рис.16.6) для підвищення продуктивності шліфування обробку виконують торцем круга, але торцеве шліфування не дозволяє оброблювати пази

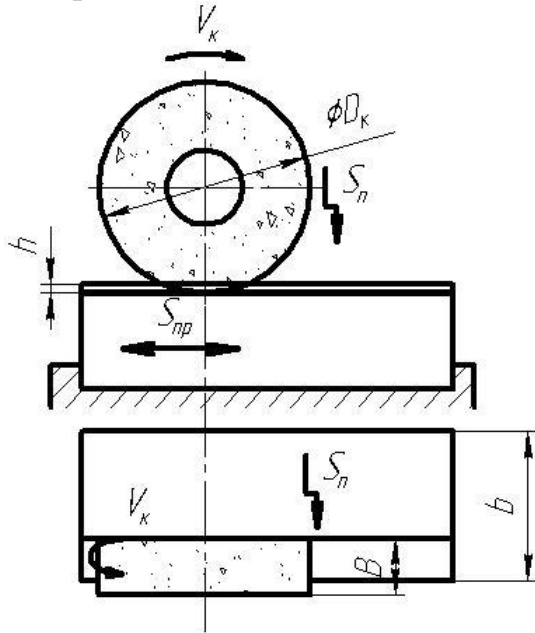


Рисунок 16.5 – Плоске шліфування

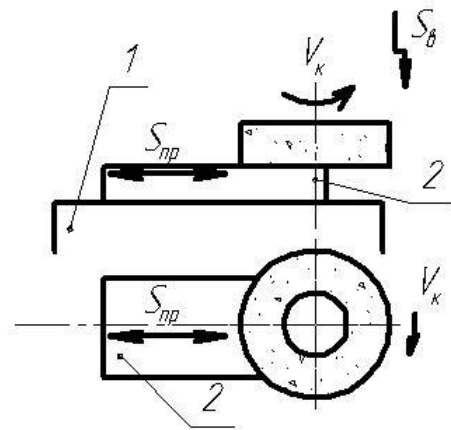


Рисунок 16.6 – Торцеве шліфування

### 16.3 Хід виконання роботи

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями.
2. Зробити ескізи запропонованих викладачем абразивних інструментів.
3. Розшифрувати позначення абразивних інструментів.

### 16.4 Контрольні запитання

1. Що таке абразивний інструмент?
2. Які форми абразивних кругів ви знаєте?
3. Що таке правка абразивних кругів? Для чого вона виконується?
4. Які методи правки шліфувальних кругів ви знаєте? Охарактеризуйте коротко кожний з них.
5. Які особливості абразивної обробки матеріалів?
6. Які існують методи абразивної обробки?
7. Охарактеризуйте основні методи шліфування.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №17

### ШЛІФУВАННЯ ЗІ СХРЕЩЕНИМИ ОСЯМИ ЗАГОТОВКИ ТА ІНСТРУМЕНТУ

#### 17.1 Мета роботи

Ознайомити студентів з одним із перспективних напрямків наукової роботи кафедри по підвищенню продуктивності та точності шліфування

#### 17.2 Теоретичні відомості

В сучасній продукції машинобудування для виконання службового призначення широко застосовуються деталі з високоточними циліндричними, торцевими, сферичними, торовими, гвинтовими, криволінійними поверхнями, кінцева якість яких визначається фінішними операціями. Тому трудомісткість операцій, що здійснюються на шліфувальних, оздоблювальних і інших верстатах, оснащених абразивним інструментом, постійно зростає в загальному об'ємі трудомісткості обробки.

Ефективним засобом збільшення продуктивності і точності шліфування різних поверхонь являється розробка способів і технологій обробки зі стабілізацією площі поверхні контакту і формоутворюючої ділянки круга, оптимізація його профілювання і управління кутами схрещення осей інструменту і деталі по координаті обробки.

Ефект схрещення осей інструменту і деталі має місце при багатьох способах шліфування.

При шліфуванні криволінійних, гвинтових, торових, сферичних, циліндричних, торцевих поверхонь кут схрещення осей деталі і круга являється параметром, від якого залежить продуктивність і якість шліфування, так як він визначає розподіл припуску по координаті обробки, величину врізання інструменту, теплонапруженість процесу шліфування, розташування, форму і стійкість формоутворюючої ділянки круга.

В інших випадках, наприклад, при врізному шліфуванні циліндричних і ступінчастих поверхонь валів на круглошліфувальних, безцентрових і торцекруглошліфувальних верстатах кут схрещення осей деталі і інструменту визначає точність обробки і з його збільшенням точність формоутворення зменшується.

Тому для першої групи способів шліфування необхідно визначити оптимальні кути схрещення осей деталі і інструменту, що забезпечують продуктивність обробки. Для другої групи способів необхідно визначити максимально допустимі кути схрещення осей, при яких забезпечується отримання потрібної точності формоутворення поверхонь.

Широке впровадження операцій шліфування на верстатах з ЧПК гальмується низькою стійкістю профілю абразивного інструменту, особливо при шліфуванні великогабаритних криволінійних поверхонь.

Таким чином, оптимізація кутів схрещення осей деталі і інструменту являються великим резервом інтенсифікації процесу шліфування, який дозволяє значно підвищити продуктивність і точність обробки, стійкість абразивного круга і забезпечити потрібну якість оброблюваних поверхонь.

Проведемо дослідження процесу шліфування зі схрещеними осями деталі та інструменту на двосторонньому торцешліфувальному верстаті 3342АДО. Верстат призначений для одночасного шліфування двох торців деталі. Клас точності верстату „А”.

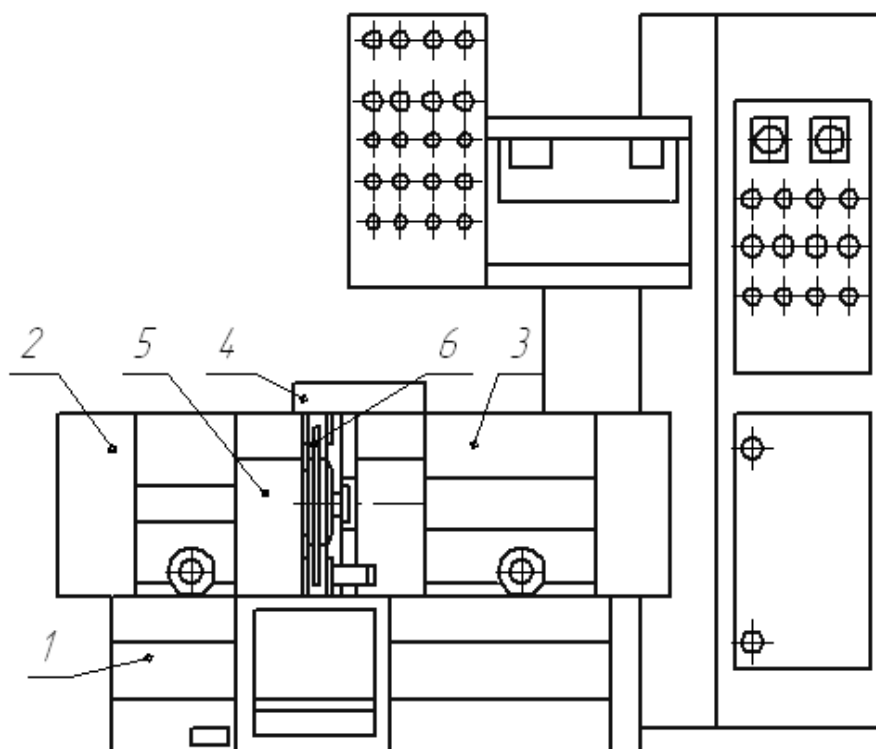


Рис. 17.1 – Загальний вид двостороннього торцешліфувального верстату 3342 АДО

На блоці станини 1 встановлені два блоки шліфувальних бабок 2 і 3 (права і ліва), в яких змонтована піноль шпинделя шліфувального круга і механізм подачі пінолі. На верстаті передбачений механізм розвороту шліфувальних бабок навколо горизонтальної і вертикальної осей, за допомогою якого реалізують шліфування зі схрещеними осями інструменту і деталі.

Між шліфувальними бабками монтується центральна частина, що включає огороження шліфувальних кругів 4 і блок подачі виробів 5, подача яких в зону шліфування відбувається за допомогою диска 6, встановленого на фланці редуктора механізму подачі.

На корпусі шліфувальної бабки монтується пристрій для правки шліфувальних кругів. Рух одного із важелів правки відбувається від

електродвигуна, момент на інший важіль передається через гнучку муфту. На важелях правки встановлені утримувачі алмазів. Пристрій правки має можливість повороту відносно шліфувальної бабки в горизонтальній і вертикальній площинах.

Шліфування торців відбувається кругами на керамічній або бакелітовій зв'язках.

*Основні технічні характеристики верстату.*

Відстань від нижньої площини станини до осі шліфувальних кругів, мм	900
Форма шліфувальних кругів	36
Розміри шліфувальних кругів, мм	450*63*305
Найбільша відстань між новими кругами, мм	44
Частота обертання шпинделя верстата, хв <sup>-1</sup>	1200
Швидкість подачі шліфувальних кругів:	
прискорене переміщення, мм/хв	60
робоче переміщення, мкм/с	15
Швидкість шліфування, м/с	35
Швидкість подачі виробів, м/хв	1,43 – 12,93
Ціна поділки лімба подачі шліфувальних кругів, мм	0,002
Найбільше переміщення пінолі шпинделя, мм.	70
Найбільше переміщення шліфувальних бабок, мм.	190
Найбільший поворот шліфувальних бабок на діаметрі 450 мм. в горизонтальній і вертикальній площинах, мм.	0,5
Габаритні розміри верстату, мм.:	
довжина	2560
ширина	1760
висота	1980

Обчислювальні експерименти на ЕВМ геометричної похибки  $\Delta$  з використанням математичної моделі, яка описує формоутворення торців, показали, що при шліфуванні торців циліндричних деталей дисковим кругом, торець якого перпендикулярний осі його обертання і кутах орієнтації круга в вертикальній і горизонтальній площинах  $\varphi = \psi = 0$ ,  $\Delta = 0$ . У цьому випадку весь припуск знімається периферією круга, що обмежує швидкість кругової подачі і знижує продуктивність обробки. Зі збільшенням кутів  $\varphi$  і  $\psi$  припуск розподіляється між периферією і торцем круга, продуктивність і геометрична похибка збільшуються.

Так як орієнтація плоского торця шліфувального круга відносно напрямку подачі деталі розподіляє припуск, що знімається, по поверхні контакту, але знижує точність формоутворення, то при шліфуванні торців точних деталей чи при знятті великих припусків процес обробки необхідно розбивати на кілька переходів, обмежуючи кути орієнтації  $\varphi$  і  $\psi$  із умови отримання потрібної точності, що знижує продуктивність обробки.

Для реалізації однопрохідного глибинного шліфування торців із

отриманням потрібної точності формоутворення запропоновано профілювання орієнтованого шліфувального круга (придання потрібної геометричної форми), яке забезпечує зняття чорнового припуску периферійною фасонною ділянкою круга. Фасонна правка дає можливість завантажити чорнову ділянку торця круга, максимально використовуючи його ріжучу здатність.

На рисунку 17.2 наведені дані досліджень торцевого биття  $\Delta$  в залежності від кутів орієнтації  $\varphi$  і  $\psi$ , та припуску, що знімається  $\delta$ .

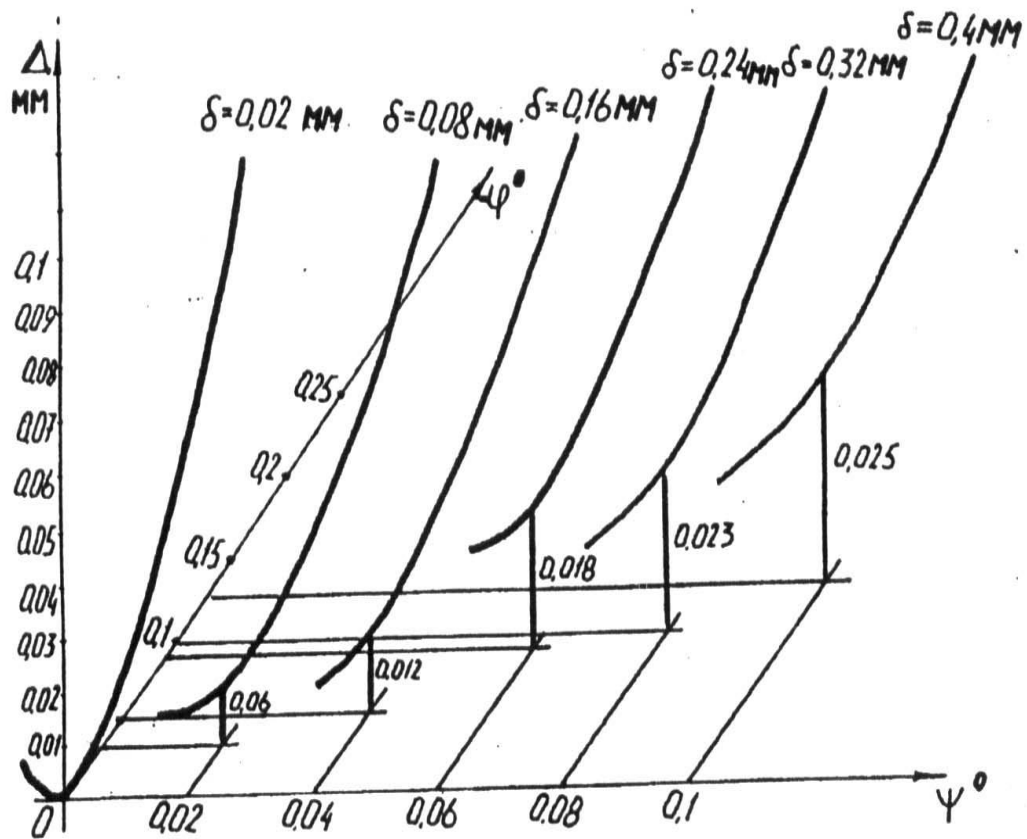


Рис. 17.2 – Торцеве биття  $\Delta$  в залежності від кутів орієнтації  $\varphi$  і  $\psi$  орієнтованого круга

Для здійснення запропонованого способу розроблений абразивний круг, що складається із поруч розташованих кільцевих ділянок, які можуть мати однакову чи різну твердість і абразивну здатність.

На рисунку 17.3 показано розворот шліфувальних кругів на кут  $\psi$  відносно горизонтальної осі та на кут  $\varphi$  відносно вертикальної осі.

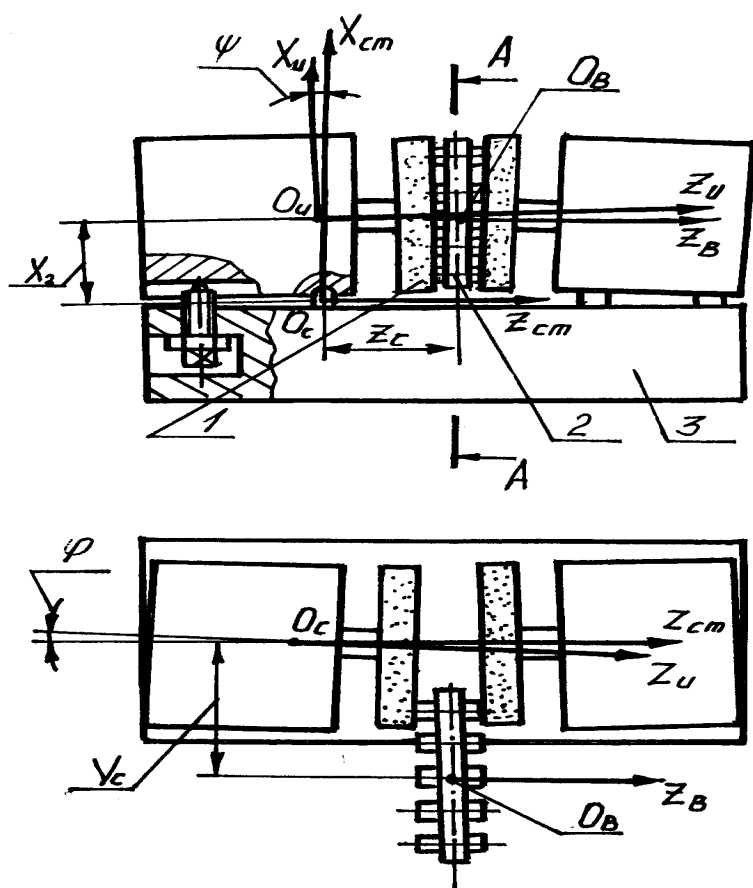


Рис. 17.3 –Схема розвороту кругів в вертикальній і горизонтальній площині

Позицією 1 позначено шліфувальні круги, 2 – диск подачі заготовок в зону обробки, 3 – станина верстату.

Розворот здійснюють за допомогою інструментальної лінійки і індикатора годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. рис. 17.4, 17.5.

На рис 17.4 приведена схема налагодження верстату для розвороту кругів відносно вертикальної площини на кут  $\varphi$ .

Індикатор годинникового типу 1 закріплюється на планшайбі 4 шліфувального круга 3. Інструментальна лінійка 2 закріплюється на фланці редуктора механізму подачі заготовок 5 і виставляється горизонтально.

Розворот кругів здійснюється за допомогою спеціального механізму розвороту. Різниця показань індикатора в початковому положенні і при повороті круга на  $180^0$  і являється величиною розвороту на кут  $\varphi$  відносно вертикальної площини.

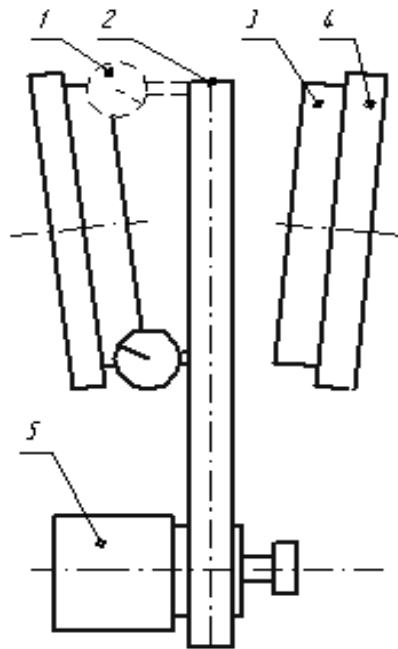


Рисунок 17.4 – Схема налагодження верстату для розвороту кругів відносно вертикальної площини на кут  $\varphi$ .

На рис. 17.5 наведена схема налагодження верстату для розвороту кругів відносно горизонтальної площини на кут  $\psi$ .

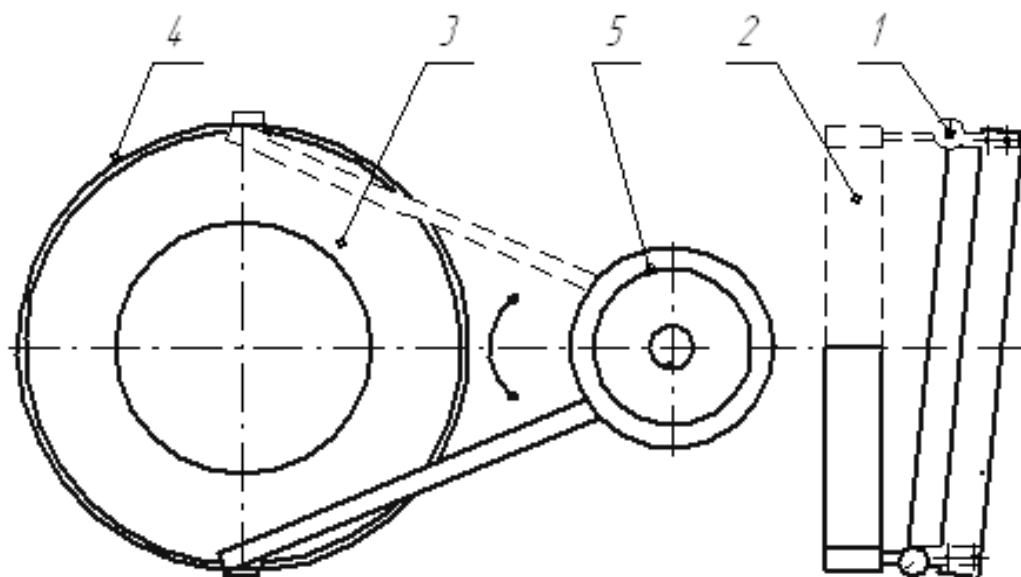


Рис. 17.5 - Схема налагодження верстата для розвороту кругів відносно горизонтальної площини на кут  $\psi$ .

При налагодженні верстату для розвороту кругів відносно горизонтальної площини на кут  $\psi$  інструментальна лінійка послідовно встановлюється в крайній нижній точці круга, а потім в крайній верхній точці. Різниця показань індикатора в нижній і верхній точці і є значення розвороту круга на його діаметрі.

### **17.3 Порядок виконання роботи**

1. Використовуючи інструментальну лінійку та індикатор годинникового типу розвернути круги в вертикальній та горизонтальній площинах, вибираючи значення кутів в залежності від припуску, що знімається, по рис. 17.2.

2. Провести обробку партії деталей на двосторонньому торцешліфувальному верстаті зі схрещеними осями заготовки та інструменту.

3. Виміряти точність оброблених деталей.

4. Провести обробку партії деталей при паралельних осях деталі та інструменту.

5. Виміряти точність оброблених деталей та зробити порівняння

### **17.4 Контрольні запитання**

1. Які шляхи підвищення точності та продуктивності шліфування ви знаєте?

2. В чому полягає сутність методу шліфування зі схрещеними осями заготовки та інструменту?

## Література

- 1). Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы. – Л.: Машиностроение. 1987. – 363 с.
- 2). Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга 1 (частини 1, 2, 3). Навчальний посібник для ВНЗ. – Львів: 2000. – 264 с.
- 3). Технологія конструкційних матеріалів: Підручник/ М.А. Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І. Некроз та ін.; За ред. М.А.Сологуба. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Вища школа, 2002.- 374с.
- 4). В.А. Слепин. Руководство по обучению токарей по металлу. – М.: Высшая школа, 1987. – 199 с.
- 5). С.М. Френкель. Справочник молодого фрезеровщика. – М. Высшая школа, 1978. – 240 с.
- 6). Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. Пуша В.Э. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с., ил.
- 7). Трофимов А.М. Металлорежущие станки: Учебное пособие для техникумов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. - 78 с., ил.
- 8). Металлорежущие станки (альбом общих видов, кинематических схем и узлов). Кучер А.М., Киватицкий М.М., Покровский А.А. – М.: Машиностроение, 1972. – 308 с., ил.
- 9). Пуш В.Э. Конструирование металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
- 10). Детали и механизмы металлорежущих станков. Под ред. Решетова Д.Н. – М.: Машиностроение, 1972, т.1. – 663 с.
- 11). Детали и механизмы металлорежущих станков. Под ред. Решетова Д.Н. – М.: Машиностроение, 1972, т.2. – 464 с.
- 12). Типинкичиев В.К. и др. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1972. – 464 с.
- 13). Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. - К.: Вища школа, 1986. - 656 с.
- 14). Инструменты из сверх твердых материалов. Под ред. Новикова Н.В. Киев, 2001, 258 с
- 15). Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. та ін. Металорізальні інструмента, Частина 1, Київ,1992, 226 с.
- 16). Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. та ін. Металорізальні інструменти, Частина 2 , Київ,1993, 178 с.
- 17). Альбом загальних видів, кінематичних схем та вузлів металорізальних верстатів. Частина 1. Для студентів за професійним спрямуванням 0902. Для спеціальностей 6.090200 / Укл. Кальченко В.І., Пасов Г.В. – Чернігів: ЧТІ, 1999. – 47 с.
- 18). Альбом загальних видів, кінематичних схем та вузлів металорізальних верстатів. Частина 2. Для студентів за професійним



спрямуванням 0902. Для спеціальностей 6.090200 / Укл. Кальченко В.І., Пасов Г.В. – Чернігів: ЧТІ, 1999. – 60 с.

19). Альбом загальних видів, кінематичних схем, вузлів металорізальних верстатів, верстатних модулів та автоматичних ліній. Для студентів за напрямом підготовки 0902 “Інженерна механіка” усіх форм навчання / Укл.: Пасов Г.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2002. – 42 с.

20). Металлорежущие станки и автоматы. Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1981. – 479 с.

21). Голофтеев С. А. Лабораторный практикум по курсу “Металлорежущие станки”: Учебное пособие для техникумов – М.: Высш. шк., 1991. – 240 с., ил.

22). Справочник инструментальщика - конструктора. /В.И. Климов, А.С. Лернер, М.Д. Пекарский и др. - М.: Машгиз, 1958. - 608 с.

23). Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справочник / Н.П. Винников, А.И. Грабченко, Э.И. Гриценко и др. - К.: Техніка, 1988 - 118 с.

24). Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник /Под. ред. А.Н. Резникова. - М.: Машиностроение, 1977. - 391 с.

25). Лурье А.И. Размерная настройка инструмента. Москва, 1983, 148 с.

26). Организационно-техническое проектирование ГПС. Под.ред. С.П.. Митрофанова. 1991, - 454 с.

27). Справочник инструментальщика/ И.А.Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н.Шевченко и др.; Под. общ. ред. И.А.Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987.-846с.

## ЗМІСТ

Введення	3
Лабораторна робота №1. Класифікація металорізального обладнання та система позначення металорізальних верстатів	5
Лабораторна робота №2. Конструкційні матеріали та їх обробка різанням.	14
Лабораторна робота №3. Інструментальні матеріали	23
Лабораторна робота №4. Засоби вимірювання лінійних та кутових розмірів	33
Лабораторна робота №5. Основи механіки верстатів	40
Лабораторна робота №6. Основні конструктивні елементи та геометричні параметри токарного прохідного різця, визначення основних кутів різальної частини	52
Лабораторна робота №7. Різеві з'єднання деталей, обробка та контроль нарізей	59
Лабораторна робота №8. Свердління й обробка отворів	69
Лабораторна робота №9. Вивчення типів різців	78
Лабораторна робота №10. Вивчення конструкції та органів управління токарно-гвинторізного верстата 16К20	84
Лабораторна робота №11. Обробка зовнішніх та внутрішніх циліндричних та конічних поверхонь на токарних верстатах	89
Лабораторна робота №12. Класифікація та основні параметри фрез, режими різання при фрезеруванні	98
Лабораторна робота №13. Вивчення конструкції та органів управління горизонтально-та-вертикальнофрезерних верстатів	102
Лабораторна робота №14. Обробка деталей на фрезерних верстатах	107
Лабораторна робота №15. Абразивні матеріали	115
Лабораторна робота №16. Шліфування: різновид, різальний інструмент та його форма	122
Лабораторна робота №17. Шліфування зі схрещеними осями заготовки та інструменту	127
Список літератури	130