

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

## **ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ**

### **Методичні вказівки**

до виконання лабораторних робіт для студентів за напрямом підготовки  
6.070106 – «Автомобільний транспорт» спеціальності 7.07010601 - «Автомобілі  
та автомобільне господарство»

Затверджено на засіданні кафедри  
«Автомобільного транспорту та  
галузевого машинобудування»  
Протокол № 8 от 19.04.2017 р.

**Чернігів ЧНТУ 2017**

Основи технології виробництва і ремонту автомобілів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.070106 спеціальності 7.07010601 – «Автомобілі та автомобільне господарство» / Укл.: Веремей Г. О. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – 47 с.

Укладач: Веремей Геннадій Олександрович,  
кандидат технічних наук, доцент кафедри  
«Автомобільного транспорту та галузевого  
машинобудування»

Відповідальний за випуск: Кальченко Віталій Іванович, завідувач кафедри  
«Автомобільного транспорту та галузевого  
машинобудування»,  
доктор технічних наук, професор

Рецензент: Венжега Володимир Іванович,  
кандидат технічних наук, доцент кафедри  
«Автомобільного транспорту та галузевого  
машинобудування» Чернігівського  
національного технологічного університету

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
Лабораторна робота №1. Механічна обробка в автомобільній промисловості...	5
Лабораторна робота №2. Поверхні складальної одиниці та її деталей.....	9
Лабораторна робота №3. Базування деталей та заготовок.....	12
Лабораторна робота №4. Технологічний процес та його структура.....	22
Лабораторна робота №5. Токарна металообробка та технологічне устаткування .....	32
Лабораторна робота №6. Фрезерний метод обробки і технологічне оснащення.....	36
Рекомендована література.....	47

## Вступ

Курс «Основи технології виробництва і ремонту автомобілів» є нормативною навчальною дисципліною, складеною відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів напряму «Автомобільний транспорт».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є технології виробництва і ремонту автомобілів.

Метою навчальної дисципліни «Основи технології виробництва і ремонту автомобілів» є засвоєння бакалаврами основ розробки технологічних процесів механічної обробки деталей і складання машин, а також ремонту автомобілів.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Основи технології виробництва і ремонту автомобілів» є: ознайомлення із структурою автомобільного виробництва як галуззю машинобудування; вивчення основ досягнення якості виготовлення машин; вивчення основ і принципів побудови технологічного процесу виготовлення машин; практичне ознайомлення з процесами механічної обробки та технологічним оснащенням.

«Основи технології виробництва і ремонту автомобілів» є базовим курсом для вивчення таких дисциплін, як «Технічна експлуатація автомобілів», «Основи технічної діагностики автомобілів», а також при виконанні випускної бакалаврської роботи. «Основи технології виробництва і ремонту автомобілів» базується на таких дисциплінах, як «Основи конструкції автомобілів», «Нарисна геометрія», «Технічне креслення та інженерна графіка», «Теоретична механіка», «Автомобілі», «Автомобільні двигуни», «Конструкційні матеріали», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Деталі машин», «Основи конструювання машин».

Методичні вказівки розроблені для проведення лабораторного практикуму із застосуванням металорізального обладнання, пристосувань та різального інструменту і містять мету кожної роботи, перелік необхідного технологічного устаткування, вимоги щодо виконання роботи та контрольні питання.

Дані методичні вказівки розроблені на базі досвіду роботи кафедр «Технології машинобудування та деревообробки» [1] і «Автомобільного транспорту та галузевого машинобудування».

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## МЕХАНІЧНА ОБРОБКА В АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

### Мета роботи

Придбання базових знань та понять в галузі металообробки типових деталей, що застосовуються в машинобудуванні.

### Оснащення роботи

Плакати, різнотипний різальний інструмент, токарний, фрезерувальний, свердлильний, шліфувальний, зубонарізний верстати.

### Теоретичні відомості

Машинобудування охоплює чималу кількість галузей взагалі, які пов'язані, безпосередньо, з виробництвом машин, агрегатів, вузлів та деталей призначених для автомобільної промисловості. Автомобілебудування складає невід'ємну частину машинобудування в цілому, де механічна обробка в ньому займає досить вагоме місце.

У виробництві деталей з металу найпоширенішим різновидом механічної обробки є отримання виробів за допомогою металообробки.

Серед заходів, що належать до виробництва будь-якої деталі, металообробка є важливою складовою частиною у комплексі:

- проектування та конструювання деталі;
- вибору матеріалу та виду заготовки;
- розробки технологічного процесу обробки;
- вибору технологічного обладнання;
- вибору методів обробки;
- вибору різального інструменту (РІ) та його матеріалу;
- забезпечення якості отримання деталі та методів її контролю.

Основними завданнями даної лабораторної роботи є придбання вміння орієнтуватися у поняттях:

- конструкційні та інструментальні матеріали;
- види заготовок у машинобудуванні;
- метало ріжуча обробка та її види;
- металорізальні інструменти та його види;
- призначення металорізального універсального обладнання;
- типові схеми обробки поверхонь деталей.

### Методика виконання роботи

Використовуючи рекомендовану літературу та отриману інформацію під час проведення роботи в лабораторії оформити звіт з виконання наступних завдань:

1. Дати визначення конструкційним та інструментальним матеріалам та їх основним властивостям. Класифікувати оброблювані та конструкційні матеріали за основними видами.

2. Навести перелік основних типів заготовок, що використовуються у машинобудуванні ( з приведенням ескізу заготовки), та методів їх отримання (рисунок 1, приклад 1).

**Приклад 1**

Заготовка: відливка

Метод отримання: лиття у форми

Застосування: корпусні деталі

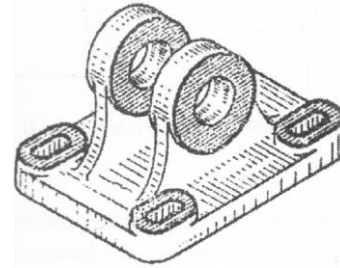


Рисунок 1.1 - Відливка (кронштейн)

3. Класифікувати методи металообробки в машинобудуванні, сформулювати їх призначення і вказати до кожного з них показники отримання можливої точності обробки та шорсткості поверхневого шару обробленої поверхні (рекомендується виконати у вигляді таблиці) (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Методи металообробки в машинобудуванні

Вид обробки	Точність обробки, мм (квалітет точності)	Призначення методу	Якість поверхневого шару, (R <sub>a</sub> )	Різальний інструмент (що застосовується)
1. Фрезерування 1) чорнове 2) чистове 3) тонке 4) .....	..... ..... 0,05-0,01 (ІТ 6-7)	Обробка площинних, фасонних, складних поверхонь, пазів, .....	..... ..... 0,64 мкм	Фрези: торцеві, циліндричні, шпонкові, дискові...
2. Токарна 1) .....	.....	Обробка поверхонь.....	.....	.....
3. ....	...	...	...	...
.....	...	...	...	...
.. Шліфування 1) .....	.....	.....	.....	.....

4. Навести перелік металорізальних інструментів до відповідних засобів обробки для отримання:

1) внутрішніх і зовнішніх поверхонь обертання (циліндричних, конусних та фасонних);

2) площинних поверхонь і пазів;

3) отворів (округлих та інших форм);

4) складних об'ємних поверхонь (внутрішніх і зовнішніх різей, зубців зубчастих коліс).

Класифікувати різальні інструменти для кожного виду обробки в залежності від її характеру, технологічного призначення, форми та конструкції. Навести ескіз кожного інструмента і схему метода обробки (приклад 2).

### Приклад 2

#### *1. Токарна обробка.*

Різальний інструмент, що застосовується - токарні різці.

За конструкцією різці класифікуються на суцільні та складені.

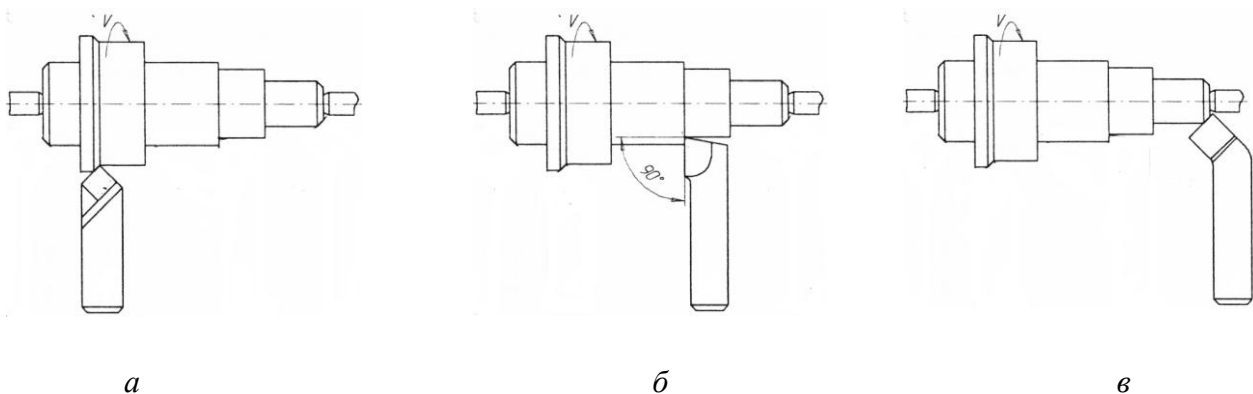
За характером роботи - чорнові, напівчистові, чистові.

За формою робочої частини - прямі й відігнуті.

За технологічним призначенням - прохідні, відрізні, .....

За напрямом подачі - .....

Прохідні прямі різці (рисунок 1.2, а) призначені для обточування зовнішніх циліндричних поверхонь.



*Рисунок 1.2 - Токарні прохідні різці: а - прямий, б - упорний, в - відігнутий*

Прохідні упорні різці (рисунок 1.2, б) призначені для обробки циліндричних поверхонь і підрізування торців.

Прохідні відігнуті різці (рисунок 1.2, в) призначені для.....

### **Контрольні питання**

1. Комплекс основних заходів щодо виготовлення виробу в машинобудуванні.

2. Призначення конструкційних та інструментальних матеріалів у металообробці.

3. Основні види конструкційних та інструментальних матеріалів.

4. Основні види заготовок, що використовуються в машинобудуванні, та методи їх отримання.

5. Види металообробки в машинобудуванні та їх призначення в залежності від форми оброблюваної поверхні. Ступінь досягнення точності у кожному методі обробки.

6. Що розуміють під поняттям точність обробки і якість оброблюваного поверхневого шару?

7. Види різальних інструментів, що використовуються у кожному методі обробки.

8. Призначення основних видів інструменту щодо отримання поверхонь різних конфігурацій.

***\*\*\* Тривалість проведення лабораторної роботи - 4 години***



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ПОВЕРХНІ СКЛАДАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ ТА ЇЇ ДЕТАЛЕЙ

### Мета роботи

Придбання теоретичних відомостей з класифікації поверхонь машини та вміння розпізнавати бази деталей складальної одиниці в залежності від їх призначення.

### Теоретичні відомості

Згідно з ГОСТ 2.101-68 складовими частинами машини є деталі й складальні одиниці.

*Деталь* - це виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без використання складальних операцій. Іншими словами, деталь - частина машини, що не має з'єднань.

Частина виробу, що може складатися незалежно від інших частин, називається *складальною одиницею* (СО). Розрізняють складальні одиниці першого, другого та інших порядків входження. В літературі термін "складальна одиниця" часто замінюється поширеним терміном "вузол". Вузол, який безпосередньо входить у готовий виріб - машину, прийнято називати складальною одиницею першого порядку входження; а менший вузол, який входить безпосередньо до його складу - складальною одиницею другого порядку і т.д.

Побудова машини здійснюється шляхом з'єднання деталей. За функціями, які виконують різні поверхні деталей в машині, їх можна поділити на 4 види: виконавчі поверхні, основні й допоміжні бази і вільні поверхні.

*Виконавчі поверхні* - це поверхні або їх сполучення, за допомогою яких машина виконує своє службове призначення.

У токарного верстата (рисунок 4.1) - це передній кінець шпинделя, конус пінолі задньої бабки, поверхні різцетримача.

Поверхні 1 і 2 (рисунок 4.1) призначені для базування патрона, поверхня 3 - для переднього центра (при обробці в центрах), поверхня 4 - для заднього центра, поверхні 5 і 6 - визначають положення різця відносно оброблюваної поверхні й безпосередньо передають йому необхідний для обробки рух.

У шпинделя поряд з поверхнями 1, 2, 3 виконавчими поверхнями є підшипникові шийки, їх торці, бічні поверхні шліців або шпонкових пазів, за допомогою яких шпиндель виконує своє службове призначення, у зубчастого колеса - отвір, один із торців маточини, бічна поверхня шпонкового паза, евольвенти зубців.

В електродвигуна виконавчими є поверхні кінця вала, на якому монтується муфта, яка передає обертальний рух і обертальний момент, а також робочі поверхні статора й ротора. Виконавчими поверхнями зубчастої передачі, як механізму, є сполучення двох робочих поверхонь зубців пари зубчастих коліс,

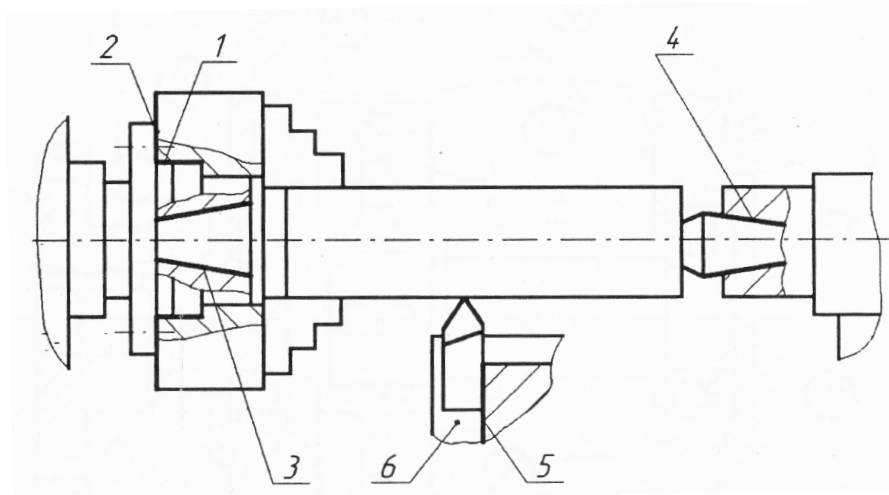


Рисунок 4.1 - Виконавчі поверхні токарного верстата

які працюють спільно. Виконавчими поверхнями двигуна внутрішнього згоряння, який розглядається як механізм для перетворення теплової енергії в механічну, є поверхні кілець та робочі поверхні циліндрів. Виконавчими поверхнями поршня є канавки для кілець, отвір під палець тощо.

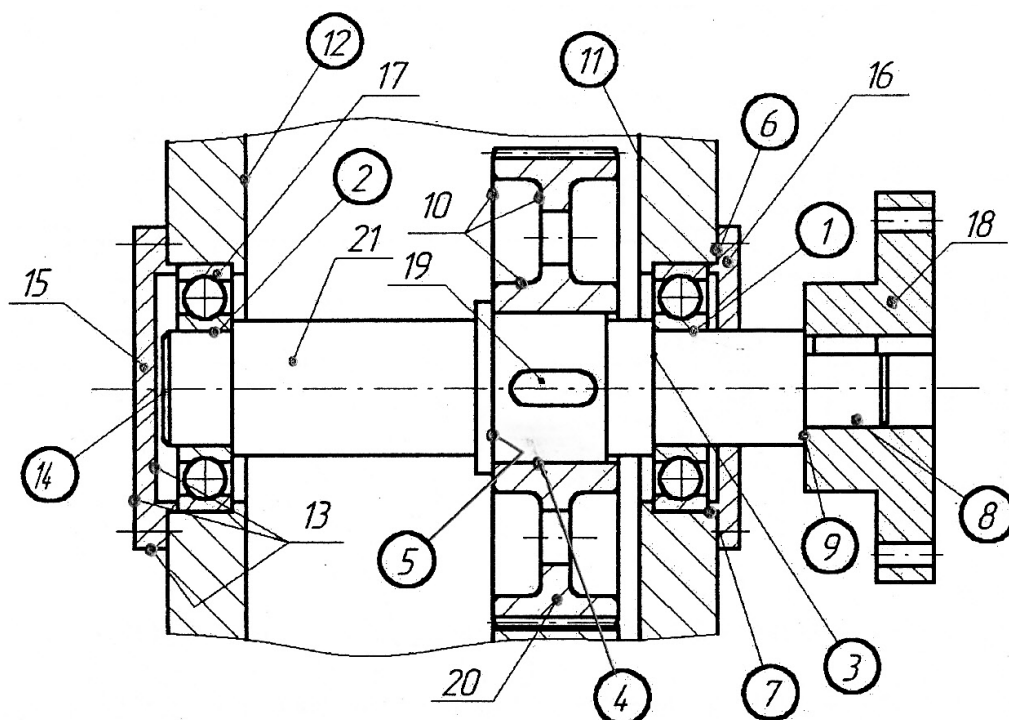


Рисунок 4.2 - Поверхні деталей ступеня редуктора

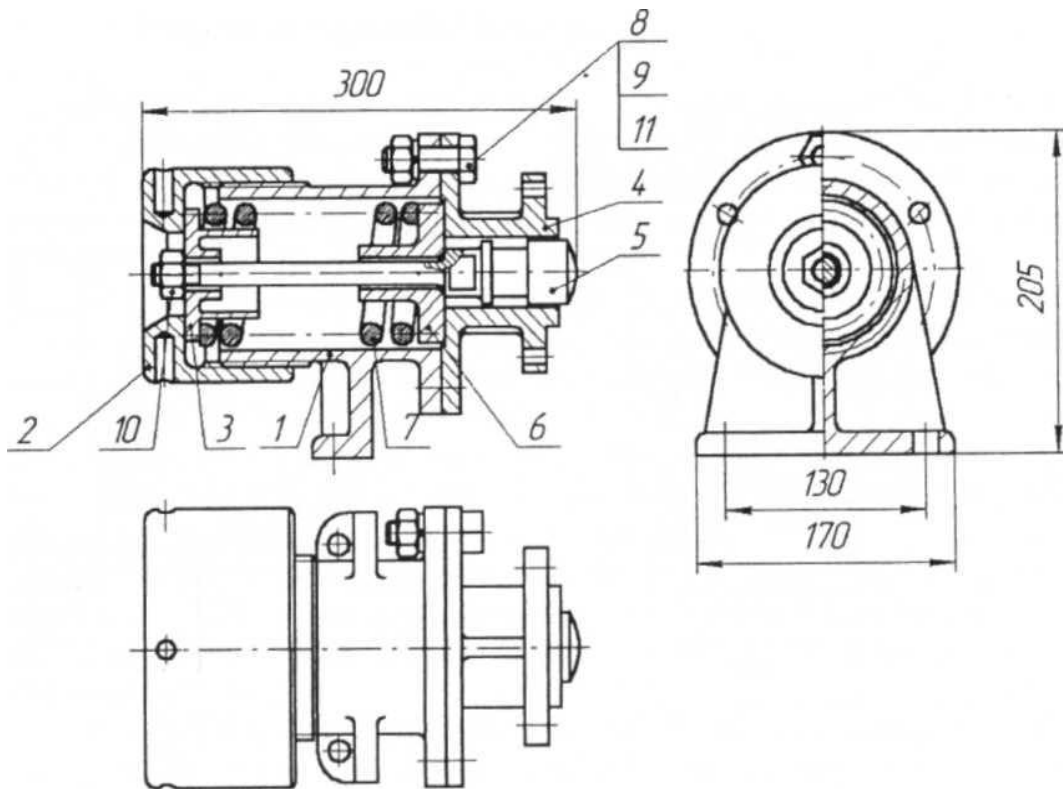
Основні бази - поверхні деталі, які визначають її положення у виробі. У вала ступеня редуктора (рисунок 4.2) - це підшипникові шийки 1, 2 і торець 3; у зубчастого колеса - отвір 4, торець 5 і бічна поверхня шпонкового паза, у кришки - циліндрична центруюча поверхня 7, торець 6 і поверхня одного з

отворів для болтів кріплення кришки.

*Допоміжні бази* - поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до даної деталі всіх інших деталей. У корпусі - це отвори під підшипники, у вала - шийка 4, торець 5, шпонкові пази для колеса, напів-муфти, шийка 8 і торець 9.

*Вільні поверхні* - поверхні деталі, які при роботі в машині не контактують з поверхнями інших деталей. Вільні поверхні допомагають раніше розглянутим поверхням надавати деталі потрібних конструктивних форм, які вимагаються її службовим призначенням.

Приклади вільних поверхонь: у корпусі - поверхні 11, 12, поверхні 13 кришки, торець 14 вала, поверхні 10 зубчастого колеса і т. ін.



1 - корпус, 2 - муфта, 3 - упор, 4 - кришка, 5 - шток, 6 - втулка, 7 - пружина, 8 - болт,  
9 - шайба, 10 - гайка, 11 - гайка

Рисунок 4.3 - Амортизатор механічний

### **Контрольні питання**

1. Дати визначення термінам деталь, складальна одиниця.
2. Класифікація поверхонь деталі за їх призначенням. Дати визначення кожному виду баз.
3. Основне службове призначення механічного амортизатора.
4. Визначити виконавчі, основні, допоміжні та вільні поверхні деталей механічного амортизатора (рисунок 4.3) і навести їх геометричний опис.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 БАЗУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА ЗАГОТОВОК

### Мета роботи

Закріплення теоретичних положень теорії базування. Придбання понять та навичок у базуванні типових деталей і реалізації теоретичних схем базування, вміння знаходити і розрізняти різні види баз.

### Теоретичні відомості

#### Загальні положення

Відповідно ГОСТ 21495-80 база – це поверхня або сполучення поверхонь, вісь, точка, які належать заготовці або виробу і використовуються для базування.

*Базування* – надання заготовці або виробу потрібного положення відносно вибраної системи координат: при складанні – надання деталі потрібного положення у виробі відносно інших, раніше встановлених, деталей або виробів; при механічній обробці – надання заготовці потрібного положення на верстаті відносно траєкторії оброблювального інструменту, при вимірюванні - надання заготовці або деталі потрібного положення відносно вимірювального інструменту.

Базами можуть служити поверхні: площина (рисунок 4.1, а), циліндр (рисунок 1, б), сукупність поверхонь (рисунок 4.1, в), лінія: вісь (рисунок 4.1, г), коло (рисунок 4.1, д), точка (точки) (рисунок 4.1, е).

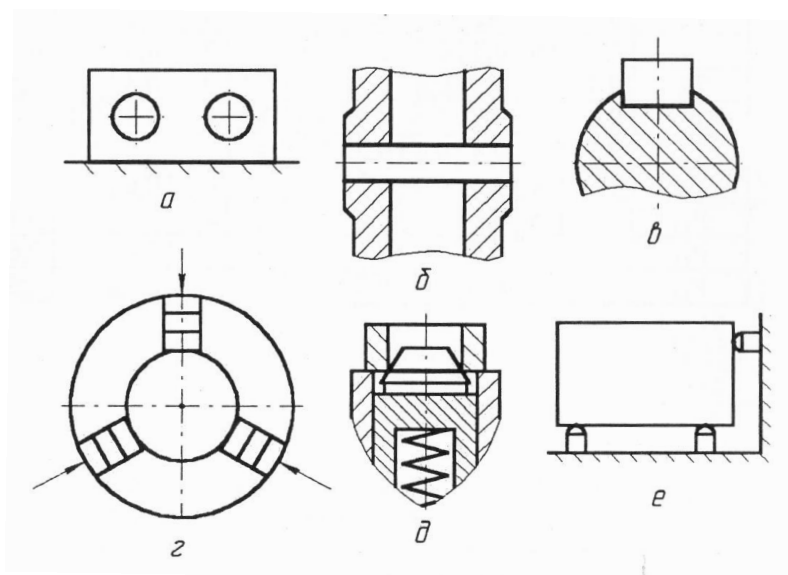


Рисунок 3.1 - Види баз

Потрібні положення або рух тіла відносно системи відліку досягається накладанням на нього геометричних або кінематичних зв'язків. Зв'язками називають умови, які накладаються або на положення або на швидкості точок тіла. В першому випадку зв'язки називають геометричними, в другому - кінематичними. Якщо на тіло накладені геометричні зв'язки, то завдяки їм деякі переміщення тіла виявляються неможливими. Можливим переміщенням тіла називаються елементарні переміщення, які можна здійснити без порушення накладених на тіло зв'язків. Число таких можливих переміщень називають числом ступенів волі даного тіла.

Якщо тверде тіло може здійснювати будь-яке переміщення в просторі, то таке тіло називають вільним. Таке тіло має 6 ступенів волі: 3 переміщення вздовж координатних осей і 3 повороти навколо цих осей.

Таким чином, щоб зробити тіло нерухомим, потрібно позбавити його 6 ступенів волі, а для цього накласти на нього 6 зв'язків.

Виберемо як систему відліку прямокутну систему координат  $OXYZ$ . В цій системі розташуємо абсолютно тверде тіло, з яким жорстко зв'язана система координат  $O'X'Y'Z'$  (рисунок 3.2). Тому зв'язки можна накладати на цю систему.

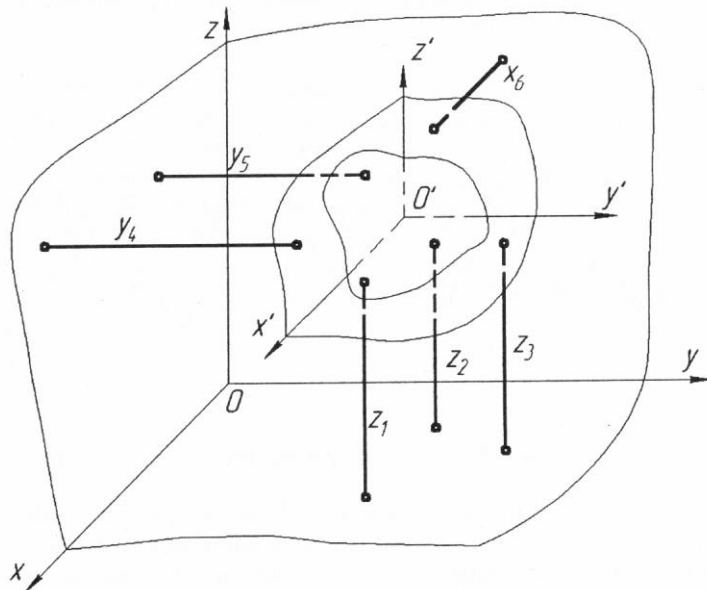


Рисунок 3.2 - До визначення положення твердого тіла

Визначити положення рухомої системи координат відносно системи можна наступним способом накладання геометричних зв'язків на координатні площини системи  $O'X'Y'Z'$ . Тим самим тіло позбавляється 3 переміщень уздовж осей декартової системи координат і 3 поворотів навколо цих осей, тобто тіло стає нерухомим у системі (рисунок 3.2).

Умови перебування тіла в стані спокою в цьому випадку матимуть вигляд:  $z_1 = \text{const}$ ;  $z_2 = \text{const}$ ;  $z_3 = \text{const}$ ;  $y_4 = \text{const}$ ;  $y_5 = \text{const}$ ,  $x_6 = \text{const}$ .

Таким чином, зв'язками забезпечується задане положення тіла у системі ОХУZ у кожний розглядуваний момент часу.

За реальних умов зв'язки практично здійснюються за допомогою матеріальних тіл. Реалізація двосторонніх геометричних зв'язків досягається стиканням поверхонь тіла з поверхнями іншого тіла, до якого воно приєднується, і прикладанням сил і пар сил для забезпечення контакту між ними.

Реальні тіла деталі обмежені криволінійними поверхнями, тому можуть контактувати лише на окремих елементарних площадках, які умовно вважаються точками контакту (рисунок 3.3).

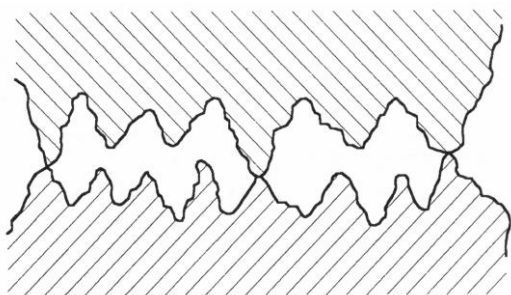
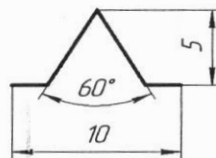


Рисунок 3.3 - Реальний контакт поверхонь деталей

На виді спереду і збоку



На виді зверху

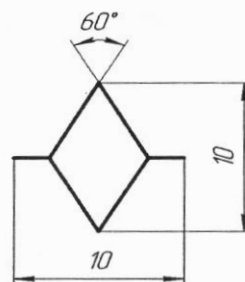


Рисунок 3.4 - Умовне зображення опорних точок

Для забезпечення нерухомості заготовки або виробу у вибраній системі координат на них необхідно накласти шість двосторонніх геометричних зв'язків, для створення яких необхідний комплект баз, які несуть шість опорних точок. Ця умова отримала назву *правила шести точок*. При цьому маються на увазі *жорсткі двосторонні зв'язки*, виключаючі можливість будь-якого переміщення тіла в напрямку цих зв'язків.

При реалізації ж схеми базування двосторонні зв'язки перетворюються в опорні точки і тим самим в односторонні зв'язки. Це означає, що досягнуте правильне положення деталі може змінитись під дією сил і моментів сил обробки або складання. Для збереження одержаного при базуванні і правильного положення деталі необхідно забезпечити неперервність контакту сполучених поверхонь деталей для жорстокого двостороннього зв'язку.

Тому при реалізації схеми базування не можна обмежуватись тільки створенням необхідних шести опорних точок, а необхідно ще забезпечити щільне й неперервне стикання відповідних поверхонь деталі (опорних точок) за допомогою силового замикання. Якщо відповідно до службового призначення виріб повинен мати визначене число ступенів волі, то відповідне число зв'язків знімається й замінюється кінематичними зв'язками.

Наприклад, шпинделі верстатів повинні бути позбавлені п'яти ступенів волі, при збереженні можливості обертання навколо своєї осі. Полозки супорта

верстата повинні зберігати один ступінь волі, що дозволяє здійснити їх переміщення по напрямним.

Таким чином, матеріалізація геометричних зв'язків досягається за допомогою 6 точок, розташованих відповідним чином на поверхнях деталі, і силового замикання.

Працюючи з кресленням, маємо справу з ідеалізацією форми поверхонь, тому вважається, що здійснення необхідних зв'язків досягається контактом деталей по поверхнях, а наявність реальних зв'язків символізується опорними точками, які мають теоретичний характер.

Схема розміщення опорних точок на базах заготовки або виробу називають теоретичною схемою базування. На теоретичній схемі базування опорні точки зображують умовними знаками (рисунок 3.4).

Опорні точки нумеруються, починаючи з бази, на якій розташовується їх найбільша кількість. Номер точки проставляється справа від умовного знака.

Якщо в якій-небудь проекції одна опорна точка накладається на іншу, то зображується одна точка і біля неї проставляються номери суміщених точок.

### **Базування призматичного тіла**

Відповідно до висновків теоретичної механіки для визначення положення призматичного тіла відносно системи координат  $OXYZ$  необхідно зв'язати його нижню поверхню  $A$  трьома жорсткими двосторонніми утримуючими зв'язками з площиною  $XOY$  прямокутної системи координат (рисунок 3.5).

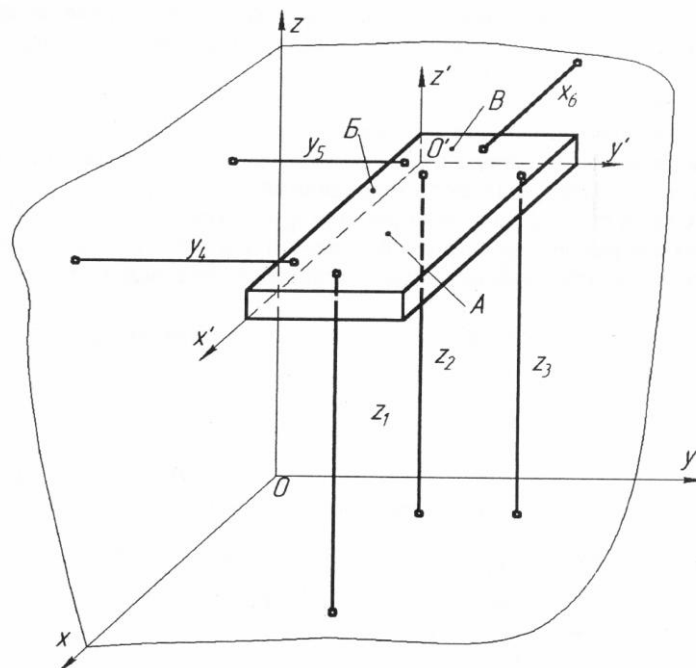


Рисунок 3.5 - Базування призматичного тіла

Зв'язок  $z_1$  позбавляє тіло переміщення вздовж координатної осі  $OZ$ , зв'язок  $z_2$  - обертання навколо осі  $OY$ ,  $z_3$  - обертання навколо осі  $OX$ .

Поверхня А, яка несе на собі 3 опорні точки і позбавляє тіло 3 ступенів волі: переміщення вздовж однієї з координатних осей і обертання навколо двох інших координатних осей, називається *установчою базою*.

Розташування опорних точок визначається з умови рівноваги тіла під дією сили тяжіння.

Для того, щоб виключити переміщення тіла вздовж осі ОУ і обертання навколо осі ОZ, зв'яжемо поверхню Б відповідно двома зв'язками  $y_4, y_5$  з площиною ХОZ.

Поверхня Б, яка позбавляє тіло (заготовку) двох ступенів волі (переміщення вздовж однієї координатної осі і обертання навколо іншої осі), називається *напрямною базою*.

Таким чином, тіло має можливість переміщуватись лише уздовж осі ОХ. Для виключення і цього переміщення зв'яжемо поверхню В одним жорстким двостороннім зв'язком  $x_6$  з площиною ZOУ.

Поверхня В, яка несе на собі одну опорну точку і позбавляє тіло одного ступеня волі: переміщення вздовж однієї з координатних осей, називається *опорною базою*.

Сукупність трьох баз, що утворює систему координат заготовки (або виробу), складає *комплект баз*.

Реалізація розглянутої теоретичної схеми базування здійснюється встановленням заготовки на установчі елементи пристрою.

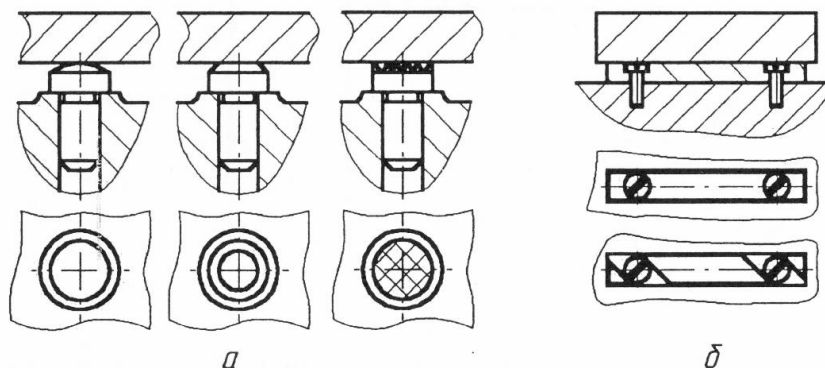


Рисунок 3.6 - Установчі елементи, що реалізують опорні точки:  
а - штирі; б - пластини

Установчі елементи можуть бути виконані у вигляді штирів (ГОСТ 13440-68, 13441-68, 13442-68, рисунок 3.6, а) або пластин (рисунок 3.6, б).

Невідривний контакт баз із установчими елементами пристрою забезпечується прикладанням сил затискання.

### **Базування циліндричного тіла**

Зв'язавши циліндричну поверхню А (рисунок 3.7) двома жорсткими двосторонніми зв'язками з площиною ХОУ і двома - з площиною ХОZ циліндричне тіло позбавляється 4 ступенів волі: зв'язок  $z_1$  - переміщення



вздовж осі  $OZ$ , зв'язок  $z_2$  - обертання навколо осі  $OY$ , зв'язок  $y_3$  - переміщення вздовж осі  $OY$ , зв'язок  $y_4$  - обертання навколо осі  $OZ$ .

Поверхня  $A$ , яка несе на собі 4 опорні точки і позбавляє тіло 4 ступенів волі: переміщень уздовж двох координатних осей і обертання навколо цих самих осей, називається *подвійною напрямною базою*.

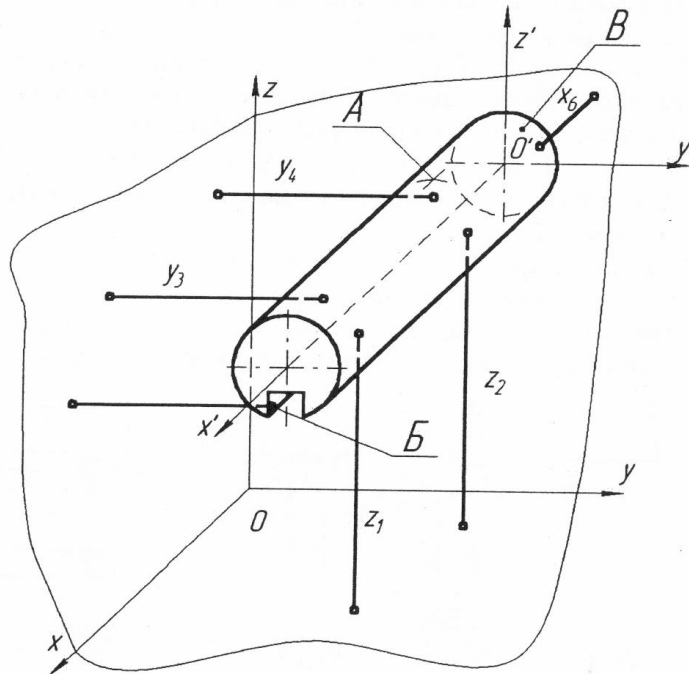


Рисунок 3.7 - Базування циліндричного тіла

Для виключення обертання тіла навколо осі  $O'X'$  (що при паралельному переносі системи координат  $O'X'Y'Z'$  рівнозначне обертанню навколо осі  $OX$ ) треба зв'язати певний елемент деталі з якоюсь площиною системи  $OXYZ$  (виступ, отвір, шпонковий паз і т. ін.) в даному випадку бічну поверхню  $B$  шпонкового пазу з площиною  $XOZ$ .

Поверхня  $B$ , яка несе на собі одну опорну точку і позбавляє тіло одного ступеня волі: обертання навколо однієї з координатних осей, називається опорною базою. Поверхня  $V$  позбавляє тіло одного ступеня волі: переміщення вздовж осі  $OX$  - також опорна база.

Таким чином, *опорна база* - поверхня деталі (або виробу), яка несе на собі одну опорну точку і позбавляє тіло одного ступеня волі: переміщення вздовж однієї з координатних осей, або обертання навколо однієї з координатних осей.

Реалізація теоретичної схеми базування циліндричних тіл найчастіше здійснюється за допомогою призм (рисунок 3.8). Призмою називається установчий елемент з робочою поверхнею у вигляді паза, створеного двома площинами, нахиленими одна до одної під кутом  $\alpha$ . Призми для встановлення коротких заготовок стандартизовані ГОСТ 12195-66.

Призма визначає положення площини  $OZ$  заготовки (рисунок 3.8, а), перпендикулярної до основи призми, внаслідок суміщення її з віссю кутового паза, а також положення поздовжньої осі  $X$  заготовки.

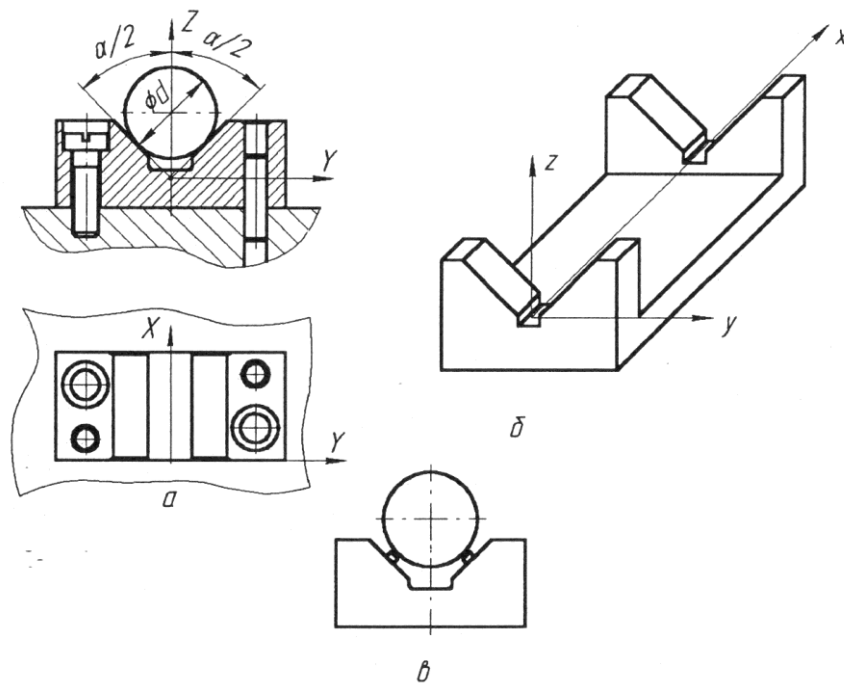


Рисунок 3.8 - Призми: а - з широкими опорними поверхнями; б - з вузькими опорними поверхнями; в - з точковими опорами

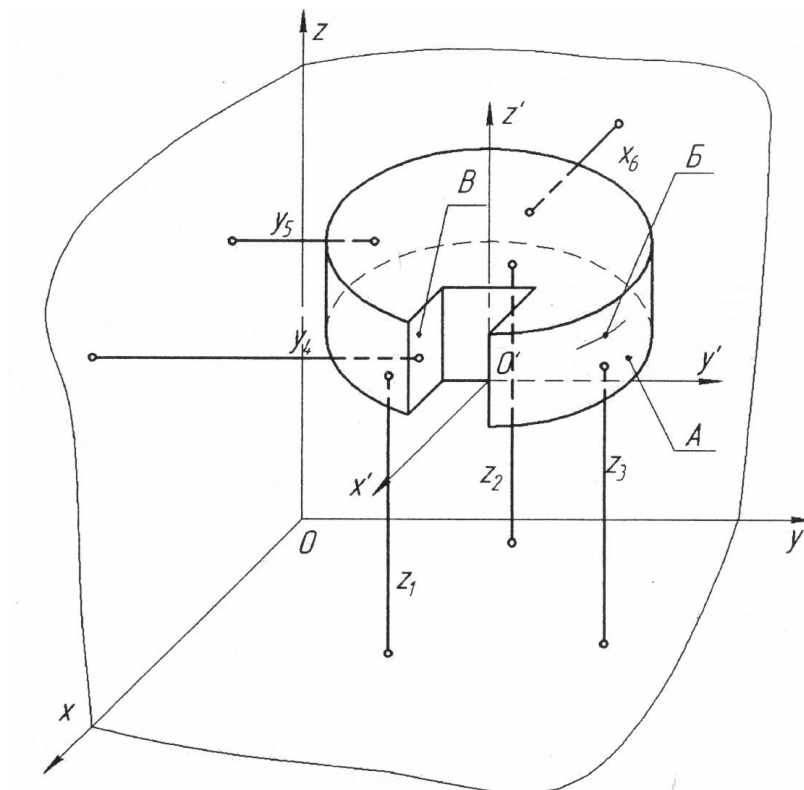


Рисунок 3.9 - Базування диска

Використовують призми з кутами  $\alpha$ , що дорівнюють  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ . Найбільш поширені призми з  $\alpha = 90^\circ$ . Коли базування відбувається по неповній циліндричній поверхні, використовують призми з  $\alpha = 120^\circ$ . При значних силах різання, що діють паралельно основі призми, використовують  $\alpha = 90^\circ$ . При чорнових базах ( $R_z > 80$  мкм) використовують призми з вузькими опорними поверхнями, або з точковими опорами, запресованими в робочі поверхні призми (рисунок 3.8, б, в), при чистових базах - з широкими опорними поверхнями.

### Базування диска

Диск - циліндрична деталь, у якої довжина циліндричної поверхні менша діаметра. У зв'язку з цим можливості орієнтування заготовки по циліндричній поверхні значно обмежені порівняно з циліндром, зате у торцевої поверхні такі можливості зростають.

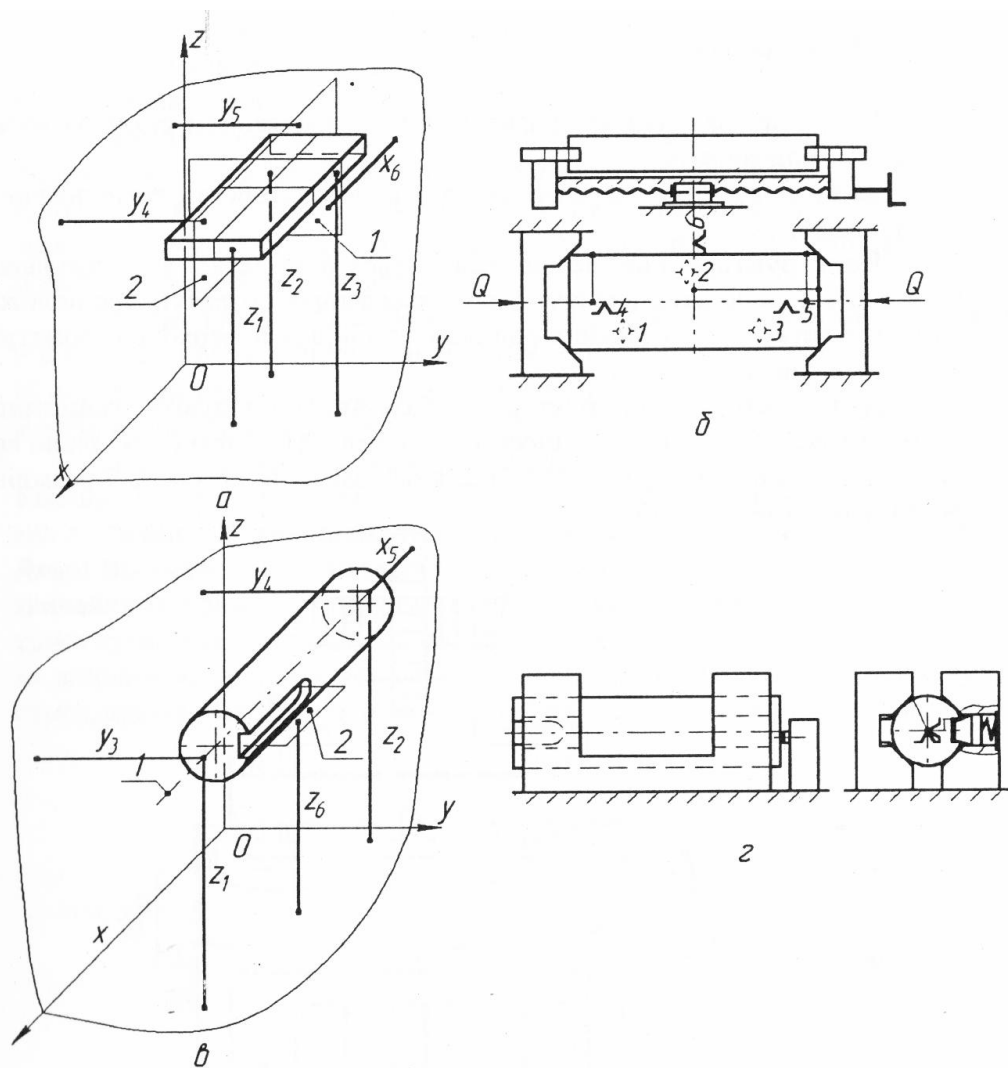


Рисунок 3.10 - Схеми базування призматичного тіла (а) і циліндра (б) за допомогою їх уявних елементів і реалізація (б, г) цих схем

Тому поверхня А - установча база: зв'язок  $z_1$  позбавляє диск переміщення вздовж осі OZ; зв'язок  $z_2$  - обертання навколо осі OY; зв'язок  $z_3$  - обертання навколо осі OX (рисунок 3.9).

Поверхня Б несе на собі 2 опорні точки і позбавляє тіло 2 ступенів волі: переміщення вздовж двох координатних осей ( $y_4$  - вздовж OY,  $x_5$  - вздовж OX) і називається подвійною опорною базою. Поверхня В, зв'язана зв'язком  $y_6$  з площиною XOZ і позбавляє тіло одного ступеня волі - обертання навколо осі O'Z' (що при паралельному переносі системи O'X'Y'Z', рівнозначно обертанню навколо осі OZ) - опорна база.

Таблиця 3.1 - Протокол захисту лабораторної роботи

№ рисунок	Поверхня, вісь	Переміщення вздовж осі			Обертання навколо осі		
		x	y	z	x	y	z
1	А			+	+	+	
	Б		+				+
	В	+					
2	А						
	Б						
	В						
3	А						
	Б						
	В						
4	А						
	Б						
	В						
5	А						
	Б						
	В						
6	А						
	Б						
	В						
7	А						
	Б						
	В						
8	А						
	Б						
	В						

Схеми базування заготовок із внутрішніми циліндричними поверхнями принципово подібні розглянутим.

Для надання положення тілу з використання його площин симетрії або осей поверхонь, зв'язки повинні бути накладені безпосередньо на площини симетрії, осі, лінії або точки їх перетину (рисунок 3.10, а, в).

Базування по площинах симетрії, осях, лініях або точках їх перетину реалізується за допомогою центруючих пристроїв: самоцентрувальних призматичних лещат (рисунок 3.10, б), підпружинених конічних (сферичних) пальців (рисунок 3.10, г) і т. ін.

### ***Контрольні питання***

1. Дати визначення поняттям база і базування.
2. Умови забезпечення нерухомості тіла. Поняття ступенів волі. Правило шести точок.
3. Класифікація баз в залежності від призначення.
4. Класифікація баз в залежності від позбавлення ступенів волі.
5. Визначення конструкторської, технологічної та вимірювальної баз.
6. Класифікація баз за характером проявлення.
7. Визначення основних і допоміжних баз.
8. Базування призматичного тіла.
9. Базування циліндричного тіла.
10. Базування диска.
11. Поняття визначеності та невизначеності базування.
12. Роздрукувати на окремому аркуші протокол захисту лабораторної роботи (таблиця 3.1).

***\*\*\* Тривалість проведення лабораторної роботи - 4 години***

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ТА ЙОГО СТРУКТУРА

### Мета роботи

Ознайомитися з поняттям технологічного процесу виготовлення виробу та його складовими частинами.

### Теоретичні відомості

Однією з основних складових у комплексі заходів щодо виробництва деталі є технологічний процес її виготовлення.

Під час технологічного процесу відбувається послідовна зміна стану предмету праці з метою одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог.

*Технологічний процес* - це частина виробничого процесу, яка включає в себе дії, спрямовані на послідовну зміну стану предмету праці та її контроль.

*Предмет праці* - природна речовина або продукт попередніх стадій виробництва, які за допомогою праці, перетворюються на продукцію.

Кожний технологічний процес залежно від його характеру можна розчленувати на більшу або меншу кількість закінчених складових частин. Зокрема, технологічні процеси поділяють на операції, установи, позиції, переходи, ходи й робочі прийоми.

*Операцією* називається закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці без розриву в часі.

*Установом* називається частина операції, що виконується при незмінному закріпленні оброблюваної заготовки або складальної одиниці (рисунок 1.1). Він може включати одну або більше позицій.

*Позиція* - це фіксоване положення, яке займає незмінно закріплена заготовка або складальна одиниця разом з пристроєм відносно інструмента або нерухомої частини обладнання для виконання операції або її частини. Зміна положення заготовки відносно верстата при незмінному закріпленні її може відбуватися за рахунок поворотних елементів пристрою або стола верстата.

Кожна позиція, установ або операція може мати більшу або меншу кількість переходів.

*Технологічний перехід* - закінчена частина технологічної операції, що характеризується постійністю використовуваного інструмента і поверхонь, утворюваних обробкою або з'єднуваних при складанні й супроводжуваних відповідно зміною розмірів, форми, шорсткості та взаємною розташування поверхонь, або відносного розташування з'єднувальних деталей (рисунок 1.1, а, б, в, д).

*Допоміжний перехід* - закінчена частина технологічної операції, яка складається із дій людини і (або) обладнання, які не супроводжуються зміною розмірів, шорсткості й взаємного розташування поверхонь, або відносного розташування з'єднуваних деталей, але необхідна для виконання

технологічного переходу. Наприклад, установлення заготовки, зміна інструмента тощо.

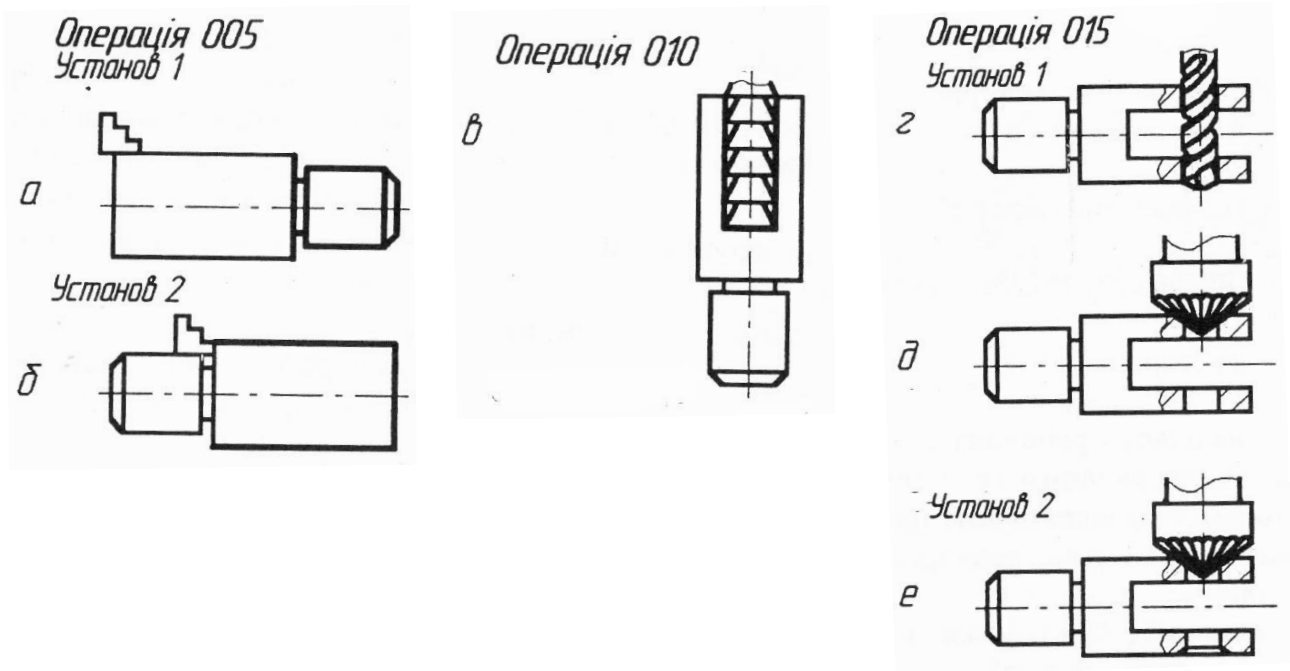


Рис. 1.1 - Схема технологічного процесу обробки вилки карданного валу

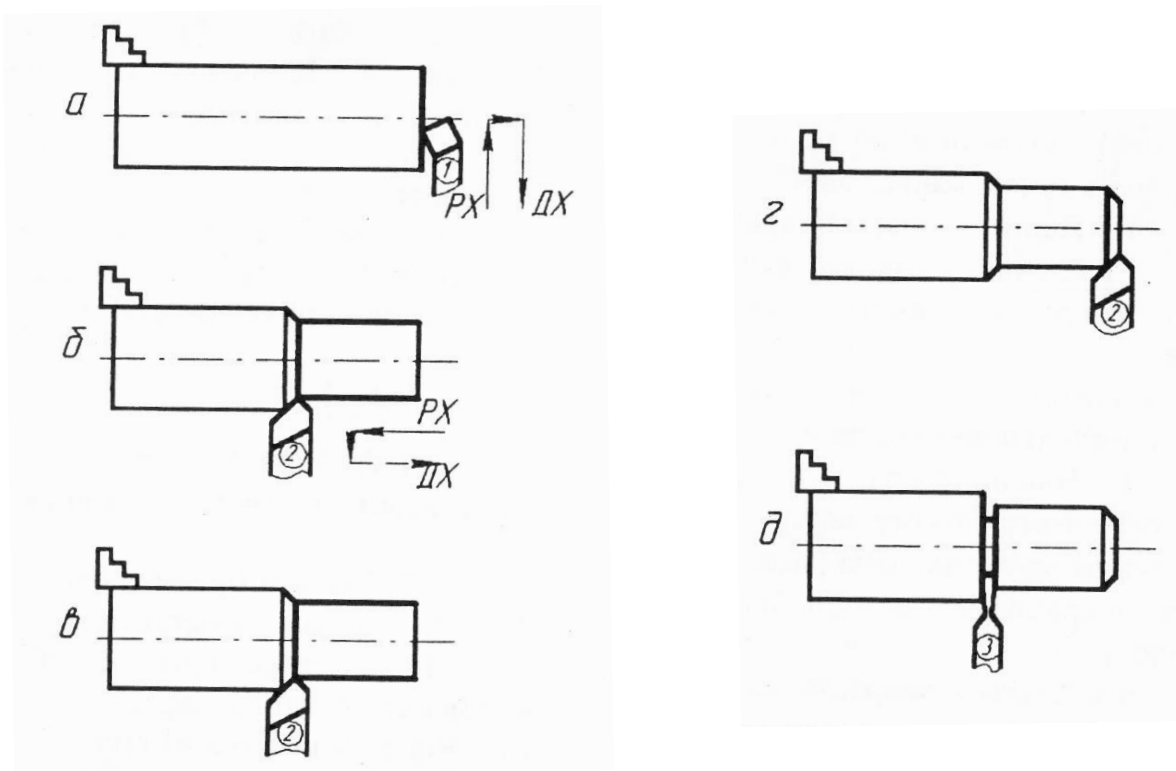


Рисунок 1.2 - Схема токарної обробки ступеня валика

*Робочий хід* - закінчена частина технологічного переходу, яка складається із одноразового переміщення інструмента відносно заготовки і супроводжуваного зміною форми, розмірів, шорсткості та взаємного розташування поверхонь, або відносного розташування з'єднаних деталей.

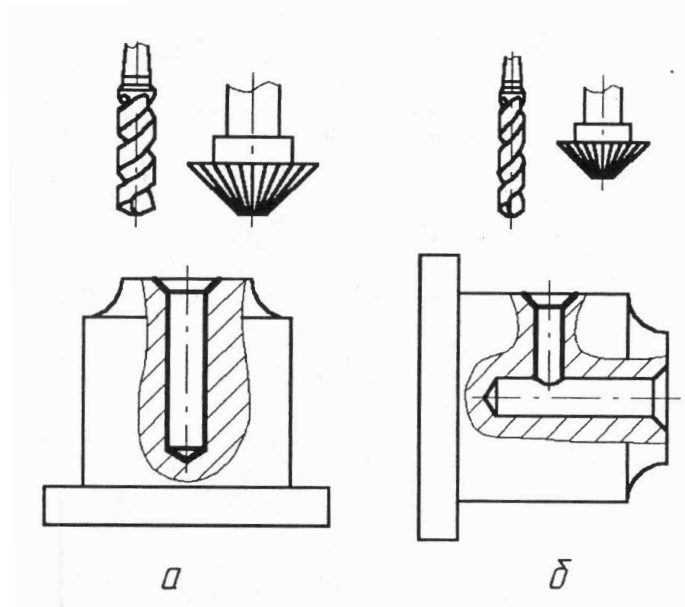


Рисунок 1.3 - Схема обробки деталі

*Допоміжний хід* - закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яка не супроводжується зміною розмірів, шорсткості або в відносного розташування поверхонь чи властивостей заготовки, але необхідна для виконання робочого ходу.

При детальному аналізі технологічного процесу його поділяють на робочі прийоми, що, у свою чергу, поділяються на ще менші складові частини - робочі рухи або навіть елементи робочих рухів.

### **Контрольні питання**

1. Скільки буде операцій і переходів при свердлінні на свердлильному верстаті отвору з одночасним зняттям фаски комбінованим свердлом?
2. Скільки буде технологічних переходів, якщо при фрезеруванні площини однією фрезою припуск знімається за 2 робочих ходи?
3. Розгляньте операцію механообробки ступені валика (рисунок 1.2) і визначте, скільки в ній технологічних і допоміжних переходів, установів, робочих і допоміжних ходів?
4. Скільки буде операцій і переходів при свердлінні одного отвору на одношпindelному свердлильному верстаті?



5. Вал шліфується начорно і начисто на одному робочому місці й на одному і тому самому верстаті. При цьому між чорновим і чистовим шліфуванням заготовку відправляють на термообробку в термічний цех. Скільки операцій механообробки буде в наведеній частині технологічного процесу?

6. На вертикально-свердлильному верстаті у поворотному кондукторі оброблюється заготовка (рисунок 1.3). Визначити кількість позицій, переходів і робочих ходів цієї операції.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 ТОКАРНА МЕТАЛООБРОБКА ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ

### Мета роботи

Загальне ознайомлення з токарним методом металообробки у машинобудуванні, а також із будовою токарного універсального обладнання і металорізальним інструментом.

### Оснащення роботи

Плакати, різнотипний різальний токарний інструмент, токарні універсальні верстати.

### Теоретичні відомості

У машинобудуванні виготовлення будь-якого виробу за допомогою металообробки, обов'язково, супроводжується розробкою технологічного процесу, вибором методів обробки, відповідного обладнання та інструменту.

В залежності від форми та якості оброблюваних поверхонь вибирають методи обробки: фрезерування, токарна обробка, свердління, шліфування, зубонарізання, протягування і т. д.

З урахуванням типу виробництва і в залежності від призначених методів обробки вибирають тип обладнання та необхідний ріжучий інструмент. В одиничному виробництві та на механоремонтних авто підприємствах використовують універсальне обладнання.

#### *Токарна обробка і токарний ріжучий інструмент*

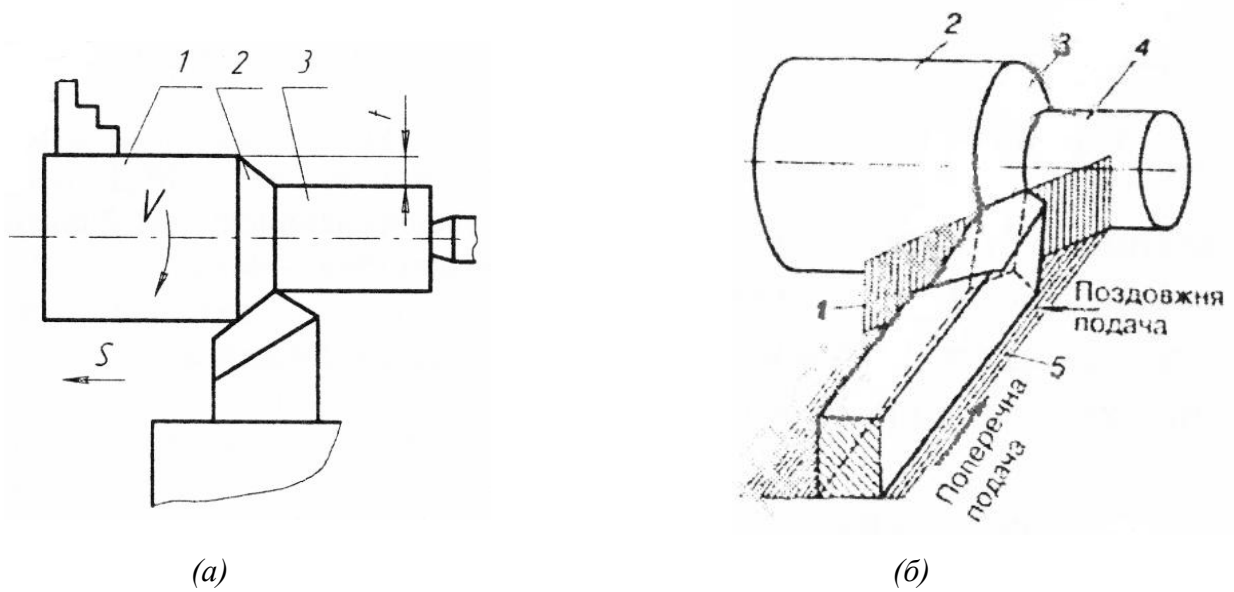
За допомогою токарного методу виконують обробку зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей, які мають форму тіл обертання, плоских торцевих поверхонь (підрізання торця) тіл обертання, нарізання внутрішніх та зовнішніх різей, відрізання заготовки, або прорізання канавки.

Для здійснення процесу різання необхідні узгоджені відносні рухи між заготовкою і різальним інструментом. Рухи при яких з оброблюваної заготовки зрізується шар металу і змінюється стан оброблюваної поверхні називають *рухами різання*. До них відносяться головний рух і рух подачі.

Рух, за допомогою якого здійснюється видалення стружки - *головний рух*. *Рух подачі* - рух, який забезпечує безперервність врізання різальної кромки інструмента у матеріал заготовки і розповсюдження головного руху на необроблені ділянки заготовки.

В процесі обробки на заготовках розрізняють наступні поверхні (рисунок

2.1): необроблена - 1, оброблювана - 2 (поверхня різання), оброблена - 3 (з якої зрізаний шар матеріалу товщиною  $t$ ).



(а): 1 - необроблена поверхня, 2 - оброблювана поверхня, 3 - оброблена поверхня  
 (б): 1 - площина різання, 2 - необроблена поверхня, 3 - поверхня різання,  
 4 - оброблена поверхня, 5 - основна площина

Рисунок 2.1 - Схема токарної обробки та робочих рухів

Токарний різець (рисунок 2.2) складається з двох основних частин: робочої частини **A** (головки) і допоміжної частини **B** (державки), яка використовується для закріплення різця в різцетримачі.

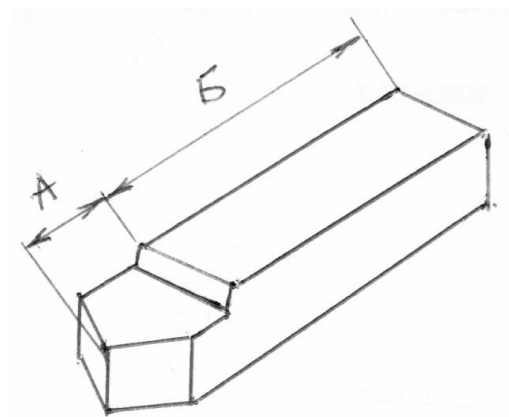
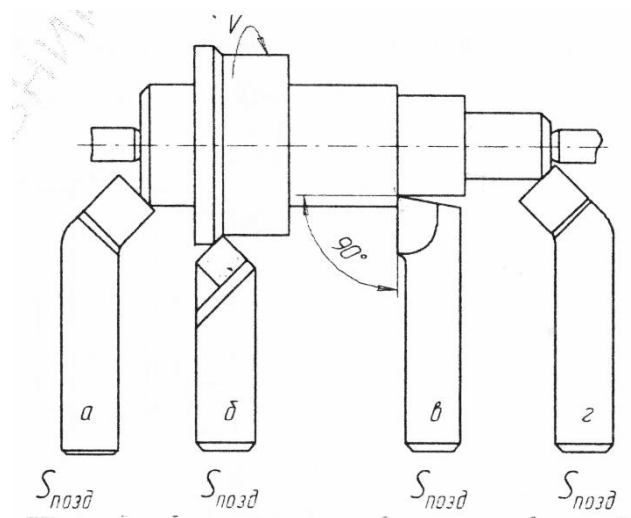


Рисунок 2.2 - Токарний різець



а - відігнутий лівий, б - прямий, в - упорний,  
 г - відігнутий правий

Рисунок 2.3 - Токарні прохідні різці

Для обробки заготовок на токарних верстатах використовують різнотипні різці, які класифікують за різними ознаками.

За конструкцією різці поділяють на суцільні й складені. Суцільні різці виготовляють з інструментальних сталей. У складених різцях різальну частину виготовляють у вигляді пластин з твердих сплавів або інших надтвердих синтетичних матеріалів, які припаюють, приварюють або закріплюють механічними способами до робочої частини різця.

За характером обробки різці поділяють на чорнові, напівчистові, чистові.

За формою робочої частини різці поділяють на прямі й відігнуті.

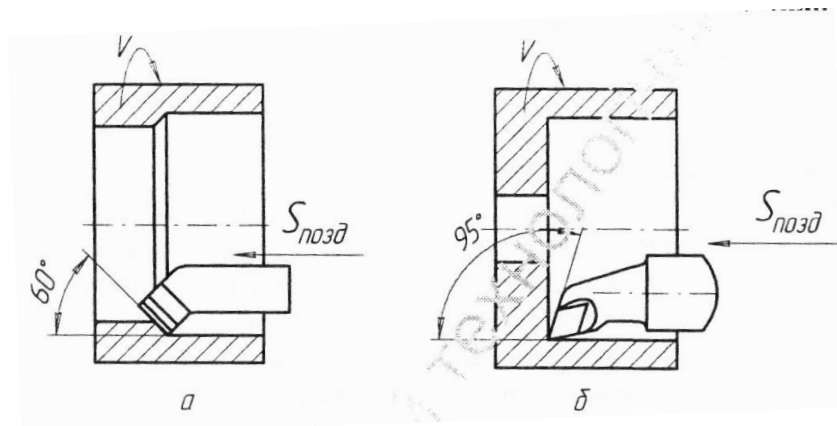
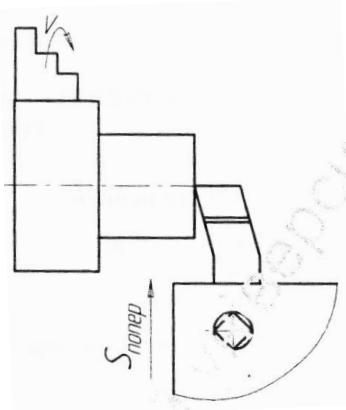
За напрямком подачі різці поділяють на праві й ліві. Праві різці працюють за подачею, яка направлена справа наліво, ліві - зліва направо.

За технологічним призначенням різці поділяють на прохідні, підрізні, розточувальні, відрізні, прорізні, нарізні, фасонні.

Прохідні прямі різці (рисунок 2.3, б) призначені для обточування зовнішніх циліндричних поверхонь; прохідні відігнуті (рисунок 2.3, а, г) - для обробки циліндричних поверхонь і підрізування торців; прохідні упорні (рисунок 2.3, в) - для обробки зовнішніх циліндричних і торцевих поверхонь, а також ступінчастих валів, в яких необхідне підрізання уступів.

Підрізні різці (рисунок 2.4) призначені для обробки плоских торців з поперечною подачею.

Розточувальні різці (рисунок 2.5 а, б) призначені для розточування наскрізних і глухих отворів.



а, б - для обробки, відповідно, наскрізних і глухих і отворів

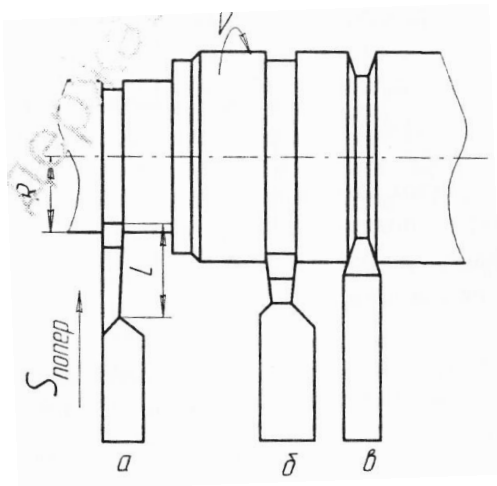
Рисунок 2.4 - Підрізний різець

Рисунок 2.5 - Розточувальні різці

Відрізні різці (рисунок 2.6, а) використовують для розрізання заготовки. Довжина головки цих різців  $L$  повинна бути більше радіуса заготовки  $R$ , яка розрізується.

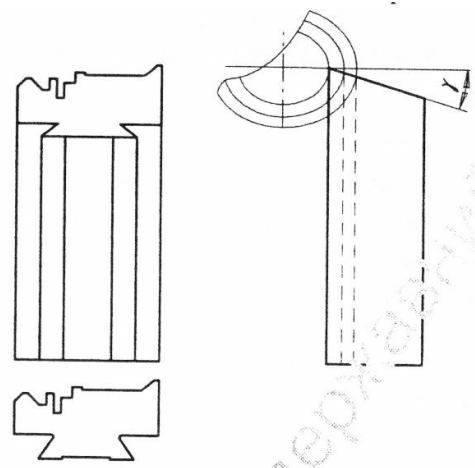
Прорізні різці (рисунок 2.6, б, в) призначені для прорізання кільцевих каналів різних профілів (прямокутних, трапецієподібних та інших).

Фасонні різці (рисунок 2.7) використовують для обробки фасонних поверхонь. Профіль різальної кромки фасонного різця повинен відповідати профілю поверхні, яка оброблюється.

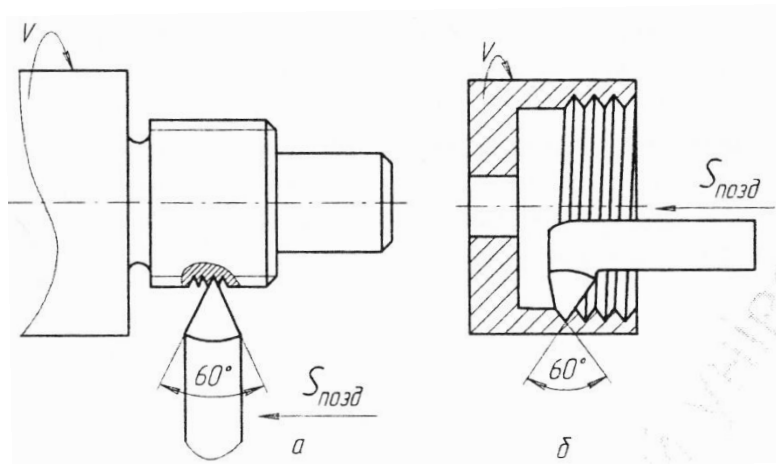


*а - відрізний, б - прорізний прямокутний  
в-прорізний трапецієподібний*

*Рисунок 2.6 - Відрізний та прорізні різці*



*Рисунок 2.7 - фасонний різець*



*а - для нарізання зовнішніх різей, б - для нарізання внутрішніх різей*

*Рисунок 2.8 - Різенарізні різці*

Різенарізні різці (рисунок 2.8) застосовують для нарізання зовнішніх і внутрішніх різей. Форма різальної частини повинна відповідати профілю різі (закруглена, метрична, гострокутна та інші).

Обробка кінцевих поверхонь на токарних верстатах проводиться наступними способами: широкими різцями, поворотом каретки верхнього супорта, зміщенням задньої бабки та інші.

Для отримання кінцевих поверхонь на токарно-гвинторізних верстатах необхідно, щоб при обертанні заготовки вершина різця переміщувалась не паралельно вісі центрів, а під певним кутом. Цей кут повинен дорівнювати куту схилю конуса (рисунок 2.9).

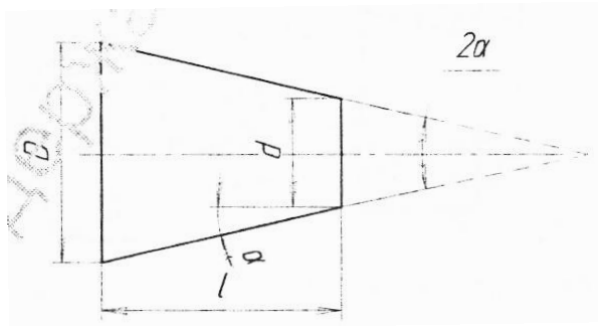
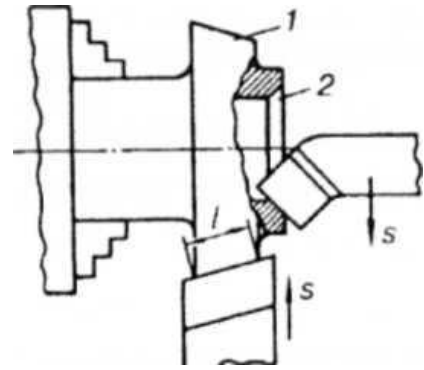


Рисунок 2.9 - Схема зрізаного конуса



1, 2 - відповідно, зовнішня і внутрішня конічні поверхні

Рисунок 2.10 - Схема обробки конічних поверхонь широким різцем

Кут схилу конуса  $\alpha$  визначається із: 
$$\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2l, \quad (2.1)$$

де тут і далі  $D$  - більший діаметр оброблюваної конічної поверхні, мм;  $d$  - менший діаметр оброблюваної конічної поверхні, мм;  $l$  - висота конічної поверхні, мм.

Оброблювати зовнішні і внутрішні конічні поверхні можна широкими різцями з кутом  $\varphi$ , який дорівнює куту нахилу конуса  $\alpha$  (рисунок 2.10). Цим способом зазвичай обточують короткі конічні поверхні. Оброблювати можна з поперечною або поздовжньою подачею різця. Цей спосіб широко використовується для утворення фасок на внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхнях.

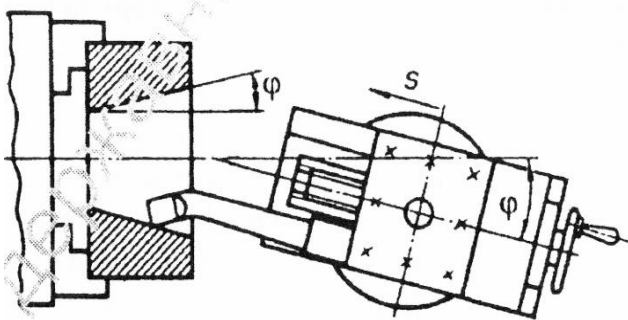


Рисунок 2.11 - обробка конуса за допомогою повороту каретки верхнього супорта

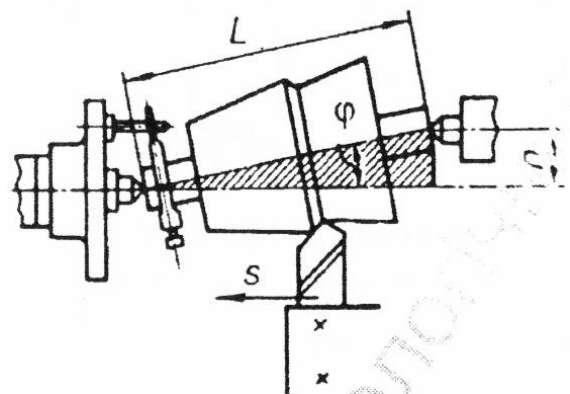


Рисунок 2.12 - обробка конуса за допомогою зміщення задньої бабки

Методом повороту каретки верхнього супорта обробляють зовнішні і внутрішні конічні поверхні з будь-яким кутом нахилу (рисунок 2.11). Каретку верхнього супорта повертають на кут, який дорівнює половині кута конуса.

При обточуванні зовнішніх конічних поверхонь зміщенням задньої бабки і корпус бабки зміщують відносно її основи в напрямку перпендикулярному до лінії центрів верстата (рисунок 2.12). Оброблювану заготовку встановлюють в кулькові центри. При цьому вісь обертання заготовки розташована під кутом до лінії центрів, верстата, а твірна конічної поверхні - паралельно лінії центрів верстата. Цим способом обточують з поздовжньою подачею довгі і конічні поверхні з невеликим кутом конуса.

### *Загальна будова токарного універсального обладнання*

На верстатах токарної групи виконують обробку зовнішніх та внутрішніх поверхонь, які мають форму тіл обертання, плоских торцевих поверхонь (підрізання торця), нарізання внутрішніх та зовнішніх різей, відрізання заготовки, або прорізання канавки.

Для здійснення процесу різання необхідні узгоджені відносні рухи між заготовкою і різальним інструментом. Рухи при яких з оброблюваної заготовки зрізується шар металу і змінюється стан оброблюваної поверхні називають *рухами різання*. До них відносяться головний рух і рух подачі.

Рух, за допомогою якого здійснюється видалення стружки - *головний рух*. *Рух подачі* - рух, який забезпечує безперервність врізання різальної кромки інструмента у матеріал заготовки і розповсюдження головного руху на необроблені ділянки заготовки.

Для верстатів токарної групи головним рухом є обертальний рух заготовки, а різальний інструмент має прямолінійний поступальний рух подачі.

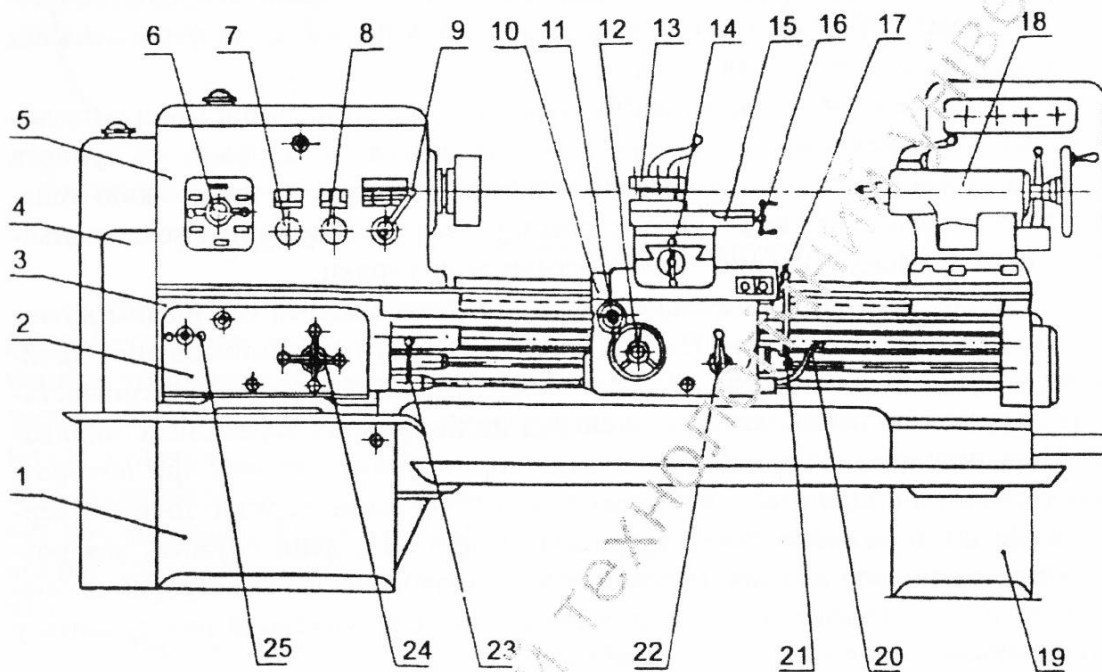
Основними розмірними характеристиками токарних верстатів є висота центрів і відстань між центрами. Висота центрів визначає найбільший діаметр оброблюваної заготовки, відстань між центрами - найбільшу її довжину.

До токарного обладнання належить токарно-гвинторізна група верстатів.

Незалежно від типорозміру і конструктивних особливостей всі токарно-гвинторізні верстати мають такі основні вузли: станина, передня бабка, задня бабка, коробка подач з ходовим гвинтом і валом; фартух з механізмом подачі, супорт (рисунок 2.13).

Станина 3 виконує функцію деталі, на яку монтують усі основні вузли та частини верстата і яка закріплюється на тумбах 1, 19. У передній тумбі 1 вмонтований електродвигун головного привода верстата. На станині встановлюють передню бабку 5, коробку подач 2, супорти 10, 15. задню бабку 18. Передня бабка розміщується на лівому кінці станини. Вона має чавунний корпус, у середині якого розташовані коробка швидкостей та пустотілий шпиндель. Коробка швидкостей передає рух обертання шпинделю і дозволяє змінювати частоту та напрямок обертання за допомогою рукояток 6, 9. На правому кінці шпинделя встановлюють пристосування для закріплення заготовки, яку обробляють (патрон, планшайба та інші).

Коробка подач 2 дозволяє змінювати частоту обертання ходового вала або



1 - передня тумба, 2 - коробка подач, 3 - станина, 4 - гітара змінних зубчатих коліс, 5 - передня бабка, 6, 9 - рукоятки управління коробкою швидкостей, 7 - рукоятка перемикачів ланки збільшення кроку різь, 8 - рукоятка переміщення реверса ходового гвинта; 10 - поздовжній супорт, 11 - кнопка вмикачів шестерні при нарізанні різь, 12 - маховик ручного поздовжнього переміщення супорта, 13 - різцетримач, 14 - рукоятка ручного поперечного переміщення супорта, 15 - верхній (поперечний) супорт, 16 - рукоятка ручного переміщення верхньої частини супорта, 17 - фартух, 18 - задня бабка, 19 - тумба. 20, 23 - рукоятки вмикачів, вимикання і реверсування обертання шпинделя, 21 - рукоятка управління переміщенням супорта, 22 - рукоятка вмикачів роз'ємної гайки, 24, 25 - рукоятки управління коробкою подач.

Рисунок 2.9 - Загальний вид токарно - гвинторізного верстата

ходового гвинта, а також величини поздовжніх і поперечних подач супорта за допомогою рукояток 24, 25. Коробка подач з'єднана зі шпинделем гітарою змінних зубчатих коліс 4, яка служить для передавання обертання від шпинделя до коробки подач.

Супорт забезпечує можливість механічного переміщення різця у поздовжньому і поперечному напрямках. Він складається з поздовжнього супорта 10, який переміщується по напрямним станини і забезпечує і поздовжню подачу, та верхнього супорта 15, який переміщується по напрямним поздовжнього супорта перпендикулярно до осі обертання заготовки.

Верхній поворотний супорт можливо встановлювати під різним кутом до осі обертання заготовки. На поперечному супорті 15 змонтований чотирьох позиційний різцетримач 13. Величина переміщення супорта визначається за допомогою лімбів, які мають вигляд циліндричних барабанів з поділками. Ціна поділок лімба, тобто величина переміщення супорта при повороті рукояток ручної подачі 12, 14, 16 на одну поділку, характеризує точність верстата. До поздовжнього супорта кріплять фартух 17, який служить для розміщення



механізму передачі обертання від ходового вала і перетворення обертального руху ходового вала у прямолінійний поступальний рух супорта у поздовжньому і поперечному напрямках.

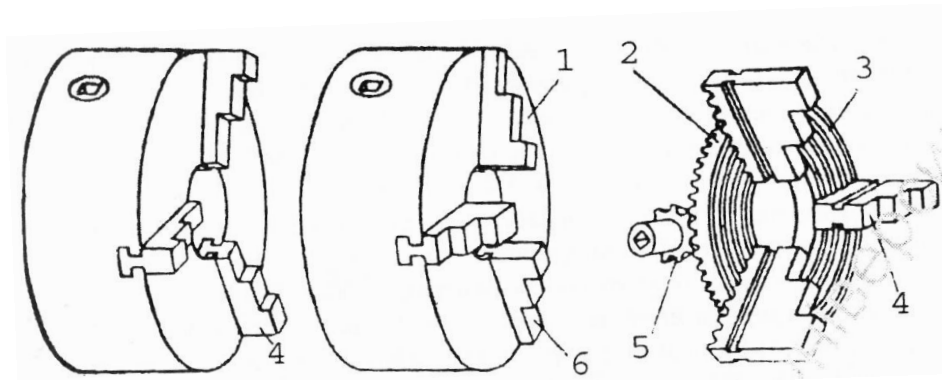
При нарізанні різей використовується ходовий гвинт, для перемикавання якого існують рукоятки 7, 8. Для усіх інших видів токарної обробки застосовується ходовий вал.

Задня бабка 18 розміщується на правому кінці станини і може переміщатися по її напрямним. Вона використовується для закріплення заднього центра або різального інструмента для обробки отворів (свердла, зенкера, розгортки).

Для закріплення заготовок на токарно-гвинторізних верстатах і надання їм обертального руху найчастіше використовують патрони, центри, планшайби, люнети і оправки.

Характер встановлення і закріплення заготовки залежить від типу верстата, виду поверхні, яка оброблюється, характеристики заготовки: відношення довжини заготовки до її діаметру і потрібної точності обробки.

Патрони використовують для закріплення заготовок при відношенні довжини до діаметру  $L/d = 4$ .



*1 - корпус, 2 - диск, 3 - спіральні канавки диска, 4 - кулачки, 5 - конічні колеса*

*Рисунок 2.14 - Трикулачковий самоцентруючий патрон*

Найбільш розповсюджені трьохкулачкові самоцентруючі патрони (рисунок 2.14) і чотирьох кулачкові патрони з кулачками, що переміщуються індивідуально (несамоцентруючі).

Трикулачковий самоцентруючий патрон (рисунок 2.10) має пустотілий корпус 1 всередині якого розташований диск 2. З одного боку диска нарізані конічні зубці, які постійно перебувають в зачепленні малими конічними колесами 5. В корпусі патрона прорізані три радіальні пази, в яких розміщуються кулачки 4. На кожному кулачку є спіралька рейка, виступи якої входять до канавок диска 3. Коли обертається колесо, обертається диск і спіраль, яка розташована на його торці і переміщує усі три кулачки до осі патрона чи від неї. При цьому відбувається одночасне центрування і закріплення заготовки.

Чотириохкулачковий несамоцентруючий патрон має чотири кулачки. Кожен кулачок за допомогою нарізного з'єднання може переміщуватись незалежно від інших в радіальному напрямку, тому у такому патроні закріплюються заготовки будь - якої форми.

Різець закріплюють в чотирьох позиційному поворотному різцетримачі. Необхідно встановлювати різець по висоті так, щоб вершина його співпадала з віссю центрів передньої і задньої бабок (рисунок 2.15).

Виліт різця при закріпленні повинен бути мінімальним, який забезпечував би зручну і безпечну обробку (рисунок 2.16). Надмірний виліт різця викликає зменшення жорсткості і виникнення вібрацій при обробці.

На токарно-гвинторізних верстатах виконують такі види робіт:

- обточування зовнішніх циліндричних і конічних поверхонь;
- розточування внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь;

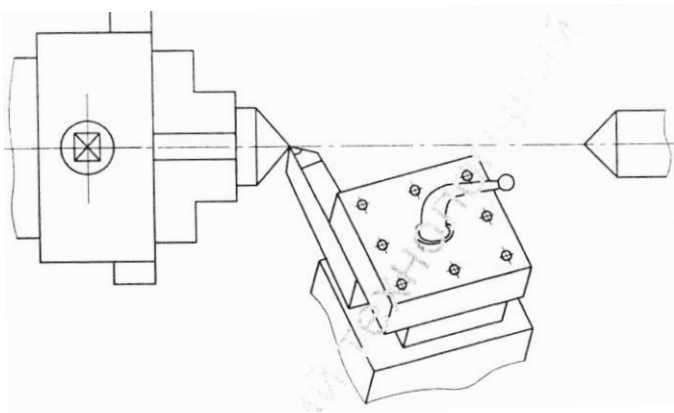


Рисунок 2.15 - Схема встановлення різця по осі центрів верстата

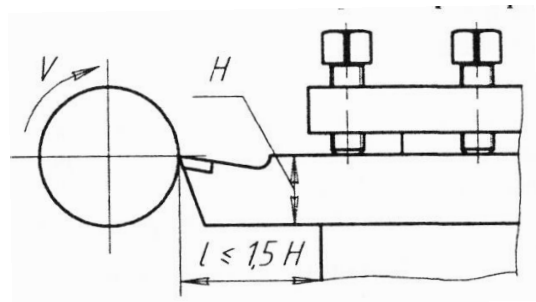


Рисунок 2.16 - Схема закріплення токарного різця

- точіння торцевих поверхонь;
- свердління, зенкерування, розвертування отворів;
- нарізання зовнішніх і внутрішніх різей;
- точіння фасонних і сферичних поверхонь;
- відрізання деталей і прорізання канавок різних профілів;
- обкочування поверхонь.

### Режими різання у токарній обробці

Незалежно від виду виконуваних робіт перед початком обробки на токарному верстаті проводиться його налагодження і настроювання.

Настроюванням верстата називають встановлення необхідних режимів різання, елементами яких є глибина різання  $t$ , подача  $S$ , частота обертання шпинделя  $n$ , або швидкість різання  $V$ .

*Глибиною різання* називається товщина шару матеріалу, який зрізується за один робочий хід. При зовнішньому точінні глибина різання визначається за формулою:

$$t = (D - d)/2, \text{ мм} \quad (2.2)$$

де  $D$  - діаметр заготовки до обробки, мм;  $d$  - діаметр обробленої поверхні деталі, мм.

Глибина різання призначається в залежності від припуску на обробку з урахуванням вимог до якості поверхні.

Подача визначається виходячи з необхідної якості оброблюваної поверхні. Збільшення подачі збільшує продуктивність, але зростають сили різання, потужність, яка витрачається на різання, погіршується якість поверхні.

*Швидкість різання* - це швидкість руху точки на поверхні заготовки відносно різальної кромки інструмента у напрямку головного руху за одиницю часу. Швидкість різання обчислюють за формулою:

$$V = \pi \cdot D \cdot n/1000, \text{ мм/хв} \quad (2.3)$$

де  $D$  - максимальний діаметр поверхні заготовки, яка обробляється, мм,  
 $n$  - частота обертання заготовки, об/хв.

### ***Контрольні питання***

1. Які види класифікацій токарних різців існують?
2. Які існують типи різців за технологічним призначенням?
3. Для чого призначені прохідні прямі, відігнуті та упорні різці, в чому їх відмінність?
4. Для чого використовують розточувальні різці?
5. Для чого призначені фасонні різці?
6. Якими різцями можна обробити торцеві поверхні?
7. Наведіть класифікацію рухів при різанні.
8. Назвіть основні розмірні характеристики токарних верстатів?
9. Які види робіт можна виконувати на токарно-гвинторізному верстаті?
10. Назвіть основні вузли токарно-гвинторізного верстату.
11. Яке призначення передньої і задньої бабок, шпинделя, поздовжнього і поперечного супортів?
12. Що розуміють під налагодженням верстата?
13. Що належить до режимів різання при токарній обробці? Дати визначення кожному з них.

***\*\*\* Тривалість проведення лабораторної роботи - 4 години***

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 ФРЕЗЕРНИЙ МЕТОД ОБРОБКИ І ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ

### Мета роботи

Ознайомлення з фрезерним методом механічної обробки, технологічним, фрезерним обладнанням, основними типами фрез і режимами різання.

### Оснащення роботи

Плакати, різнотипний фрезерний інструмент, вертикально-фрезерний та горизонтально-фрезерний верстати.

### Теоретичні відомості

#### *Технологічне обладнання і пристрої*

Фрезерування - один з найбільш продуктивних і розповсюджених методів механічної обробки різанням, при якому головний рух - обертальний рух інструмента виконує фреза, а поступальний рух подачі - заготовка. В окремих випадках фреза може одночасно здійснювати окрім головного руху і рух подачі (наприклад на шпонково-фрезерувальних верстатах). Також подачею може бути і обертальний рух заготовки навколо осі стола, який обертається або барабана (карусельно - фрезерні і барабанно - фрезерні верстати).

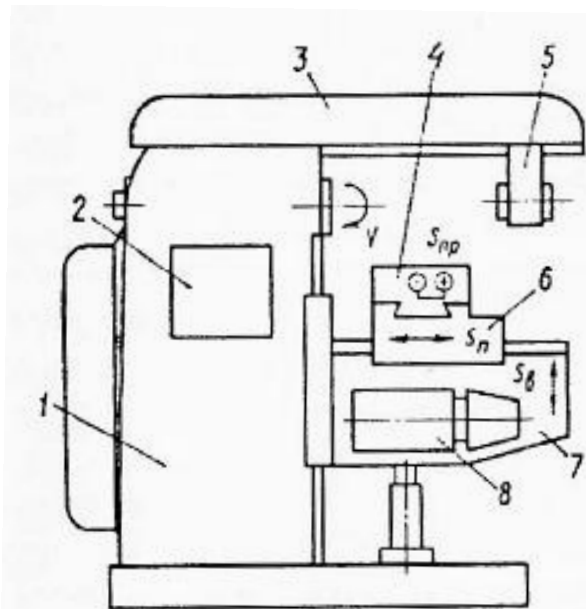


Рисунок 6.1 - Горизонтально-фрезерувальний верстат

1 - станина, 2 - коробка швидкостей, 3 - хобот, 4 - стіл, 5 - підвіска, 6 - салазки, 7 - консоль, 8 - коробка подач

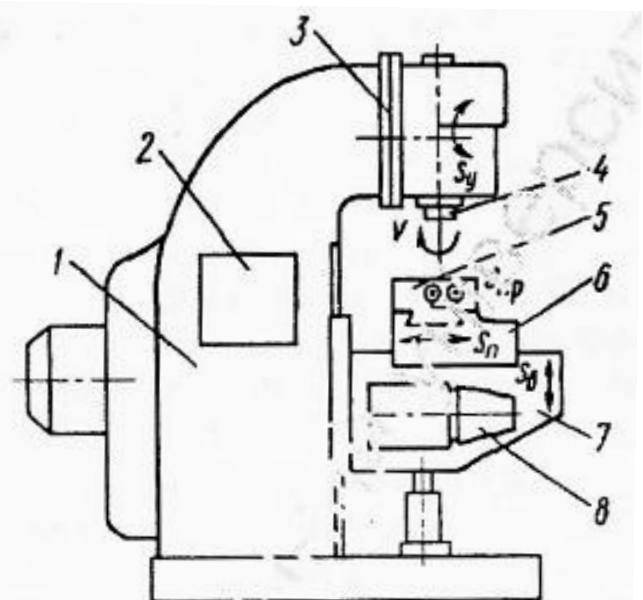


Рисунок 6.2 - Вертикально-фрезерувальний верстат

1 - станина, 2 - коробка швидкостей, 3 — шпиндельна головка, 4 - шпиндель, 5 - стіл, 6 - салазки, 7 - консоль, 8 - коробка подач

Фрезерний метод обробки здійснюється на фрезерному обладнанні, найбільш розповсюдженими типами якого є горизонтально (рисунок 6.1) і вертикально-фрезерувальні верстати (рисунок 6.2).

Основними вузлами цих верстатів є станина, коробка швидкостей, стіл, салазки, консоль, коробка подач, шпindel. Вертикально-фрезерувальні верстати мають шпindelну головку, а горизонтально-фрезерувальні - хобот і підвіску.

Станина має коробчасту форму. На ній закріплюються головні вузли та механізми верстата. Заготовка встановлюється і закріплюється на столі верстата. Стіл встановлюється на салазках, по напрямним яких він може рухатись, забезпечуючи повздовжню подачу заготовки.

Салазки знаходяться на консолі і можуть рухатись разом зі столом по її напрямним, забезпечуючи поперечну подачу заготовки.

Консоль монтується на станині і може рухатись по її напрямним разом із салазками та столом, забезпечуючи вертикальну подачу заготовки. В консолі розміщена коробка подач разом з електродвигуном приводу подачі. За допомогою неї встановлюють потрібні повздовжню, поперечну та вертикальну подачі столу.

Коробка швидкостей разом з електродвигуном розташована в станині і призначена для встановлення потрібної частоти обертання шпинделя верстата, забезпечуючи необхідну швидкість різання.

Шпindel у вертикально-фрезерувальних верстатів має вертикальне розташування, а в горизонтально-фрезерувальних - горизонтальне. Він являє собою вал з наскрізним отвором і служить для надання різальному інструменту головного - обертального руху.

Шпindelна головка вертикально-фрезерувального верстата дозволяє змінювати положення осі шпинделя від перпендикулярного відносно робочій поверхні стола до нахилоного в межах  $\pm 45^\circ$  вправо чи вліво. Це дозволяє оброблювати поверхні розташовані не під прямими кутами. Хобот у горизонтально-фрезерувальних верстатів монтується на станині. Він призначений для закріплення підвіски яка підтримує оправку, на якій встановлюється фреза.

Для закріплення заготовок на столі фрезерувальних верстатів використовують два способи: безпосередньо на робочій поверхні стола, і в верстатному пристрої. Перший спосіб використовують в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва та при обробці великих за розміром заготовок. Затискають заготовку за допомогою прихватів. При другому способі заготовку затискають або в універсальному пристрої, наприклад у верстатних лещатах в умовах дрібносерійного виробництва, або в спеціальному пристрої, який призначений для затискання заготовок певної форми та розмірів. Затискання заготовки в спеціальному верстатному пристрої потребує мінімальних витрат часу, однак є необхідність у виготовленні такого пристрою, що потребує додаткових витрат коштів. Цим пояснюється застосування таких пристроїв тільки при обробці великих партій заготовок в середньо-, великосерійному та масовому типах виробництва.

Для встановлення різального інструменту на вертикально фрезерувальних верстатах використовують п'ять основних способів: на оправці з перехідним фланцем; на оправці зі шпонкою; за допомогою перехідної втулки; безпосередньо на шпинделі і в цанговому патроні.

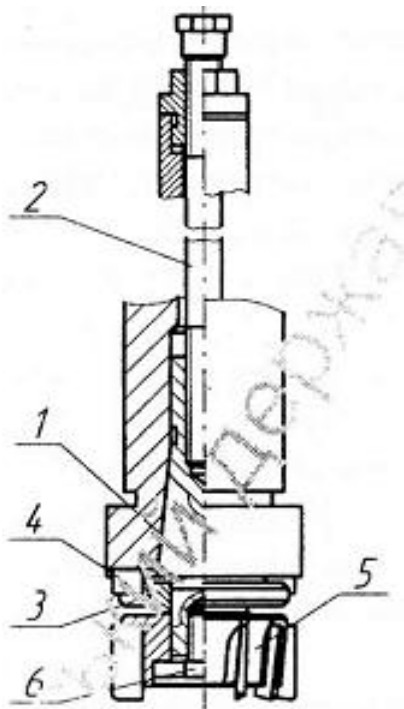


Рисунок 6.3 - Схема закріплення фрези на оправці з перехідним фланцем  
1 - оправка, 2- шомпол, 3 - перехідний фланець, 4-шпонка, 5-фреза, 6 - гвинт

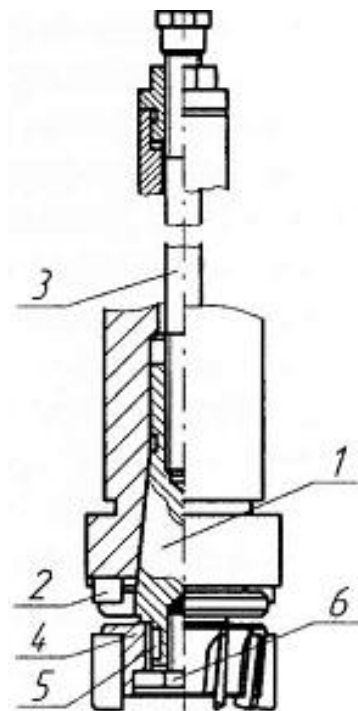


Рисунок 6.4 - Схема закріплення фрези на оправці зі шпонкою  
1 - оправка, 2 - шпонка, 3 - шомпол, 4 - фреза, 5 - шпонка, 6 - гвинт

Закріплення фрези на оправці з перехідним фланцем використовують при роботі з фрезами які мають пази на базовому торці. При цьому способі в конус шпинделя (рисунок 6.3) встановлюють оправку 1 і затягують її шомполом 2. На оправку встановлюють перехідний фланець 3 так, щоб в його пази увійшли шпонки 4 закріплені на шпинделі. Після цього, притримуючи фланець, на оправку встановлюють фрезу 5 так, щоб виступи фланця увійшли в пази на базовій торцевій поверхні фрези. Фрезу з фланцем затягують гвинтом 6.

Закріплення фрези на оправці зі шпонкою використовують при роботі з фрезами, які мають шпонкову канавку в базовому отворі. При цьому способі в конус шпинделя встановлюють оправку 1 (рис. 6.4), так щоб в пази її фланця увійшли шпонки 2 шпинделя і затягують шомполом 3. На циліндричну шийку оправки встановлюють фрезу 4 так, щоб шпонковий паз в її базовому отворі співпав зі шпонкою 5 на оправці. Після цього фрезу затягують гвинтом 6.

За допомогою перехідної втулки закріплюють фрези, які мають хвостовик з конусом Морзе, котрий не співпадає за типом, чи розмірами з внутрішнім конусом отвору в шпинделі верстата. При тому способі в перехідну втулку 1 (рисунок 6.5) встановлюють фрезу 2, конус хвостовика якої за розміром відповідає внутрішньому конусу втулки. Перехідну втулку разом з фрезой

встановлюють в шпindel так, щоб пази на фланці перехідної втулки співпали з шпонками 3 шпинделя. Після чого фрезу затягують шомполом 4.

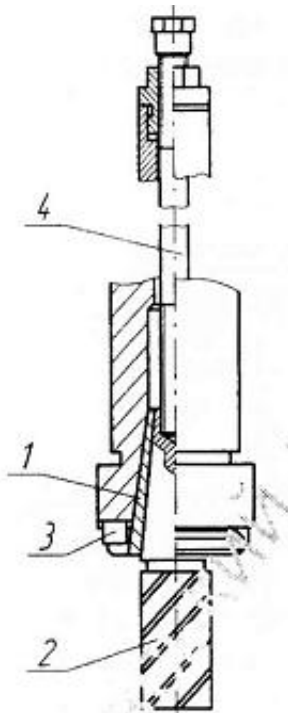


Рисунок 6.5 - Схема закріплення фрези за допомогою перехідної втулки  
1 – перехідна втулка, 2- фреза, 3 - шпонка, 4 - шомпол

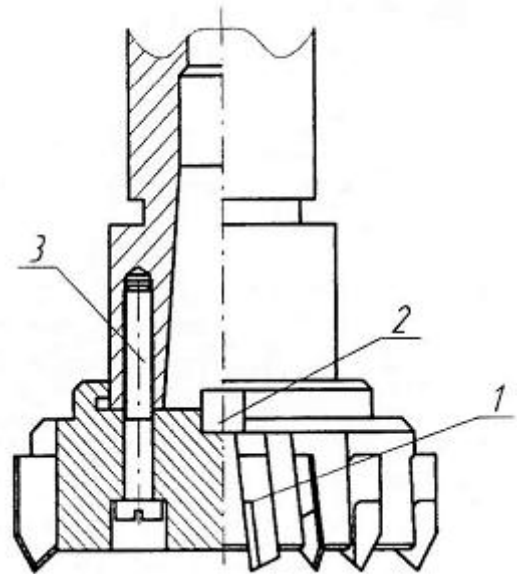


Рисунок 6.6 - Схема закріплення фрези безпосередньо на шпинделі  
1 - фреза, 2 - шпонка, 3 - гвинт

Безпосередньо на шпинделі закріплюють фрези великого діаметру, які мають на базовому торці циліндричну виточку, паз під шпонку і чотири отвори під гвинти. При цьому способі фреза 1 циліндричною виточкою встановлюється безпосередньо на шпindel так, щоб пази на торці фрези співпали з шпонками 2 шпинделя. Після цього фреза затягується чотирма гвинтами (рисунок 6. 6).

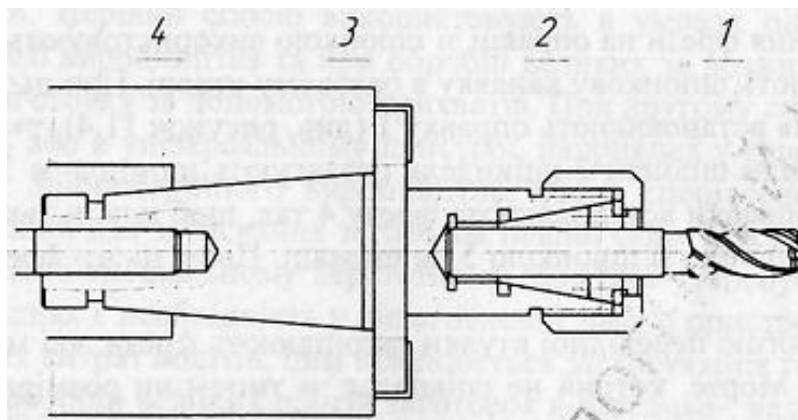


Рисунок 6.7 - Схема закріплення фрези в цанговому патроні  
1- фреза, 2 - цанговий патрон, 3 –шпindel, 4 - шомпол

Цанговий патрон використовують для закріплення фрез з циліндричним хвостовиком (рисунок 6.7).

Для встановлення різального інструменту на горизонтально-фрезерувальних верстатах використовують шість способів. П'ять - аналогічні способам встановлення різального інструменту на вертикально-фрезерувальних верстатах. Схема закріплення за шостим способом наведена на рисунку 6.8.

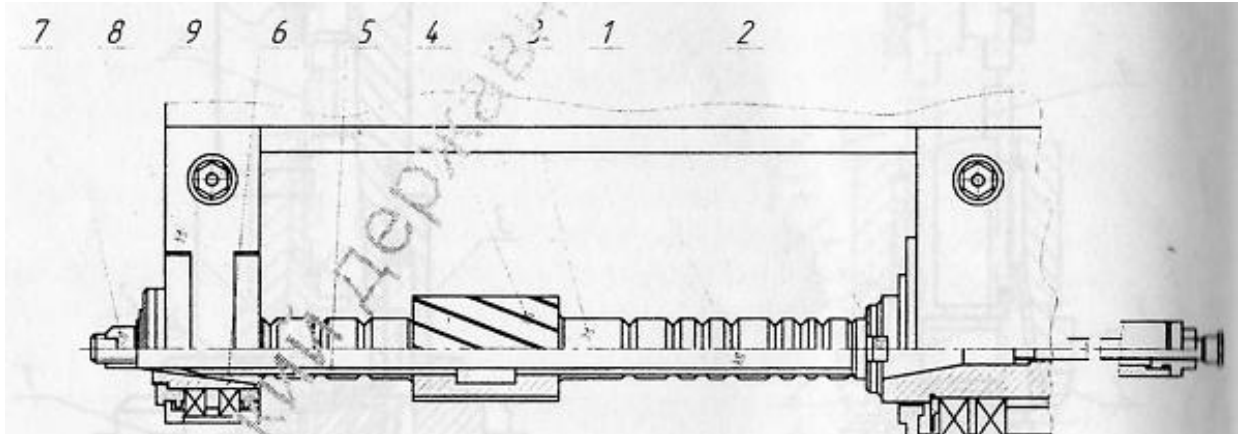


Рисунок 6.8 - Схема закріплення фрези на горизонтально-фрезерувальному верстаті

1 - оправка, 2- шпонка на шпинделі, 3 - дистанційне кільце, 4 - фреза, 5 - шпонка, 6 - конусна втулка, 7- гайка, 8 - підвіска, 9 - гайка

При цьому способі фрезерну оправку 1 встановлюють в шпиндель верстата так, щоб пази на її фланці співпадали зі шпонками 2 шпинделя. На оправку встановлюють дистанційні кільця 3 і на необхідній відстані від торця шпинделя - фрезу 4, суміщуючи шпонковий паз в її отворі зі шпонкою. Після цього на оправку знову встановлюють ряд кілець і конусну втулку 6. Набір кілець з фрезою та конусною втулкою затягують на оправці гайкою 7. Після цього на конусну втулку насувають до упору підвіску 8 і закріплюють її на хоботі гайкою 9.

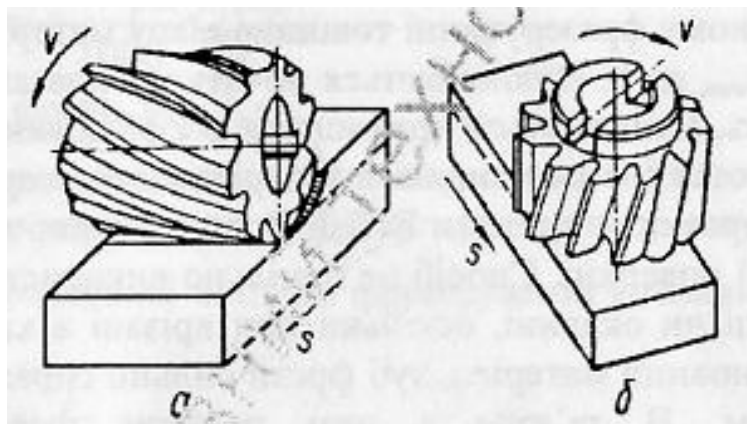


Рисунок 6.9 – Схеми фрезерування площини

а – циліндричне фрезерування, б – торцеве фрезерування



На фрезерувальних верстатах оброблюють горизонтальні, вертикальні та нахилені поверхні, фасонні поверхні, уступи і пази різного профілю. Особливість процесу фрезерування - переривчасте різання кожним зубом фрези. Зуб фрези знаходиться у контакті з заготовкою, та виконує роботу різання тільки на деякій частині оберту, а потім продовжує рух, не торкаючись заготовки, до наступного врізання. На рисунку 6.9 показані схеми фрезерування площини циліндричною і торцевою фрезами. При циліндричному фрезеруванні площини роботу виконують зубці, що розташовані на циліндричній поверхні фрези. При торцевому фрезеруванні площин у роботі беруть участь зубці, що розташовані на циліндричній та торцевій поверхні фрези.

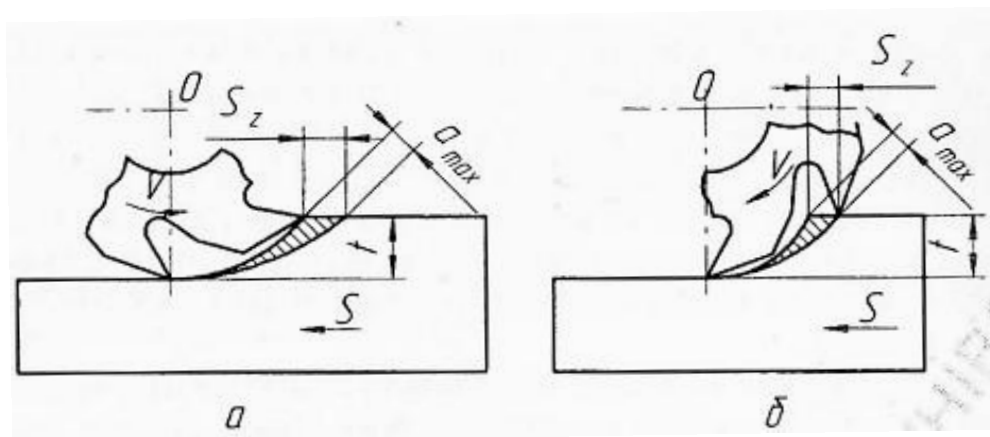


Рисунок 6.10 – Схеми фрезерування площини  
*a* – зустрічне фрезерування, *б* – попутне фрезерування

В залежності від напрямку обертання фрези та напрямку подачі заготовки розрізняють зустрічне та попутне фрезерування (рисунок 6.10).

При зустрічному фрезеруванні (рисунок 6.10, а) вектори руху фрези та заготовки в зоні різання направлені в протилежні сторони, а при попутному (рисунок 6.10, б) співпадають.

При зустрічному фрезеруванні товщина шару матеріалу, який зрізується зубом фрези, змінюється від 0 до максимальної величини  $a_{max}$ . Поступове збільшення товщини шару сприяє плавній роботі фрези, але перш ніж врізаючись в оброблюваний матеріал, зуб фрези деякий час ковзає по поверхні різання, зміцненій внаслідок пластичних деформацій при різанні попереднім зубом. Це призводить до нагрівання та інтенсивного спрацювання фрези. Сили, які виникають при зустрічному фрезеруванні, намагаються змістити заготовку від зайнятого при закріпленні положення, що викликає вібрації та збільшення шорсткості оброблюваної поверхні.

Перевагою зустрічного фрезерування є робота зубців фрези "з-під кірки", тобто зуб фрези підходить до більш твердого поверхневого шару знизу і частково сколює його. Це зменшує інтенсивність спрацювання фрези. В зв'язку з цим зустрічне фрезерування доцільно використовувати при чорновій обробці заготовок які мають тверду поверхневу кірку внаслідок отримання литтям, або обробкою тиском.

При попутному фрезеруванні товщина шару матеріалу, який зрізується, змінюється від  $a_{max}$  до 0. Виключається початкове ковзання зуба, сили різання, що виникають, намагаються притиснути оброблювану заготовку до столу верстата, знижуються, в порівнянні з зустрічним фрезеруванням, вібрації та підвищується жорсткість системи ВПД. Все це сприяє зменшенню шорсткості оброблюваної поверхні. Спосіб доцільно використовувати при обробці по ливарній кірці чи окалині, оскільки при врізанні в кірку, яка має більшу твердість ніж основний матеріал зуб фрези сильно спрацьовується через врізання з ударом. В зв'язку з цим попутне фрезерування доцільно використовувати при чистовій обробці.

Елементами режимів різання при фрезеруванні є глибина різання  $t$  подача  $S$ , швидкість різання  $V$  та ширина фрезерування  $B$  (рисунок 6.11).

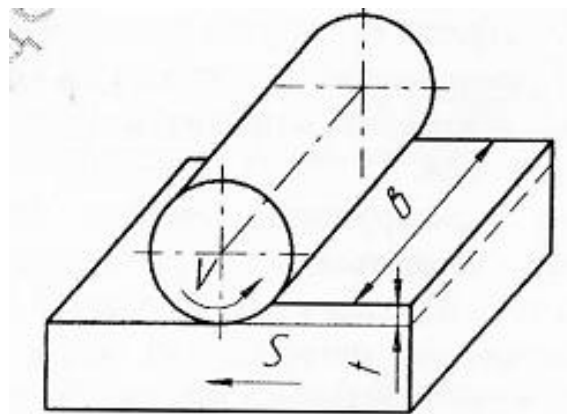


Рисунок 6.11 – Елементи режимів різання при фрезеруванні циліндричною фрезою

*Глибина різання  $t$* , мм - це товщина шару металу, яка знімається за один робочий хід фрези, виміряна перпендикулярно поверхні, яка оброблюється.

*Подача* - це поступальне чи обертове переміщення заготовки відносно фрези. При фрезеруванні розрізняють три різновиди подачі:

$S_z$ , мм/зуб - подача на один зуб фрези - переміщення заготовки відносно фрези за час її кутового повороту на один зуб;

$S_o$ , мм/об - подача на один оберт фрези - переміщення заготовки, відносно фрези за один її оберт;

$S_{xв}$ , мм/хв - хвилинна подача - переміщення заготовки відносно фрези за хвилину.

Ці подачі пов'язані між собою залежністю:

$$S_{xв} = S_o \cdot n = S_z \cdot Z \cdot n, \text{ мм/хв} \quad (6.1)$$

де  $Z$  - число зубців фрези,  $n$  - число обертів шпинделя верстата, об/хв.

*Швидкість різання  $V$*  це колова швидкість найбільш віддаленої від осі обертання точки різальної кромки фрези. Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \pi \cdot D_f \cdot n / 1000, \quad \text{м/хв} \quad (6.2)$$

де  $D_f$  - діаметр фрези, мм.

*Ширина фрезерування*  $B$ , мм це довжина поверхні контакту фрези з заготовкою, виміряна в напрямку перпендикулярному напрямку подачі.

Перед обробкою поверхні на фрезерувальному верстаті необхідно вибрати і встановити фрезу, затиснути заготовку, встановити частоту обертання шпинделя, величину подачі, та глибину різання.

Тип фрези вибирається в залежності від форми оброблюваної поверхні. Матеріал різальної частини фрези - в залежності від матеріалу оброблюваної заготовки, виду обробки (чорнова, чистова, тонка), умов обробки. Заготовка встановлюється на столі верстата або в пристрої і надійно затискається так, щоб її не вирвало під час фрезерування.

Частоту обертання шпинделя встановлюють в залежності від виду обробки, типу фрези і матеріалу її різальної частини та матеріалу заготовки за допомогою відповідних положень зубчатих коліс коробки швидкостей.

Величину подачі встановлюють в залежності від виду обробки, типу фрези та матеріалу заготовки за допомогою вибору відповідних положень зубчатих коліс коробки подач.

Глибину різання встановлюють при увімкненому обертанні шпинделя. Для цього за допомогою переміщень стола доводять заготовку до контакту з фрезою. Після цього не змінюючи положення заготовки в напрямку глибини різання відводять її разом зі столом від фрези в напрямку подачі і переміщенням стола у вертикальному напрямку встановлюють необхідну глибину різання за допомогою відповідного лімбу.

Для обробки поверхні необхідно підвести заготовку до фрези на відстань 5-10 мм і увімкнути механічну подачу. Після закінчення фрезерування необхідно вимкнути подачу, перемістити стіл у вихідне положення і вимкнути обертання шпинделя.

### *Основні фрезерувальні інструменти*

*Фреза* - багатолезовий різальний інструмент, зубці якого послідовно вступають у контакт з оброблюваною поверхнею. В залежності від призначення та виду поверхонь для фрезерування застосовують фрези різних конструкцій, типів, з різним матеріалом різальної кромки.

За технологічним призначенням розрізняють наступні типи фрез (рисунок 6.12): циліндричні, торцеві, кінцеві, шпонкові, дискові, кутові, відрізні, фасонні, модульні.

*Циліндричні фрези* (рисунок 6.12 а, б) призначені для обробки плоских поверхонь на горизонтально-фрезерних верстатах. Ці фрези мають зубці тільки на циліндричній поверхні і можуть бути з прямими чи гвинтовими різальними лезами. Як правило, циліндричні фрези мають гвинтові гострокінцеві зубці, що полегшує процес врізання фрези в оброблюваний матеріал, оскільки зубці врізаються та виходять із зони контакту не одночасно по всій ширині, а поступово.

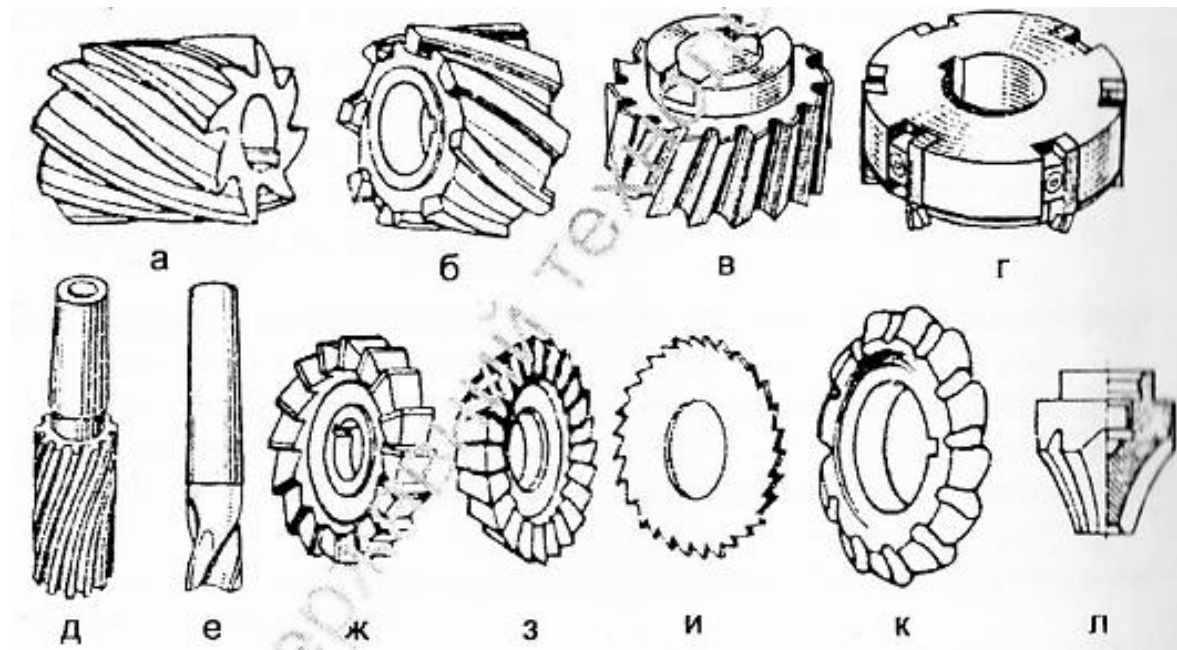


Рисунок 6.12 - Основні типи фрез

а, б - циліндричні, в — торцева суцільна, г - торцева збірна, д - кінцева, е – шпонкова, ж - дискова, з - кутова, и - відрізна, к - дискова модульна, л - кінцева модульна

*Торцеві фрези* (рисунок 6.12 в, г) призначені для обробки широких горизонтальних і похилих площин на вертикально-фрезерних верстатах і вертикальних площин на горизонтально-фрезерних верстатах. Вони мають зубці на торці та на боковій поверхні. Торцеві фрези поділяють на насадні суцільні (рисунок 6.12, в) та збірної конструкції зі вставними зубцями (рисунок 6.12, г). У торцевих фрез збірної конструкції вставні зубці виготовляють з швидкорізальної сталі чи оснащують пластинами з твердих сплавів.

*Кінцеві фрези* (рисунок 6.12, д) слугують для обробка пазів, уступів, вертикальних і нахилених площин на вертикально-фрезерних верстатах. Прямокутні пази і відкриті шпонкові пази фрезерують також кінцевими фрезами. Різальна частина кінцевих фрез виготовляється з швидкорізальних сталей чи з напаяними пластинами з твердих сплавів.

*Фрези шпонкові* (див. рисунок 6.12, е) призначені для обробки закритих шпонкових пазів високої точності на вертикально-фрезерних верстатах.

*Дискові фрези* (див. рисунок 6.12 ж) призначені для фрезерування різних пазів, канавок, виїмок, уступів. Застосовуються при відрізних та прорізних роботах на горизонтально-фрезерних верстатах. Виготовляють їх суцільними з швидкорізальних сталей та зі вставними зубцями з твердих сплавів. Дискові фрези бувають двох - і трьохсторонні, які мають різальні кромки на зовнішньому контурі та на одному або двох торцях. Дисковими фрезами також обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах відкриті шпонкові пази.

*Кутові фрези* (рисунок 6.12, з) призначені для обробки похилих площин і скосів.

*Відрізні і шліцові фрези* (рисунок 6.12, и) - дискові фрези малої товщини призначені для розрізування матеріалів і прорізування вузьких канавок, наприклад, у головках гвинтів.

*Фасонні фрези* (рисунок 6.12, к) і модульні фрези (рисунок 6.12, л) застосовують для обробок поверхонь складної форми. Контур різальної кромки зуба повинен відповідати профілю поверхні, яка оброблюється. Виготовляють фасонні фрези зі швидкорізальної сталі.

*За величиною зубців* розрізняють фрези з дрібним зубом - для чистової обробки та з крупним зубом для чорнового фрезерування.

*За конструкцією* фрези бувають суцільними (рисунок 6.12 а-в, д-л,) і збірні (рисунок 6.12, г). Суцільні фрези виготовляють переважно з швидкорізальної сталі. Фрези збірної конструкції оснащені вставними зубцями, оснащеними твердосплавними пластинками, а корпус таких фрез виготовляють з конструкційної сталі. Ножі у збірних фрез закріплюють у корпусі пайкою або механічно.

В залежності від способу кріплення фрези на верстаті розрізняють фрези *насадні* (рисунок 6.12, а-г, ж-к), які мають отвір і закріплюються на оправці, і фрези *кінцеві* (рисунок 6.12, д, е) з конічним або циліндричним хвостовиком, який вставляється або безпосередньо в отвір шпинделя верстата, або з використанням перехідної втулки, якщо розміри хвостовика фрези і отвору в шпинделі відрізняються.

Фрези мають різні геометричні параметри в залежності від конструкції та призначення.

### **Методика виконання роботи**

1. Ознайомитись з головними вузлами та органами керування горизонтально і вертикально-фрезерувального верстатів.
2. Ознайомитись із способами встановлення і закріплення фрез на фрезерувальних верстатах.
3. Ознайомитись із способами встановлення і закріплення заготовок на фрезерувальному верстаті.
4. Ознайомитись з особливостями обробки заготовок на вертикально та горизонтально-фрезерувальному верстатах.
5. Ознайомитись на реальних зразках з конструкцією та призначенням різних типів фрез.
6. Відповісти на контрольні питання з приведенням необхідних рисунків, схем та формул.
7. Зробити висновок.

### **Контрольні питання**

1. Як конструктивно класифікуються фрезерувальні верстати?
2. Які основні вузли мають фрезерувальні верстати?

3. Які відмінності між горизонтально і вертикально-фрезерувальними верстатами?
4. Як встановлюється і затискається заготовка на фрезерувальних верстатах?
5. Які існують способи встановлення різальних інструментів на фрезерувальних верстатах?
6. Проаналізуйте можливі способи встановлення торцевих фрез.
7. Для чого і для яких фрез використовують при закріпленні перехідну втулку?
8. Які поверхні можна обробляти на фрезерувальних верстатах?
9. Які рухи присутні в процесі фрезерування?
10. Які схеми фрезерування розрізняють в залежності від напрямків руху фрези і заготовки?
11. Коли доцільно застосовувати зустрічне, коли попутне фрезерування?
12. Які елементи визначають режими різання при фрезеруванні?
13. Як встановлюється на фрезерувальному верстаті частота обертання шпинделя і глибина різання?
14. Що таке фреза, які її особливості як різального інструменту?
15. Які існують типи фрез?
16. Які існують класифікації фрез?
17. Для чого призначені циліндричні фрези?
18. З якою метою у циліндричних фрез зуб має гвинтовий профіль?
19. Для чого призначені торцеві фрези, які їх конструктивні особливості?
20. Коли використовують торцеві фрези, а коли - циліндричні?
21. Для чого призначені кінцеві і шпонкові фрези?
22. Наведіть приклади застосування відрізних фрез.
23. Які поверхні обробляють кутовими фрезами?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сапон С.П., Ігнатенко П.Л. Технологічні основи машинобудування. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» всіх форм навчання. - Чернігів: ЧДТУ 2009. - 109 с.
2. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. - Чернігів: ЧДТУ 2005. -496 с.
3. Бондаренко С.Г. Формування конструкторській і технологічних розмірних зв'язків. - Чернігів: ЧТІ, 1999. - 52 с.
4. Бондаренко С.Г. Основи розробки технології механоскладального виробництва. - Чернігів: ЧДТУ, 2002. - 99 с.