

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

**ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ  
ТА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
для здобувачів вищої освіти  
спеціальності 101 Екологія

Кропивницький, 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

**ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ ТА  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
для здобувачів вищої освіти  
спеціальності 101 «Екологія»

Затверджено на засіданні кафедри  
матеріалознавства та ливарного  
виробництва  
Протокол № 1 від «26» 08 2025 р.

Кропивницький, 2025

Технологія основних виробництв. Методичні рекомендації до вивчення курсу та виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. –60 с. Укл. Молокост Л.А., Кропівний В.М., Кузик О.В.

©Технологія основних виробництв/Укладачі:  
Л.Молокост, В.Кропівний, О.Кузик, 2025  
© ЦНТУ, 2025 р

## ВСТУП

Всі технології виробництв складаються з обмеженої кількості технологічних операцій, яким властиві певні механічні, фізичні, хімічні, біохімічні перетворення. Технологія будь-якого виробництва за звичай викладена в технічній документації, яка складається у відповідності із встановленими стандартами або технічними умовами (конструкторська документація, норми витрати сировини, палива, енергії, допоміжних матеріалів та ін.)

Основною метою дисципліни покладено виробленню у здобувачів навичок системного підходу до оцінки технології виготовлення будь-якого виробу на основі відомих початкових даних (кількість та якість продукту, наявність сировини, устаткування, стан технології та сучасних технологічних доробок, вартість устаткування та сировини, екологічна безпека, попит ринку, тощо).

В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен знати:

- структуру промисловості України;
- наявність продуктів, що виробляються в Україні (регіоні, світі), та їх відповідність вимогам за кількістю і якістю світовим стандартам;
- наявність, місце знаходження та якість сировини для технології виробництва даної продукції (виробу);
- основні засоби виготовлення певного виробу та принципів його довершеності;
- правил будови технологічних схем (ліній);
- відповідність технологій виробництва сучасним вимогам світових стандартів;
- принципи виробу основних характеристик технологічних ліній;
- визначення економічної доцільності виробництва певного виробу.

Методичні рекомендації призначені для здобувачів спеціальності 101 «Екологія».

По цій дисципліні згідно навчального робочого плану організації навчального процесу передбачена два рубіжних контролю – (аудиторного і позааудиторного навчального навантаження в годинах). Навчальне навантаження складається із лекцій, лабораторних робіт, самостійної роботи.

В залежності від складності матеріалу окремих рубіжних контролів розроблена система оцінки успішності в балах. Вона включає тестовий поточний контроль і оцінку самостійної роботи.

Таблиця 1

0 - 34 бали «незадовільно» (з повторенням навчальної діяльності) - F	
35-59 балів «незадовільно» (з повторним проходженням контрольних заходів)	- FX
60-66 балів «задовільно»	- E
67-73 балів «задовільно»	- D
74-81 балів «добре»	- C
82-89 балів «добре»	- B
90-100 балів «відмінно»	- A

**ПРИКЛАДИ ТЕСТІВ**  
**Рубіжний контроль 1**  
**Варіант 1**

„Основні властивості конструкційних матеріалів та їх макро-мікроаналіз”

1. При якому виді навантаження, виконують випробування металів на міцність?
  1. Стискаюче
  2. Розтягуюче
  3. Скручуюче
  4. Згинаюче
2. Яка залежність між діаметром відбитку і твердістю матеріалу?
  1. Не має залежності
  2. Зі зменшенням діаметру твердість зменшується
  3. Зі збільшенням діаметру твердість підвищується
  4. Зі зменшенням діаметру твердість підвищується
3. До якого характеру навантаження в часі належить випробування на ударну в'язкість?
  1. Втомленості
  2. Статичне
  3. Динамічне
4. На якому приладі визначають в'язкість?
  1. Маятниковому копрі
  2. Розривна машина
  3. Твердомір
5. За якою формулою визначають міцність?
  1.  $\sigma_{\hat{a}} = \frac{D_{\hat{a}}}{F_0}$
  2.  $A = P(H-h)$
  3.  $KCU = \frac{A}{F_0}$
  4. Не приведена

**Варіант 2**

ЛБ №2 „Лабораторні дослідження і вивчення матеріалів вугільної промисловості”

1. Чому буре вугілля при згоранні забруднює оточуюче середовище?
  1. Через низький вміст вуглецю.
  2. Через високий вміст сірки
  3. Через високий вміст вуглецю
  4. Через високий вміст вологи
2. За якою ознакою кам'яне вугілля поділяються на марки „Д”, „Г”, „Т”, „Ж”, „К”?
  1. За розмірами шматків.
  2. За рівнем вуглефікації.
  3. За виходом летючих речовин
  4. За щільністю.
3. Для чого встановлено поняття умовне паливо?
  1. Для зіставлення різноманітних видів палива.
  2. Для заміни одного виду палива іншим.
  3. Для розрахунку попиту і запасів.
  4. Для визначення кількості теплоти, яка виділяється при повному згоранні 1 кг твердого палива.
4. В якому з вказаних видів твердого палива найбільший вміст вуглецю?

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. Буре вугілля    | 3. Горючі сланці |
| 2. Кам'яне вугілля | 4. Торф          |
| 5. Антрацит        |                  |
5. В якій із зазначених груп бурого вугілля вміст вологи більший, ніж 40%
- |       |       |       |        |
|-------|-------|-------|--------|
| 1. Б1 | 2. Б2 | 3. Б3 | 4. Б40 |
|-------|-------|-------|--------|

### Варіант 3

1. Які нафтопродукти відносять до палива?
- |               |               |                    |
|---------------|---------------|--------------------|
| 1. Гас, літол | 2. Соляр, гас | 3. Бензин, солідол |
|---------------|---------------|--------------------|
2. Що відносять до консистентних мастил?
- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| 1. Компресорне | 3. Солідол      |
| 2. Моторне     | 4. Трансмисійне |
4. Що є показником бензинів?
1. Колір
  2. Антидетонаційна характеристика
  3. Питома вага
4. Від чого в першу чергу залежить октанове число бензину?
1. Хімічного складу бензину
  2. Способи перегонки нафти
  3. Родовища нафти
5. Яке пальне необхідно використати для великовантажного автомобіля?
- |          |        |        |
|----------|--------|--------|
| 1. Соляр | 2. А95 | 3. Гас |
|----------|--------|--------|

### ЛБ №3 „Лабораторні дослідження та вивчення деяких видів нафтопродуктів”

1. Що означає буква І в марці бензину АІ-92?
1. Октанове число визначається дослідним методом.
  2. Октанове число визначається моторним методом.
  3. Октанове число визначається моторним методом та дослідним методами.
2. Який основний показник якості мазуту зазначається при його маркуванні?
- |                      |              |
|----------------------|--------------|
| 1. Теплота згорання. | 3. Щільність |
| 2. Вміст сірки.      | 4. В'язкість |
3. Якими з названих властивостей характеризується бензин?
- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. Теплою згорання.        | 3. Детонаційною стійкістю |
| 3. Фракційним складом      | 4. Хімічною стабільністю  |
| 5. Температурою помутніння |                           |
4. Що є сировиною для моторних палив?
- |                 |          |
|-----------------|----------|
| 1. Деревина     | 3. Торф  |
| 2. Кокс         | 4. Нафта |
| 5. Буре вугілля |          |

5. Що відносять до консистентних мастил?

1. Літол, солідол.
2. Індустріальні, трансмісійні
3. Моторні, турбінні
4. Мазут, компресорні

## **Рубіжний контроль 2**

### **Варіант 1**

ЛР № 5 „Технологія виготовлення виливків у піщаних формах”

1. В чому полягає суть ливарного виробництва. Одержання:
  1. Ливарного чавуну
  2. Зливка
  3. Виливка
2. З чого переважно складається формова суміш?
  1. Пісок
  2. Глина
  3. Рідке скло
3. Що повинно обов'язково враховуватись на вертикальних поверхнях виливка?
  1. Галтелі.
  2. Напуски.
  3. Формовочні уклони.
4. Що є скріплювачем в стержневій суміші?
  1. Глина.
  2. Рідке скло.
  3. Вода
5. З якою метою застосовують напуск у виливках?
  1. Зменшити вагу виливка
  2. Покращення технологічності
  3. Зменшити напруги

### **Варіант 2**

ЛР № 6 ”Технологія холодного листового штампування”

1. Який вид заготовок використовують при холодному листовому штампуванні?
  1. Стрічковий, листовий, штабовий матеріали
  2. Листовий, прутковий, стрічковий матеріали
  3. Штабовий, стрічковий, сортовий матеріали
1. Назвіть формозмінні операції холодного листового штампування
  1. Витягування, згинання, пробивання
  2. Обтискання, витягування, формування
  3. Формування, витягування, вирубування
3. До якої товщини обробляють холодним листовим штампуванням?
  1. До 10 мм
  2. До 2 мм
  3. До 20 мм
4. Визначення, що таке згинання?
  1. Операція, яка змінює напрям осі деталі
  2. Процес утворення порожнистих виробів
  3. Процес місцевого зменшення поперечного перерізу порожнистого виробу
  4. Процес розділення по замкнутому контуру

5. Назвіть роздільні операції холодного листового штампування

1. Вирубвання, згинання, витягування
2. Пробивання, вирубвання, карбування
3. Пробивання, вирубвання, нарізання

### Варіант 3

#### „Технологія будівельних матеріалів”

1. Назвіть осадові матеріали

1. Глина, пісок
2. Глина, габро
3. Граніт, пісок

2. Безвипалювальні будівельні матеріали

1. Бетон, сілікатна цегла
2. Черепиця, вапно
3. Вапно, цегла

3. До яких матеріалів за походженням відноситься цегла, цемент, пісок, керамзит?

1. Пісок, цемент – штучні
2. Керамзит, пісок – природні
3. Цегла, керамзит – штучні

4. Яке із видів скла при ударах руйнується на мілкі округлені частки?

1. Триплекс
2. Сталініт
3. Профільне

5. Що визначає марку цементу?

1. Щільність
2. Міцність на стискування.
3. Термін затвердіння

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні властивості конструкційних матеріалів та їх макро- і мікроаналіз	2
2	Лабораторні дослідження і вивчення матеріалів вугільної промисловості	2
3	Лабораторні дослідження та вивчення деяких видів нафтопродуктів	2
4	Сировинні матеріали та продукти доменного виробництва	2
5	Технологія виготовлення виливків у піщаних формах	2
6	Технологія холодного листового штампування	2
7	Технологія ручного електродугового зварювання та електроконтактного зварювання	2

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Здобувачі повинні бути підготовлені до практичної роботи. Теоретична підготовка перевіряється за допомогою тестів.
2. Перед початком виконання практичних робіт необхідно отримати інструктаж з правил техніки безпеки і неухильно їх виконувати.
3. При виконанні лабораторних робіт, пов'язаних з металографічним аналізом, не торкатись оптики та поверхні мікрошліфів.
4. Не працювати на приладах, якщо не опановано досконально принцип їх роботи.
5. За пошкодження обладнання студенти несуть матеріальну відповідальність.
6. Після закінчення роботи студенти повинні прибрати своє робоче місце.

### ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Звіт з кожної роботи оформлюється тільки в окремому зошиті у відповідності з установленою схемою для кожної лабораторної роботи: назва і мета роботи, табличні дані, розрахунки, та висновки.
2. Оформлений звіт в кінці занять подається викладачеві для перевірки і підпису в разі позитивного тестування і виконання належного об'єму робіт.
3. В разі незадовільного тестування звіт теж подається для перевірки, а захист відбувається на консультаціях за розкладом.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ МАКРО- І МІКРОАНАЛІЗ

- Мета роботи:
1. Ознайомитись з методикою визначення механічних властивостей матеріалів. Освоїти методику вимірювання твердості.
  2. Освоїти методику і практику макро- і мікроскопічного аналізу.

#### 1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.

Для раціонального використання металів і сплавів необхідно знати їх фізичні, механічні й технологічні властивості.

До фізичних властивостей належить питома густина, питомий електроопір, температура плавлення та ін. Хімічні властивості характеризують поведінку матеріалів в хімічно активних середовищах, а технологічні – можливість проводити з матеріалом технологічні операції лиття (рідкотекучість, усадка), обробки тиском (ковкість), зварювання (зварюваність), обробки різанням.

Механічні властивості характеризують здатність матеріалу працювати під дією механічного навантаження.

Під дією зовнішніх сил у металах відбувається пластична деформація, метал змінює свою форму, розміри. При досягненні певних значень зовнішніх сил метал руйнується. Для кожного металу існує певна межа прикладених

зовнішніх сил, до якої він деформується, але зберігає цілість, тобто ще не руйнується.

За характером зміни в часі діючого навантаження розрізняють такі механічні випробування:

- статичні (при поступово зростаючому навантаженні);
- динамічні (ударні);
- втомленості (при багаторазовому циклічному навантаженні).

За напрямом дії розрізняють розтягуючі, стискаючі, згинаючі та скручуючі навантаження.

Механічні властивості визначаються випробуванням виготовлених з даного матеріалу зразків, які мають стандартизовані розміри й форму (рис 1.1.)

Ступінь навантаження матеріалу характеризується величиною напруження. У випадку одноосового розтягування (стискання) напруження визначають за формулою, МПа:

$$\sigma = \frac{P}{F_0},$$

де  $P$  – зусилля, прикладене до зразка, МН;  $F_0$  – початкова площа поперечного перерізу зразка,  $\text{м}^2$ .

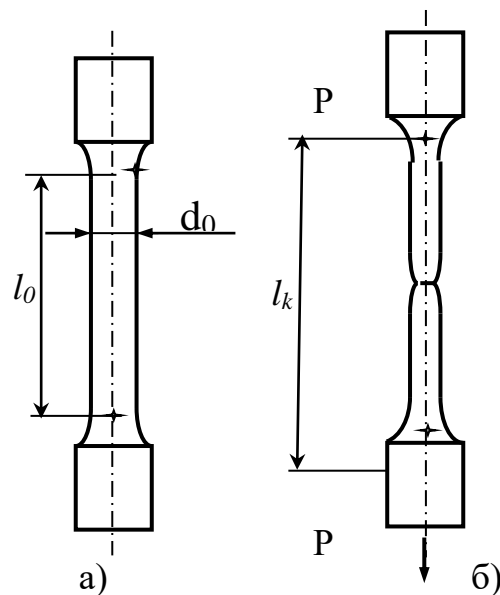


Рис. 1.1. Зразки для визначення міцності та пластичності при розтягуванні: а – до випробування ; б – після випробування.

До основних механічних властивостей відносять міцність, пластичність і твердість.

**Міцність** – здатність матеріалу не руйнуватись під дією зовнішніх сил. Вона характеризується величиною тимчасового опору (межею міцності), яка визначається на розривній машині напруженням, при якому відбулось руйнування зразка в процесі випробування, МПа:

$$\sigma_B = \frac{P_p}{F_0},$$

$P_p$  – зусилля, прикладене до зразка на розривній машині, при якому він зруйнується;  $F_0$  – початкова площа поперечного перерізу зразка,  $m^2$ .

**Пластичність** – здатність матеріалу змінювати без руйнування форму й розміри під дією навантаження, а також зберігати утворену форму після зняття навантаження. Малі значення пластичності називають крихкістю. Показниками пластичності являється відносне видовження ( $\delta$ ) та звуження ( $\psi$ ). Пластичність характеризується максимальним відносним видовженням, яке визначається на розривних зразках (рис. 1, а, б), одночасно з визначенням міцності. Відносне видовження – це відношення в процентах приросту довжини зразка ( $L_k - L_0$ ) після розриву до початкової довжини зразка  $L_0$  :

$$\delta = \frac{L_k - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

Ударна в'язкість – здатність матеріалу не руйнуватись під дією ударного навантаження. Показником в'язкості є питома робота руйнування,  $MH/m$ :

$$KCU = \frac{A}{F_0},$$

де  $A$  – робота, витрачена на руйнування зразка,  $MH \cdot m$ ;  $F_0$  – початкова площа поперечного перерізу зразка,  $m^2$ .

Робота руйнування зразка визначається на маятниковому копрі (рис.1.2) за формулою:

$$A = P(H - h),$$

де  $P$  – вага маятника,  $H$ ;  $H, h$  – висота піднімання маятника відповідно до і після руйнування зразка,  $m$ .

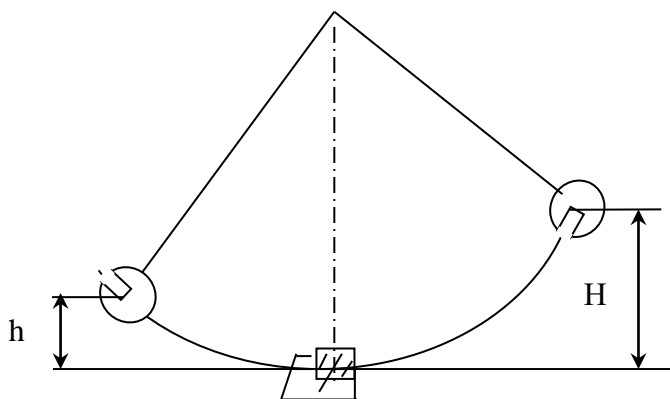


Рис.1.2. Схема визначення ударної в'язкості

**Твердість** – здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого, більш твердого тіла (індентора). Найбільш поширені методи визначення твердості: по Брінеллі (HB), Роквеллу (HRB, HRC, HRA), Віккерсу (HV). При визначенні твердості за методом Брінелля у матеріал, що випробується пресом, вдавлюють сталю загартовану кульку (рис. 1.3). Залежно від твердості й товщини зразка  $d_k$  – може бути 2,5; 5 чи 10 мм, а  $P = 1,8; 7,5$  чи 30 кН.

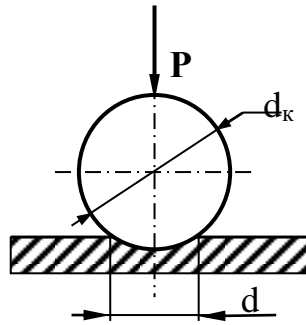


Рис. 1.2. Схема визначення твердості за методом Брінелля.

Після зняття навантаження на поверхні зразка залишається відбиток, розміри якого залежать від твердості матеріалу. Числа твердості за Брінеллем позначають НВ. На практиці їх значення визначають залежно від діаметра відбитка і навантаження за таблицями ГОСТ 9012-59. Діаметр відбитка на поверхні зразка визначають за допомогою вимірювального мікроскопа.

При вимірюванні твердості методом Роквелла в матеріал вдавлюють сталеву кульку діаметром 1,58мм. при навантаженні 100 кгс (для порівняно м'яких металів), або алмазний конус при навантаженнях 60 або 150 кгс для твердих матеріалів. Позначення відповідно: HRB, HRA, HRC.

## 2. ВИВЧЕННЯ БУДОВИ МЕТАЛІВ

Для вивчення будови металів застосовують макроскопічний та мікроскопічний метод аналізу. Макроскопічний метод (макроаналіз) полягає у вивченні будови металів і сплавів неозброєним оком та за допомогою лупи зі збільшенням до 30-40 разів. Будова металів, вивчена за цим методом, називається макроструктурою. Макроаналіз дозволяє визначити: а) порушення суцільності металу: усадкові рихлоти, газові пухирі й раковини, тріщини, порожняки, котрі виникають у литві; тріщини при термічній обробці або обробці тиском; при зварюванні – непровари й тріщини; б) будову сплавів: величину зерен, їх форму, розташування (дендритну будову литва);

- в) хімічну неоднорідність розподілу деяких елементів у сплаві (ліквацію);
- г) неоднорідність сплаву, викликану термічною, хіміко-термічною або термомеханічною обробками, наприклад, зону цементації, поверхневе гартування та ін;
- д) неоднорідність будови сплаву, викликану його наступною обробкою тиском, - фігури течі металу, волокнистість.

**Макроаналіз за зломом.** Під час вивчення вигляду злomu можна встановити характер руйнування деталей (крихке, в'язке або від втомленості), структурну й хімічну неоднорідність, як наслідок термічної або хіміко-термічної обробки. В площині злomu можна виявити дефекти, які сприяли його руйнуванню.

**Крихкий злом** може бути фарфороподібним (характерний для нормально загартованої інструментальної сталі), нафталіністим (перегрів при гартуванні), каменеподібним (крупнокристалічна структура), жердиноподібним (довгі кристали).

**В'язкий злом** має волокнисту будову. Форма зерен дуже скривлена, тому що перед руйнуванням відбувається пластична деформація.

**Злом від втомленості** завжди має дві зони руйнування поперечно, ніби шліфовану з терасами і зону остаточного руйнування (долому).

**Макроаналіз за допомогою макрошліфів.** Макрошліфи виготовляють з цілих деталей або їх частин механічною обробкою (фрезерування, струганням) шліфуванням та глибоким травленням спеціальними реактивами. На макрошліфах досліджують хімічну й структурну неоднорідність металу, волокнисту будову деформованого металу, дендритну будову литва, якість зварювання, а також можна виявити дефекти, які порушують суцільність металу.

Під час обробки тиском структурні складові, а також неметалеві вкраплення витягуються вздовж напрямку деформації. Стрічкувате розташування неметалевих вкраплень (наприклад, сульфідів) у сталі забезпечує їй волокнисту будову, що є однією з причин анізотропії. Це треба знати для таких, наприклад, деталей, як колінчасті вали, зубчасті колеса, клапани, гаки, де необхідно, щоб волокна розташовувались за профілем деталей. Ударна в'язкість, наприклад, упоперек волокон в 3-4 рази вища, ніж уздовж. У виливках і зливках виявляють присутність і характер розташування зон кристалізації, усадкові рихлості, тріщини, хімічну неоднорідність.

**Мікроскопічний метод (мікроаналіз)** полягає у вивченні структури металів за допомогою металографічного мікроскопа при збільшенні від 50 до 1500 разів. Структуру, яку спостерігають у мікроскопі, називають мікроструктурою. Металографічний мікроскоп працює у відбитому світлі. Мікрошліфи потребують після шліфування обов'язкового полірування.

Мікроструктура шліфа виявляється тільки після травлення реактивами (наприклад, 5%-й розчин азотної кислоти в спирті).

Реактив нанесений на поверхню шліфа, неоднаково діє на елементи (зерна, фази, структурні складові та їх межі), які різняться будовою або хімічним складом. Одні з них протравлюються менше, інші – більше. Найсильніше травляться межі зерен. У зв'язку з цим світлові промені відбиваються по-різному. Елементи, котрі протравились більше, будуть темними, а протравлені менше – світлими.

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з методикою визначення міцності, пластичності та твердості матеріалів.
2. Ознайомитись з формою зразків для визначення механічних властивостей.
3. За завданням викладача виконати розрахунки механічних властивостей.
4. Визначити твердість матеріалів і дані занести в таблицю 1.
5. Вивчити заданий злам металу, дати йому повну характеристику і замалювати.
6. Дослідити макрошліфи заданих деталей, змалювати, вказати спосіб виготовлення (литвом, штампуванням, різанням і т.д.).
7. Розглянути на мікроскопі мікрошліфи металів і замалювати їх схеми.

## Твердість матеріалів

№ п/п	Матеріал	Твердість		
		HRB	HRC	HB
1	Чавун			
2	Сталь незагарт.			
3	Сталь загарт.			
4	Алюміній			

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва і мета роботи.
2. За завданням викладача навести схеми зразків та випробування для вказаних властивостей.
3. Результати вимірювання твердості (таблиця 1).
4. Схема злому металу і його характеристика.
5. Ескіз макрошліфа і його характеристика.
6. Схеми мікроструктур досліджених зразків.

## ЗАПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ

1. Класифікація властивостей матеріалів.
2. Визначення механічних властивостей матеріалів (міцність, пластичність, твердість).
3. Характеристика навантаженого стану матеріалів.
4. Види навантажень при випробуванні механічних властивостей.
5. Обладнання, яке використовується для визначення механічних властивостей.
6. Показники, які характеризують механічні властивості матеріалів та формули для їх розрахунку.
7. Для визначення твердості яких матеріалів слід застосовувати метод Брінелля або Роквелла.
8. Дати характеристику крихких зламів.
9. Яка технологія виготовлення макро- і мікрошліфів.
10. Що вивчають методами макро- і мікроаналізу.
11. Які фактори впливають на величину зерна при кристалізації.

## Література

1. Попович В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник / В. Попович, В. Голубець. – Суми: Університетська книга, 2012. – Книга II. – 260 с.
2. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник / В.В. Попович. – Львів: Світ, 2006. – 624 с.
3. Технологія основних виробництв. Методичні вказівки до проведення практичних занять. /Укл.Кропівний В.М., Кропівна А.В., Молокост Л.А. Кіровоград, 2010, -52 с.
4. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост,

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИВЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Мета роботи:** 1) ознайомитись з класифікацією твердого палива;  
2) по наявним зразкам охарактеризувати вугілля та області його застосування;  
3) за завданням викладача для різноманітних видів палива розрахувати теплові еквіваленти ( $E_{\text{кал}}$ ), технічні еквіваленти  $E_{\text{тех}}$ , визначити кількість умовного палива.

До твердого палива належать: вугілля — кам'яне, антрацит, напівантрацит, буре вугілля, торф, деревне вугілля, горючі сланці. Його характеристиками є: теплота згорання (вміст вуглецю і домішок), вихід летучих речовин, спікання, щільність, міцність, розміри шматків та ін.

Чим більший вік кам'яного вугілля, тим більший вміст вуглецю коливається в межах 55—97 % С.

Буре вугілля — 55—78% С., Кам'яне вугілля — 75—92%С.

Антрацити — 92—97% С. Теплота згорання: вуглецю — 8100 ккал/кг; водню — 34200 ккал/кг.

Кисень, азот, сірка, пов'язані з вуглецем, утворюють смолисті речовини, вміст яких визначається виходом летких речовин (чим вище вміст вуглецю, тим менше летучих речовин). Летучі речовини виділяються в міру нагрівання вугілля. Вихід летких речовин позначається символом  $V_{daf}$ , сухе і беззольне (%).

З найбільшим виходом летучих речовин 37% і більше називаються довгополуменеві марки «Д», із найменшим — 9% — пісні марки «Г». Усі інші займають проміжне місце: «Ж» — жирні, ~ «Г» — газові, «К» — коксівні, «ОС» — охляні спікливі та ін. Вугілля з високим виходом летучих речовин горить полум'ям, із низьким — без полум'я. Розрізняють такі марки вугілля показані в табл. 2.1.

Кам'яне вугілля у свою чергу поділяється на кілька марок, що мають літерні позначення.

Таблиця 2.1

Марки кам'яного вугілля

Вугілля	Марка	$V_{daf}$	Середній вміст С, %
Довгополуменеве	Д	>35	76
Газове	Г	35	83

Газове жирне	ГЖ	27-35	86
Жирне	Ж	27-35	88
Коксівне	К	18-27	88
Пісне	П	8-17	90
Антрацит	А	<8	91-96

Для опалення використовуються довгополуменевий, сильноспікається та пісний марки вугілля; решта – сировина для коксохімічної промисловості. Вологість кам'яного вугілля коливається не більше 12-16%, леткі компоненти до 40%, зольність до 50%.

За розмірами шматків буре і кам'яне вугілля, антрацити поділяються на класи. Чим більші шматки, тим вища якість.

Таблиця 2.2

Класифікація вугілля за розміром шматків

Сорт	Розміри шматків, мм	Буре	Кам'яне			Антрацити
			Довгополуменеві	Газові	Пісні	
1.Плита	100-200	-	-	-	-	АП
2. Великий	50-100	БК	ДК	ГК	ПК	АК
3. Горіх	25-50	БГ	ДГ	ГГ	РГ	АГ
4.Дрібний	13-25	БД	ДД	ГД	ПД	АД
5.Насіннячко	6-13	БН	ДН	ГН	ПН	АН
6.Штиб	Менше 6	БШ	ДШ	ГШ	ПШ	-
7.Рядовий	- Р -	НЕ	СОР-	ТО-	ВА-	НИЙ

Наприклад, БД (13—25) — Кузбаське, АН (6—13) — Донецьке.

Кам'яне вугілля використовується для виробництва **коксу**, супутніх продуктів коксування (кам'яновугільна смола, коксовий газ), які є сировиною для хімічної промисловості, а також цінним паливом (напівантрацит). На виробництво коксу використовується 25% видобутку кам'яного вугілля. З коксу одержують карбід кальцію (кокс + негашене вапно), вугільні електроди, феросплави. Розрізняють доменний кокс і ливарний кокс. Кокс характеризується: високою механічною тривкістю, твердістю, визначеними розмірами шматків, достатньою пористістю (вільно пропускають газовий потік). Волога — не більше 3- %.

*Доменний кокс.* За вмістом золи і сірки кокс підрозділяється на 3 марки:

КДІ (не більше 11,5% золи і 0,53%S);

КДП (не більше 13,6% золи і 0,85%S);

КДШ (не більше 13,6% золи і 0,85%S).

*Ливарний кокс* застосовується (у вагранках ливарних цехів), який маркується в залежності від вмісту сірки:

КЛ1 (не більше 0,6% S);

КЛ2 (не більше 1%S);

КЛЗ (не більше 1,4% S).

*Коксовий пил* – використовують для виготовлення агломерату (спікання з рудою) розмірів кусків до 10 мм, 1 т. шихти – 270 кг кокс.

**Основні характеристики вугілля:**

- вміст С, Н<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>, %;
- теплота згорання, кДж/кг;
- вихід летючих речовин, %;
- спікаємість та зольність, %.

*Технологічні властивості вугілля:*

- вологість, %;
- сірнистість, %;
- вихід летючих речовин, V %;
- вміст Р, %.

*Фізичні властивості вугілля:*

- щільність, кг/м<sup>2</sup>;
- насипна маса, кг/м<sup>2</sup>;
- подрібненість, %;
- властивість руйнуватись.

Таблиця 2.3

Теплота згорання (елементарний склад органічної маси)

Вид вугілля	%, вихід	Теплота згор.кДж/кг, (кКал/кг)	Склад органічної маси, %			
			С	Н	N	О
1. Довгополуменевий	> 42	32100-33950 (7650-8100)	76-85	5-6	1,8	10-17,5
2. Газовий	36-44	33500- 34800 (799-8300)	78-89	4,5-5,5	1,7	6,8-16
3. Жирний	26-35	34800-36450 (8300-8700)	84-90	4-5,4	1,7	5,0-10,5
4. Коксовий	18-26	35200-36650 (8400-8750)	87-92	4-5,2	1,5	3-8
5. Збіднений, який спікається	12-18	35400-36650	89-94	3,8-4,9	1,5	2-5
6. Тощий	< 17	34800-36450 (8300-8700)	90-95	3,4-4,4	1,2	1,6-4,5

*Хімічні властивості коксу:*

Елементарний аналіз, % визначення вмісту (С, Н<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>, S) в доменному коксі:

- вологість коксу, % (негорюча частина вугілля, позначається - W)
- зольність, % (характеризується по кількості мінеральних речовин у вугіллі, А, визначається по залишку, що утворюється після повного згорання наважки вугілля);
- вихід летючих речовин, % (утворюється при нагріванні вугілля до 850-1000<sup>0</sup>С без доступу повітря, позначається - V,);
- сірнистість коксу, %.

*Фізичні властивості:*

- крупність, мм (розмір кусків);
- міцність – кгс/мм<sup>2</sup>;
- стираємість;
- газопроникненість;
- пористість;
- питомий електроопір.

*Хіміко-фізичні властивості:*

- 1) реакційна здатність – здатність реагувати з СО, СО<sub>2</sub>;

2) згораємість – взаємодія коксу з O<sub>2</sub> повітря.

**Б** – буре вугілля – перехідна форма від торфа до кам'яного вугілля, вміст С-55-78%;

щільність – 1,3 –1,6 г/см<sup>3</sup>; теплота згорання - 22,6-31 МДж/кг; вихід летючих речовин – 40-65%, колір – бурий; застосовується як енергетичне паливо для напівкоксування, як сировина для хімічної промисловості.

**А** – антрацит, кам'яне вугілля з 94-97 %С:

- щільність – 1,5-1,9 г/см<sup>3</sup>; теплота згорання – 33,9-34,3 МДж/кг,
- вихід летючих речовин – 9%, не спікається.

Таблиця 2.4

Марки вугілля

Характеристики вугілля	Концентрат тощий рядовий КТР	Газовий, рядовий, ГР	Газовий.жирни Звичайний рядовий ГЖР
Розмір кусків, мм	0-100	0,150	0-150
Вміст золи, %	23- 26	35	6-39
Вміст S, %	1-1,2	1,5	1 – 1,2
Вологість, %	10-12	7	6,5
Вихід лет.реч.,%	115	36	38
Тепл.згор,кКал/кг	5800-7200	7800	5200-7600

Таблиця 2.5

Теплота згорання (елементарний склад органічної маси)

Вид вугілля	% (вихід лет.реч.)	Теплота згор.кДж/кг, (кКал/кг)	Склад орг.маси, %			
			С	Н	N	О
Довгополумевий	> 42	32100-33950 (7650-8100)	76-85	5-6	1,8	10-17,5
2 Газовий	36-44	33500- 34800 (799-8300)	78-89	4,5-5,5	1,7	6,8-16
3.Жирний	26-35	34800-36450 (8300-8700)	84-90	4-5,4	1,7	5,0-10,5
4. Коксовий	18-26	35200-36650 (8400-8750)	87-92	4-5,2	1,5	3-8
5. Збіднений, який спікається	12-18	35400-36650	89-94	3,8-4,9	1,5	2-5
6. Тощий	< 17	34800-36450 (8300-8700)	90-95	3,4-4,4	1,2	1,6-4,5

Питома теплота згорання – це кількість теплоти, що виділяється при повному згоранні 1 кг твердого або рідкого палива і 1 м<sup>3</sup> газоподібного палива. Кількість теплоти вимірюють у калоріях або джоулях (1кКал= 4,1867кДж) Чим вищий вміст вуглецю і водню, тим більше теплота згорання палива.

Оцінку теплоти згорання проводять також розрахунковим шляхом на підставі даних елементарного складу палива:

$$Q_n^P = 81C + 244H - 26(O - S) - 6W \text{ кКал/кг,}$$

де: коефіцієнти при елементах показують кількість тепла, що виділяється ними при згоранні; 6 – кількість тепла, що витрачається на перетворення в пару 1 г води.

Різні види палива мають різну теплоту згорання, тому що володіють різним елементним складом, фізичними і хімічними властивостями (табл.2.6)

Таблиця 2.6

№ п/п	Найменування палива	$Q_n^P$ , ккал / кг	$Q_n^P$ , кДж / кг	$E_{\text{кал}}$
1	Умовне	7000	29307	1,00
2	Буре вугілля	3400	14235	0,49
3	Кам'яне вугілля	7001	29310	1,00
4	Антрацит	7220	30230	1,03
5	Торф	3210	13440	0,46
6	Деревина	2300	12560	0,43
7	Нафта	10000	41867	1,42
8	Бензин	10780	45216	1,57
9	Дизельне	10200	42704	1,45
10	Мазут	9900	41448	1,40
	Гази			
11	- природний	8480	35586	1,21
12	- водяний	2600	10885	0,37
13	- світільний	4300	18003	0,63
14	- скраплений	10987	46000	1,56
	Уран	2010 <sup>9</sup>		

Для зіставлення ефективності різноманітних видів палива, а також для зручності розрахунків при плануванні потреби, при врахуванні запасів уведено поняття „умовне паливо”.

Співвідношення між реальним і умовним паливом виражається за допомогою теплового еквівалента.

$$E_{\text{кал}} = Q_n^P / Q_y = Q_n^P / 7000 = Q_n^P / 29307$$

де:  $Q_n^P$  і  $Q_n^P$  - теплота згорання палива відповідно до кДж/кг і ккал/кг по нижчій теплоті згорання на робочу масу.

Переведення маси натурального палива в умовну проводиться множення його маси на тепловий еквівалент.

$$M_{\text{нат}} = M_y / E_{\text{кал}} \quad M_y = M_{\text{нат}} \cdot E_{\text{кал}}$$

Наприклад, на складі в споживача знаходиться 10 тон бурого вугілля ( $M_{\text{нат}}$ ). Яку частину потреби в бурому вугіллі забезпечує ця кількість, якщо для повно обсягового забезпечення потреби необхідно 30 тонн умовного палива? Теплота згорання бурого вугілля  $Q_n^p = 3400 \text{ ккал / кг}$

$$M_y = M_{\text{нат}} \cdot E_{\text{кал}}; \quad E_{\text{кал}} = Q_n^p / 7000 = 3400 / 7000 = 0,49;$$

$$M_y = 10 \cdot 0,49 = 10000 \cdot 0,49 = 4900 \text{ кг} = 4,9 \text{ т}$$

$$O_z = (4,9 \text{ т} / 30 \text{ т}) \cdot 100 = 0,163 \cdot 100 = 16,3\%.$$

Видобуток рідкого і газоподібного палива в багато разів дешевший, ніж твердого, згорання рідкого і газоподібного палива у форсунках і пальниках технологічно простіше, ніж згорання твердого палива.

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з характеристиками та класифікацією твердого палива.
2. За завданням викладача визначити кількість умовного палива.
3. По наявним зразкам охарактеризувати вугілля і привести області його використання.

### ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Привести розрахунки визначення кількості умовного палива.
3. Дати характеристику зразкам вугілля і галузь його використання.

### ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дати визначення, що таке паливо.
2. Як характеризується вугілля по вмісту вуглецю?
3. Що таке кокс і його види.
4. Як проводиться переведення маси натурального палива в умовне?
5. Що таке умовне паливо?

### Література

1. Технологія основних виробництв. Методичні вказівки до проведення практичних занять. /Укл.Кропівний В.М., Кропівна А.В., Молокост Л.А. Кіровоград, 2010, -52 с.
2. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с. ISBN 978-617-7813-42-1 <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11061>
3. Зеркалов Д.В. Використання нафтопродуктів / Д.В. Зеркалов – К.: Основа,

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

#### ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИВЧЕННЯ ДЕЯКИХ ВИДІВ НАФТОПРОДУКТІВ

**Мета роботи:** 1. Ознайомитись з класифікацією нафтопродуктів; по наявним зразкам охарактеризувати нафтопродукти та їх використання.  
2. Розрахувати кількість розливої нафти на воді.

#### 3.1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Нафта – рідка горюча копалина, що складається з вуглеводнів і домішок кисню, сірчаних та азотних з'єднань, води, мінеральних речовин. Нафту використовують у якості сировини для отримання різних продуктів шляхом її глибокої переробки. Густина нафти від 185 до 945 кг/м<sup>3</sup>.

З нафти виробляються наступні види рідкого палива:

- паливо для карбюраторних двигунів (автомобільний та авіаційний бензини);
- паливо для дизельних двигунів;
- паливо для реактивних двигунів (керосин);
- паливо для котельних установок (мазут).

В залежності від області застосування (табл.3.1)

Таблиця 3.1

Класифікація видів палив

Група палива	Підгрупа палива	Позначення марок палива
Бензин	Авіаційний	Б
	Автомобільний	А
Газотурбінне	Реактивне	Р
	Для судових і стаціонарних енергетичних установок	Г
Дизельне	Для швидкохідних дизелів (дистилятне)	Л,З
	Для середньооборотних і малооборотних дизелів (сумішеве)	ДТ
Мазут	Флотський	Ф
	Топковий	М
Побутове	Пічне	П
	Керосин	К

Рідке паливо є сумішшю вуглеводнів з різною температурою кипіння.

Бензин є одним з основних видів карбюраторного палива. Він являє собою суміш легких ароматичних, нафтових і парафінових вуглеводнів. До складу бензину входять вуглець (85%) і водень (близько 15%), а також кисень, азот та сірка. Бензин — безбарвна чи трохи жовтувата рідина з характерним запахом, щільністю 0,7 — 0,8 г/см<sup>3</sup>. Бензин застосовується також як розчинник жирів, смол і інших матеріалів. Основну частину бензину одержують прямою перегонкою і каталітичним крекінгом. Властивості автомобільних бензинів характеризуються теплотою згорання, детонаційною стійкістю, фракційним складом, хімічною стабільністю, вмістом сірки й інших шкідливих домішок. Здатність палива протистояти детонаційному згоранню називається *детонаційною стійкістю* і характеризується октановим числом. Чим вище октанове число, тим більше може бути стиснута в циліндрі пальна суміш.

Як еталонне паливо прийнята суміш двох вуглеводнів: ізооктану (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), що володіє високими антидетонаційними властивостями, і нормального гептану (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>), що легко детонує. *Октановим числом* називається умовна одиниця, чисельно рівна відсотку (за об'ємом) ізооктану в суміші, що складається з ізооктану і нормального гептану та рівноцінна за своїми антидетонаційними властивостями даному паливу.

Октанове число ізооктану приймається за 100, а нормального гептану за 0. Так, якщо бензин детонує при роботі суміші, яка складається із 95% ізооктану і 5 % нормального гептану, то октанове число такого бензину дорівнює 95.

Октанове число - це своєрідна характеристика стійкості до детонації. Детонація - це процес, коли паливо-повітряна суміш у циліндрах двигуна запалюється не від іскри свічки запалювання, а хаотично, завдаючи ударів по поршню. Такі вибухи не тільки знижують потужність двигуна, а й можуть призвести до його серйозних поломок.

Октанове число позначається цифрою після аббревіатури «AI». Чим вище це число, тим кращий опір детонації. Відповідно, для потужних моторів з високим ступенем стиснення потрібен бензин з великим показником октанового числа. А ось використання палива із занадто високим числом у звичайних двигунах не тільки не принесе користі, а й може навіть призвести до перевитрат і зниження ефективності роботи.

В Україні діє державний стандарт (ГОСТ 32513-2013), який визначає основні типи бензину та їх маркування. Ось, що ховається за цими позначеннями:

- А - позначає, що бензин призначений для автомобільних двигунів.
- І - вказує на те, що октанове число визначено дослідницьким методом. Якщо літери «I» немає, то октанове число визначалося моторним методом, який дає трохи нижчі показники. Утім, на більшості сучасних АЗС використовується саме дослідницький метод.

- Цифра після «АІ» - це власне значення октанового числа палива. В Україні зараз найпоширеніші види: АІ-92, АІ-95 та АІ-98. Також можуть зустрічатися АІ-100 та АІ-100+, які вважаються преміальними палив.

### **Основні види бензину в Україні**

АІ-92 - найчастіший і найуніверсальніший варіант. Підходить для більшості сучасних легкових автомобілів з бензиновими двигунами середньої потужності.

АІ-95 - має трохи вище октанове значення, як порівняти з АІ-92, що забезпечує більш ефективне згоряння пального і покращує динамічні характеристики машини. Хороший для більшості сучасних інжекторних моторів.

АІ-98 - преміальний бензин з найвищим октановим числом серед цих трьох видів. Забезпечує максимальну потужність двигуна і знижує витрату палива. Рекомендується для потужних і спортивних автомобілів, а також для двигунів з високим ступенем стиснення.

Крім цих основних видів, можуть зустрічатися й інші, наприклад, АІ-100 або АІ-103. Це вже високооктанові бензини, призначені для специфічних моторів, що вимагають палива з особливими характеристиками.

**Присадки:** це основна відмінність. «95 Мустанг» є паливом з октановим числом 95, але з додаванням пакету спеціальних присадок від відомих світових виробників автохімії, таких як BASF чи Innospec.

Ці присадки виконують кілька функцій:

**Миття паливної системи:** Нейтралізують іржу у вузлах паливної системи та видаляють нагар у двигуні, сприяючи його чистоті.

**Зменшення тертя:** Знижують внутрішнє тертя у двигуні.

**Захист від корозії:** Забезпечують додатковий захист від корозії.

**Призначення:** таке паливо призначене для забезпечення більш ефективної роботи двигуна, його чистоти та довговічності завдяки покращеним властивостям порівняно зі звичайним бензином А-95, який не має цих присадок.

Пальне для авіаційних двигунів, що експлуатуються в різних режимах: звичайному (крейсерському) і форсованому (режимі злету літака), повинно зберігати свою стійкість як на бідних, так і на багатих сумішах. Детонаційна стійкість авіаційного бензину при роботі на бідній суміші оцінюється октановим числом, а при роботі на багатій суміші — сортністю.

Дизельне паливо, є продуктом прямої перегонки нафти з додаванням (не більш 20%) компонентів каталітичного крекінгу. Щільність дизельного палива 0,79— 0,97 г/см, температура спалаху 35—80°C, температура помутніння для літніх сортів не вище -5°C, а для зимових — від -25 до -30°C. Температура застигання повинна бути на 5—10°C нижча температури помутніння. Дизельне паливо використовується в двигунах, установлених на великовантажних автомобілях, тракторах і дорожніх машинах, на водному і залізничному транспорті, у різних енергетичних установках і випускається двох видів: легке, малов'язке паливо — для швидкохідних дизелів і важке, високов'язке паливо —

для тихохідних дизелів. Дизельне паливо, на відміну від карбюраторного, містить більш важкі фракції вуглеводнів.

**Маркування:** Дизельне паливо (гас, газойль, соляровий дистилат) використовують для поршневих двигунів внутрішнього згорання.

У якості котельного палива використовують мазут – важкі залишки прямої перегонки нафти з температурою кипіння вищою 300<sup>0</sup>С. Мазут виробляють марок Ф5, Ф12, Ф40, Ф100, де цифра умовна в'язкість при 50<sup>0</sup>С. Мастильні матеріали – це речовини, які використовуються для змащування і охолодження деталей машин та механізмів.

Мастила підрозділяються на: моторні; індустриальні; трансмісійні; турбінні; компресорні.

Основними експлуатаційними властивостями мастил являється – в'язкість, температура застигання і спалаху, ступінь окислювання, корозійна стійкість, миючі і протикіпні властивості. Моторні мастила випускаються з в'язкістю 6 -20 мм/с (з інтервалом через 2 мм/с) при температурі 100<sup>0</sup>С. За експлуатаційними ознаками вони поділяються на 6 груп (А,Б,В,Г,Д і Е) в кожному з яких входять мастила з однаковою в'язкістю і відрізняються кількістю введених присадок. При маркуванні моторних мастил ставлять літеру М (моторне масло), потім цифри, які показують кінематичну в'язкість, потім літеру і індекс 1 або 2. Індекс 1 – мастило карбюраторне, а 2 – для дизельних двигунів (М8Г<sub>1</sub>, М12Г<sub>2</sub>).

Індустриальні масла призначені для змащування виробничого технологічного обладнання, яке працює в закритих опалювальних приміщеннях, без дії агресивних середовищ. В маркування входять літера І та цифра – в'язкість при 50<sup>0</sup>С (І 12А, І 20А, І 40).

Трансмісійні масла використовують для змащування зубчастих передач. Для цієї групи масел характерна підвищена в'язкість та міцність масляної плівки. (ТАИ -15В, турбінні мастила Тп -22, Тп-30, Тп-46; компресорні мастила – К-12,К-19.)

Компресійні масла призначені для змащування робочих органів компресорів та холодильних машин К-12, К-19. Наприклад: К – 12 – компресійне масло з в'язкістю 12сСт; ХА-30 – компресійне масло для холодильних машин, працюючих на аміаку; ХФ –22 – компресійне масло для холодильних машин, працюючих на фреоні. Масла, що використовуються в холодильних машинах затвердівають при температурах – 40<sup>0</sup>С...110<sup>0</sup>С.

Консистентні змазки мають колоїдну структуру, утворену шляхом загущення масел. У якості згущувачів використовують мила (солі вищих жирних кислот), тверді вуглеводні (парафіни), неорганічні речовини (графіт). За призначенням консистентні змазки поділяють на антифрикційні, консервуючі та ущільнюючі. До найбільш розповсюджених антифрикційних змазок відноситься солідол жировий УС-1, УС-2 (робочі температури від – 25<sup>0</sup>С-65<sup>0</sup>С), літол-24 (робочі температури від –40<sup>0</sup>С-120<sup>0</sup>С). У якості твердих

змазок використовують графіт, дисульфід молібдену, тальк, полімерні матеріали тощо.

2. Визначити, скільки було пролито нафти на річці, яка дала пляму  $R = 40$  м з товщиною плівки  $a = 6$  см; частина нафти розчинилась у воді і концентрація на глибині  $H = 2$  м досягла  $C_H^6 = 0,12$  г/л, а концентрація нафти у воді на відстані від місця проливу складає  $C_{фон} = 0,05$  г/л, густина нафти  $\rho_H = 0,9$  г/см<sup>3</sup>.

Спочатку визначаємо масу нафти на поверхні води в межах нафтової плями:

$$m_H^{нов} = \rho_H \cdot \pi \cdot R^2 \cdot a$$

$$m_H^{нов} = 900 \cdot 3,14 \cdot 1600 \cdot 0,06 = 271269 \text{ кг} = 271,269 \text{ т}$$

Визначаємо масу нафти, яка розчинилась у воді

$$m_H^6 = (C_H^6 - C_H^{фон}) \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H = (0,1 - 0,05) \cdot 3,14 \cdot 1600 \cdot 2 = 251 \text{ кг} = 0,251 \text{ т}$$

Загальна маса нафти, яка була пролита на річці, становить:

$$m_{заг}^{np} = m_H^{нов} + m_H^6 = 271,269 + 0,251 = 271,52 \text{ т}$$

### 3.2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з набором палива (А95, А98, ДП), мастил (Моторні МГ-12, М8-Б), трансмісійні ТАД-17, ТАП-15, індустріальні І-60, трансформаторне ТК, та консистентні (літол – 24, солідол).
2. Охарактеризувати зовнішній вигляд та описати галузь використання.
3. Розрахувати кількість розлитого палива на воді.

### 3.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва і мета роботи.
2. Використовуючи зразки палива та мастил, навести їх характеристику і галузі використання.
3. За завданням викладача розрахувати кількість розлитого палива на воді.

### 3.4. ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Класифікація нафтопродуктів.
2. Види палив, мастил та інших продуктів нафтопереробної промисловості.
3. Що характеризує октанове число бензинів?
4. Що характеризує цетанове число?
5. Використання рідких мастил.
6. Що таке дизельне паливо? Призначення, основні характеристики.

7. Асортимент, призначення та маркування мастильних матеріалів та їх позначення.
8. Основні властивості мастил.

### Література

1. Дичковська О.В. Системи технологій галузей народного господарства, Київ. 1995 р. с.50- 58.
2. Оснач О.Ф. Товарознавство: Навчальний посібник – Київ: Центр навчальної літератури, 2007 р. – 219 с.
3. Остапчук М.В., Рибак А.І. Система технологій (за видами діяльності). Навчальний посібник. К.: ЦУЛ, 2003. – 888 с.
4. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропивний, А.В. Кропивна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с. ISBN 978-617-7813-42-1  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11061>
5. Гайко Г. І. Світова історія нафтогазовидобування: стислий нарис / Г. І. Гайко, В. С. Білецький. — Львів: Новий Світ-2000, 2025. — 218 с
6. Зеркалов Д.В. Використання нафтопродуктів / Д.В. Зеркалов – К.: Основа, 2009. – 259 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### ВИВЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ПРОДУКТІВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

**Мета роботи:** 1. Вивчити матеріали і продукти чорної металургії, принципи їх маркування. 2. Ознайомитись з сутністю основних металургійних процесів, а також з продукцією прокатного виробництва

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Чорні метали (залізо та його сплави) є найбільш розповсюдженими матеріалами в сучасній техніці. До них відносяться:

- сталі – залізобуглецеві сплави з вмістом вуглецю до 2,14%;
- чавуни – залізобуглецеві сплави з вмістом вуглецю від 2,14% до 6,67%.

Технологічна схема чорної металургії включає в себе: доменне виробництво – переробку залізної руди в чавун; сталеплавильне виробництво – переробку чавуну та скрапу (металобрухту) в сталь; прокатне виробництво – переробку сталевих злитків в прокат (листи, швелери, рейки, труби, тощо).

Сировиною для доменного виробництва є залізна руда – гірнична порода, до складу якої входить залізобудуюча частина ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeCO}_3$ ); порожня порода ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  та інші), шкідливі домішки (S, P). Перед використанням залізну руду збагачують – підвищують вміст заліза до 50-60% за рахунок відділення частини пустої породи. Сутність доменного виробництва

полягає у високотемпературному відновленні заліза з хімічних сполук, які входять до складу залізної руди.

Роль палива і відновлювача в доменному виробництві виконує кокс – продукт спікання при температурі 1000°C без доступу повітря кам'яного вугілля. В порівнянні з кам'яним вугіллям кокс має більшу міцність, вищу температуру згорання (до 2000°C) та вищу реакційну здатність за рахунок пористої будови кусків. До складу коксу входить 80-90% вуглецю, 8 – 12% золи, 0,5 – 2% сірки. В собівартості виробництва чавуну затрати на кокс складають до 50%.

Для перетворення тугоплавкої порожньої породи в легкоплавкий шлак в доменну піч також завантажують флюси – хімічні сполуки з лужними властивостями, головним чином вапняки  $\text{CaCO}_3$ . Таким чином для виплавлення чавуну в доменну піч завантажують шихту – суміш, до складу якої входить залізна руда, кокс і флюси.

Перед завантаженням в доменну піч залізна руда проходить подрібнення і збагачення (за рахунок відділення частини порожньої породи). Дрібну і пилеподібну руду піддають окускованню агломерацією чи окатуванням. При агломерації на конвеєрній стрічці спікається залізна руда, флюс та подрібнений кокс. У результаті утворюється міцний пористий агломерат. Під час окатування з шихти, до складу якої входить руда, флюс, кокс і глина, виготовляють кульки діаметром 10...30мм. У результаті відпалювання при температурі 1200...1350°C утворюються окатиші, які більш технологічні у виготовленні і транспортуванні порівняно з агломератом.

Доменна піч працює за принципом зустрічного руху двох потоків: вниз – потік шихти, вгору – потік газів з відновлювальними властивостями ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ). Оксиди заліза відновлюються в твердому стані з утворенням твердого губчастого (пористого) заліза. При контакті відновленого заліза з розжареним коксом відбувається його насичення вуглецем і утворення чавуну. Одночасно з залізом відновлюються і потрапляють у чавун постійні домішки  $\text{Mn}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{P}$ . Під час сплавлення оксидів порожньої породи руди, флюсу і золи коксу утворюється шлак.

До продуктів доменної плавки відноситься:

- переробний чавун (3,8–4,4%С; 0,3 – 1,2% Si; 0,2 – 1,0 Mn до 0,2 S, до 0,07% P), який використовується для переробки на сталь;
- ливарний чавун (3,5-4,6%С, 0,8-3,6 Si, 0,5-1,5% Mn, до 0,12%S, до 0,06%P, який використовується в ливарному виробництві як сировина для повторного переплаву;
- феросплави - сплави з підвищеним вмістом марганцю (до 75%) чи кремнію (до 25%), призначені для легування сталі в сталеплавильному виробництві. Шлак як побічний матеріал використовується у будівництві, виробництві мінеральних добрив, доменний газ – як паливо.

Види продукту, що виробляються залежать від складу шихти та режиму роботи доменної печі. Найбільш ефективно доменна піч працює при виробництві переробного чавуну. При виробництві ливарного чавуну продуктивність знижується на 15%, а при виробництві феросплавів – в 2,5 рази.

Сутність сталеплавильного виробництва полягає у зниженні вмісту в чавуні вуглецю та домішок за рахунок окислення. До сучасних способів виробництва сталі відносяться киснево-конверторний, мартенівський процеси та виробництво в електричних дугових печах.

За призначенням вуглецеві сталі поділяють на: конструкційні (вміст вуглецю до 0,7%), які використовуються для виготовлення деталей машин і металоконструкцій (мають достатньо високі механічні і технологічні властивості); інструментальні (вміст вуглецю вище 0,7%), призначені для виготовлення ріжучих, штампових і вимірювальних інструментів (мають високу міцність, твердість, зносостійкість).

Маркування вуглецевих сталей враховує їх якість і призначення. Якість сталі визначається вмістом в ній шкідливих домішок – сірки і фосфору. Підвищений вміст сірки приводить до високотемпературного розтріскування сталі при гарячій обробці тиском. Фосфор приводить до підвищення крихкості сталі при мінусових температурах. Сталь звичайної якості має підвищений вміст домішок сірки і фосфору – до 0,05% кожного з цих елементів. В якісних сталях вміст кожної з шкідливих домішок не повинен перевищувати 0,04%, в високоякісних сталях не більше 0,03% S та 0,03% P.

Сталі звичайної якості виплавляють переважно в мартенівських печах і конверторах. Ці сталі позначають літерами Ст і умовними номерами від 0 до 6 (наприклад, Ст 0, Ст 2 - Ст 6). Зростання номера відповідає підвищенню вмісту вуглецю, міцності, твердості.

Якісні конструкційні сталі виробляють переважно в електродугових печах. Марки якісних сталей позначають двозначними цифрами: 05, 10, 65, які характеризують середній вміст вуглецю в сотих долях процента.

Якісні інструментальні сталі маркують як У7, У8, У9...У13 ця цифра показує вміст вуглецю в десятих долях процента. Так, сталь У8 вміщує 0,8% С.

Заключною операцією сталеплавильного виробництва є розливання рідкої сталі у виливниці – чавунні форми місткістю 1...12 т. Після кристалізації утворюється сталевий злиток, який служить заготовкою для прокатного виробництва.

**Прокатування** – вид обробки металів тиском, при якому заготовка деформується між обертаючими валками. Продукт прокатування називають прокатом. Він характеризується формою поперечного перерізу – профілем. Форма профілю визначається формою рівчаків (канавок) на циліндричній поверхні валків. Сортамент – комплекс профілів прокату. Сортамент поділяється на такі групи:

сортовий прокат – для виготовлення деталей машин і металоконструкцій (рис.4.1.); листовий прокат (товщина від 0,2 до 160мм); труби; спеціальні види прокату (шари, періодичний прокат, гнуті профілі).

У прокатному виробництві метал перетворюється на готову продукцію у вигляді листів, прутків, стрічок, труб, фасонних виробів, тобто понад 1000 найменувань різного профілю — форма поперечного перерізу, яка може бути однаковою чи різною по довжині прокату. Сукупність різних профілів та їх розмірів називається сортаментом прокату.

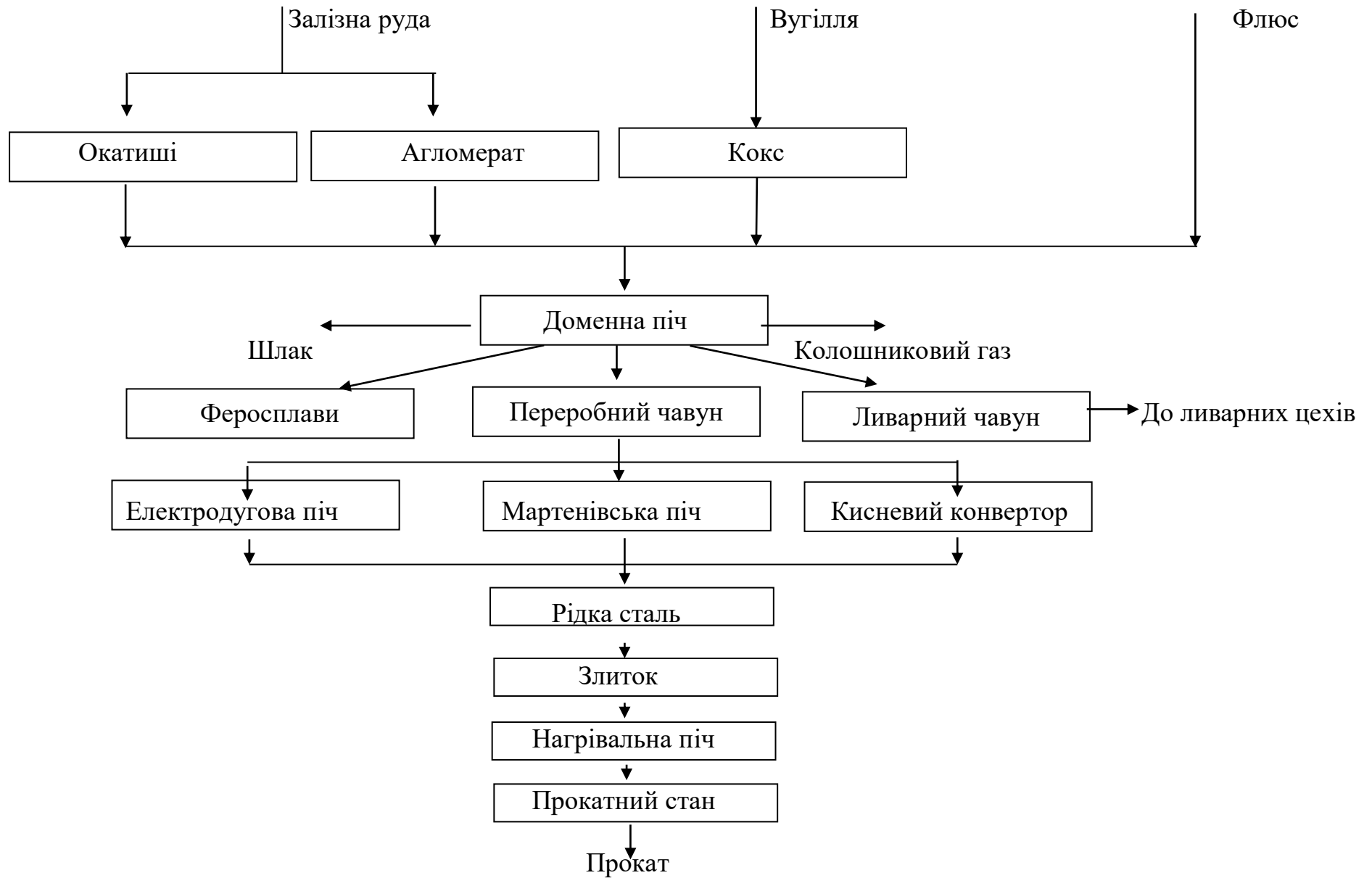


Рис. 4.1. Технологічна схема чорної металургії

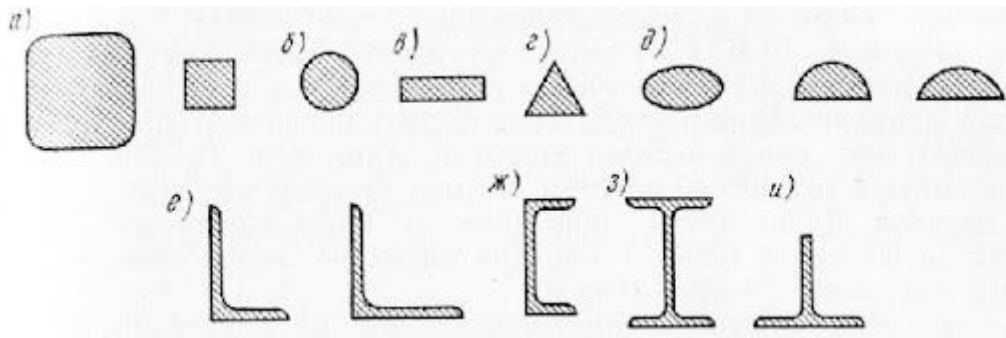


Рис.4.2. Основні види сортового прокату:

а - квадратний; б - круглий (пруток); в - смуговий; г - трикутний; д - овальний, напівкруглий, сегментний; е - кутовий нерівнобічний і рівнобічний (куточок); ж - швелерних; з - двотавровий; и – тавровий

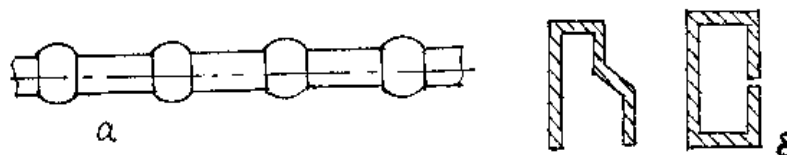


Рис. 4.3. Спеціальні види прокату: а – періодичний прокат; б – гнуті профілі.

Він ділиться на такі групи:

- 1) заготовки прокатні (блюми та сляби);
- 2) сортовий прокат;
- 3) листовий прокат;
- 4) профілі спеціального призначення;
- 5) прокат періодичного профілю і гнуті профілі;
- 6) труби.

**Залежно від профілю сортовий прокат ділиться на прокат:**

- простого профілю;
- фасонного профілю.

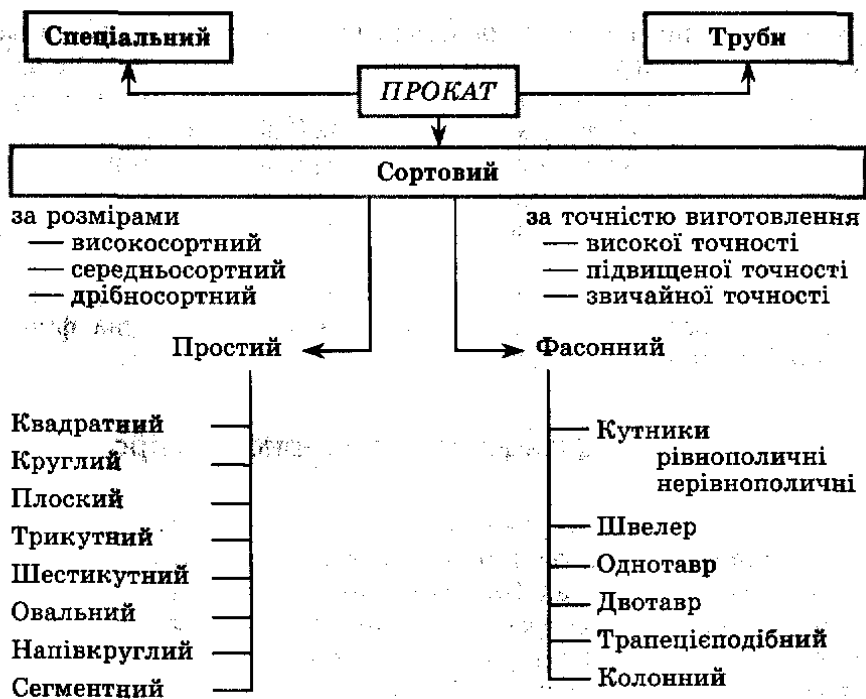


Рис. 4.4. Класифікація продукції прокатного виробництва

#### ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з технологічною схемою і суттю основних процесів чорної металургії і макетами обладнання чорної металургії.
2. Ознайомитись з сировинними матеріалами і продуктами чорної металургії. Результати вивчення систематизувати у вигляді табл. 2.1.
3. За завданням викладача описати основні технологічні операції для виготовлення вказаного продукту чорної металургії.

Таблиця 4.1

#### Сировинні матеріали і продукти чорної металургії

№ п/п	Матеріал	Призначення	Зовнішній вигляд, злам	Склад, приблизний вміст компонентів
1	2	3	4	5

4. Систематизувати відомості про будову і роботу доменної печі

Таблиця 4.2

Зона печі	Суть протікаючих процесів, хімічні реакції	Компоненти, що вступають в реакції
1	2	3
Шахта Розпар Запличики Горн		

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Описати матеріали та продукти чорної металургії.
3. Розшифрувати марку сталі.
4. Охарактеризувати профіль прокату.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Сировинні матеріали доменного виробництва, їх призначення та склад.
2. Призначення, будова та принцип роботи доменної печі, суть доменного процесу.
3. Продукти доменної плавки, сталеплавильного і прокатного виробництва, їх призначення.
4. Суть сталеплавильного виробництва.
5. Суть прокатування, обладнання та інструмент.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с. ISBN 978-617-7813-42-1 (2,28 авт.арк.)  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11061>
2. Попович В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник / В. Попович, В. Голубець. – Суми: Університетська книга, 2012. – Книга II. – 260 с.
3. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник / В.В. Попович. – Львів: Світ, 2006. – 624 с.
4. Технологія основних виробництв. Методичні вказівки до проведення практичних занять. /Укл.Кропівний В.М., Кропівна А.В., Молокост Л.А. Кіровоград, 2010, -52 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ У ПІЩАНИХ ФОРМАХ

**Мета роботи** – 1. Ознайомитись з технологією виготовлення виливків у піщаних формах та набути навичок конструювання виливків.

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Суть ливарного виробництва полягає в тому, що виливок (фасонну заготовку) одержують у результаті заливання розплавленого металу в ливарну форму, порожнина в якій за конфігурацією й розмірами близька до виливка. Виливок утворюється в результаті затвердіння металу в порожнині форми.

Виливки переважно виготовляють у формах з піщаних формових сумішей, які мають невелику вартість й характеризуються вогнетривкістю,

газопроникністю та міцністю. Вказані властивості має суміш, виготовлена з кварцового піску (наповнювач) і глини (скріплювач) 8-12%. Для надання глині клейкості до формової суміші входить 3-4% води. Підвищення міцності формової суміші досягається додатковим введенням до її складу клеючих речовин (відходів целюлозної промисловості).

У початковому стані формова суміш пухкий неміцний матеріал, який набуває потрібні властивості в процесі механічного ущільнення (формування).

Ливарна форма складається з двох роздільно виготовлених напівформ-верхньої і нижньої. Кожну напівформу формують в опоках (металевих рамках без дна). Для утворення робочої порожнини в ливарній формі використовують модель – дерев'яну або металеву копію виливка. Конфігурація та розміри моделі відрізняються від виливка у наступному:

для зручності виготовлення форми модель роблять з двох частин /рознімною/;

для полегшення виймання моделі з форми її бокові поверхні роблять з формовими уклонами до площини розняття;

у моделі відсутні отвори, а в тих місцях, де з виливка виходять отвори, на моделі розміщені виступи - стержневі знаки;

розміри моделі збільшуються на 1-2% для компенсування усадження металу під час охолодження.

Порожнина, одержана в формі за допомогою моделі, утворює зовнішню поверхню виливка. Отвори у виливках утворюються вставними частинами ливарної форми – стержнями.

Стержні виготовляють окремо в стержневих ящиках (формах) з стержневої суміші, яка порівняно з формовою сумішшю має більшу міцність і вогнетривкість. До складу стержневих сумішей не входить глина, а у якості скріплювача застосовують смоли, рідке скло та ін. Після ущільнення стержневої суміші стержневий ящик розкривають, стержень виймають і поміщають у піч для сушіння при температурі 220...240 °С.

Стержні виготовляють більш довгими ніж отвори у виливках на величину частин, які називаються знаками. Знаки на стержні потрібні для його опирання в ливарній формі на порожнини, утворені під час формування знаками на моделі. Під час формування в ливарній формі за допомогою окремих моделей також утворюють ливникову систему - канали, по яких підводиться рідкий метал до робочої порожнини форми.

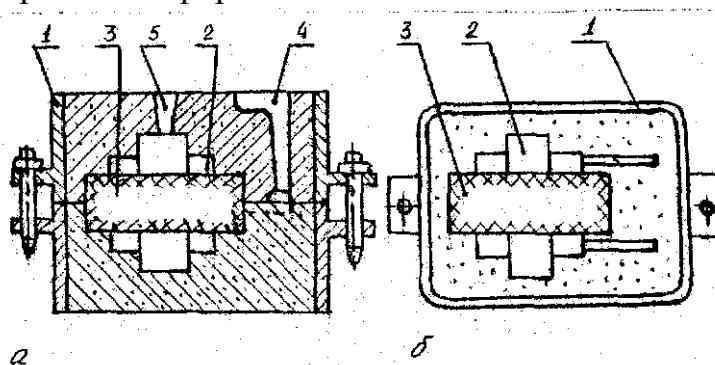


Рис.5.1. Піщана форма для виготовлення виливка:

а - розріз ливарної форми; б - вид зверху на нижню напівформу; 1 - опока; 2 - робоча порожнина форми; 3 - стержень; 4 - ливникова система; 5 - випор

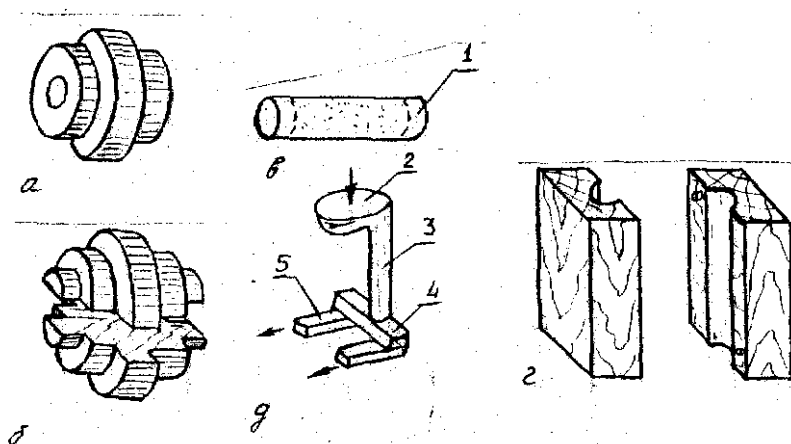


Рис.5.2. Виливок (а), модель (б), стержень (в), стержньовий ящик (г), ливник (д); 1 - знаки; 2 - ливникова чаша; 3 - стояк; 4 - шлаковловлювач; 5 - живильник

До складу ливникової системи входять:

- ливникова чаша - заглиблення на поверхні форми для приймання рідкого металу;
- стояк - вертикальний канал, по якому метал подається до розняття форми;
- шлаковловлювач – канал, в якому частково затримуються спливаючі з рідкого металу шлакові включення;
- живильники - канали для подачі металу від шлаковловлювача до робочої порожнини форми;
- випор - вертикальний канал над найбільш високим місцем робочої порожнини для виведення газів, шлаку та контролю заповнення форми розплавом.

Піщані форми є разовими. При вибиванні виливка форма й стержень руйнуються. Формова суміш після освіжаючих добавок піску, води і скріплювачів використовується повторно.

Виготовлення виливків у піщаній формі проводиться у такій послідовності:

1. У бігунах готується формова суміш.
2. Формування нижньої напівформи:
  - встановити на стіл підмодельну плиту;
  - встановити на підмодельну плиту нижню опоку, нижню частину моделі виливка і моделі живильників;
  - засипати в опоку формову суміш й ущільнити її трамбовкою;
  - зрізати лінійкою надлишок суміші над нижньою напівформою і перевернути її на 180°;
3. Формування верхньої напівформи:

- зєднати нижню напівформу з верхньою опокою, встановити верхню частину моделі вилівка та моделі шлаковловлювача, стояка й випора;
- посипати поверхню розняття розділювальним матеріалом /сухим піском/;
- засипати й ущільнити формову суміш у верхній напівформі;
- вирізати ланцетом ливникову чашу.

#### 4. Складання ливарної форми:

- розкрити форму, витягнути моделі вилівка і ливникової системи;
- встановити стержень у нижню півформу і зібрати разом півформи;

#### 5. Залити у форму розплавлений ливарний сплав.

6. Заключні операції: вибивають форму та відділяють вилівок від формової суміші, обрубують від вилівка ливникову систему, очищають поверхню вилівоків від пригорілої формової суміші, контролюють якість вилівка.

При розробці конструкції вилівоків, враховують ливарні властивості сплавів /рідкотекучість, усадку/, технологію виготовлення модельного комплекту, ливарної форми та стержнів.

Правильно сконструйований вилівок повинен мати плавні заокруглення в місцях спрягання стінок та мінімальну різницю між товщинами стінок. У вилівка не повинно бути дрібних отворів. Мінімальна товщина стінок для вилівоків із сірого чавуну складає 3...5 мм, із вуглецевої сталі - 10...12 мм.

Основою для розробки креслення вилівку і моделі є креслення готової деталі. Вилівок конструюється у наступній послідовності. Аналізують креслення заданої готової деталі, визначають її відповідальні ділянки, а також оброблювані поверхні, які на кресленні деталі позначаються V. Знак V в правій верхній частині креслення означає, що інші поверхні не підлягають механічній обробці. Визначають положення вилівка в ливарній формі (верх-низ), керуючись наступним:

- масивні частини повинні розміщатися зверху для забезпечення направленої кристалізації вилівка знизу-верх, що дозволяє усунути усадочні дефекти;
- найбільш відповідальні та оброблювальні частини вилівка розміщують внизу, тому що у верхній частині утворюється більше дефектів.

Положення лінії розняття моделі й форми повинно бути таким, щоб модель при вийманні не руйнувала форму. Бажано весь вилівок розміщувати у нижній опоці, що підвищує точність заготовки.

При розробці креслення вилівка на креслення деталі наносять такі ливарні вказівки:

1. Припуски на механічну обробку - шар металу, який знімається в стружку з поверхні вилівку в процесі механічної обробки. Припуски призначають лише на оброблюємих поверхнях (зі знаком V), для чого проводять додаткові лінії, які збільшують зовнішні та зменшують внутрішні розміри деталі. Для дрібних вилівоків припуск на нижні й бокові поверхні приймають рівним 2...2,5 мм, на верхні - до 3,5 мм.

2. На вертикальних зовнішніх поверхнях вилівка передбачають формовочні уклони, які вказують у вигляді додаткових ліній (зверху припусків), які збільшують розміри вилівоків до площини розняття. Уклони складають 1...3°.

3. Галтелі - заокруглення внутрішніх й зовнішніх кутів виливків. Їх передбачають для утворення плавних переходів між спряженими стінками, що зменшує обсіпання кутів ливарної форми та запобігає утворенню тріщин у виливках. Радіус галтелей приймається рівним  $1/5$  від середньої товщини стінок виливку.

4. Напуски - спрощення конструкції виливка з метою підвищення його технологічності. Так, отвори діаметром менше 20 мм, дрібні пази та канавки на виливках утворюють методами обробки різанням.

### ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити креслення заданої деталі, визначити оброблювані та відповідальні поверхні. Задане креслення деталі навести в звіті до лабораторної роботи у вигляді ескізу.
2. Тонкими суцільними лініями повторно без штриховки накреслити задане креслення деталі як базу для розробки креслення виливка.
3. Позначити потовщеною лінією положення площини розняття моделі й форми (РМФ). Вказати розміщення виливка стрілками і літерами В (верх), Н (низ).
4. Нанести на креслення деталі ливарні вказівки: припуски на механічну обробку, формовочні уклони, галтелі, напуски.
5. На кресленні виливка показати контури стержня зі знаками.
6. Обвести вилівок товстими контурними лініями і заштрихувати його розріз, неповною штриховкою виділити стержень, вказати нові розміри з врахуванням припусків.
7. Привести ескіз розрізу ливарної форми для виготовлення заданого виливка.
8. Описати технологічні операції виготовлення виливка у піщаній формі.

### ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Привести ескіз деталі-завдання.
3. Привести розроблене креслення виливка.
4. Привести ескіз розрізу ливарної форми.
5. Описати основні операції виготовлення виливка у вигляді табл. 3.1

Таблиця 3.1

Технологічні операції виготовлення виливка в піщаній формі

№ п/п	Матеріали	Операція	Інструменти та оснастка	Обладнання

6. Підсумки роботи про напрямки зміни конструкції виливка з метою підвищення технологічності та зниження браку.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Суть ливарного виробництва.
2. Формові й стержньові суміші, їх склад і властивості.
3. Елементи ливарної форми, їх призначення.
4. Модель, її призначення, особливості конструкції.
5. Стержень, його призначення й технологія виготовлення.
6. Робоча порожнина ливарної форми, її призначення, як вона утворюється.
7. Ливникова система, її елементи, призначення, технологія виготовлення.
8. Основні технологічні операції виготовлення виливків у піщаних формах.
9. Виливок, особливості його конструкції, форми, розмірів, відмінності від готової деталі.
10. Принципи правильного розміщення виливка в ливарній формі.
11. Вибір положення площини розняття і форми.
12. Ливарні вказівки: припуски, напуски, формовочні уклони, галтелі; їх призначення.
13. Дефекти, які утворюються у виливках при його неправильній конструкції.

## Література

1. Попович В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник / В. Попович, В. Голубець. – Суми: Університетська книга, 2012. – Книга II. – 260 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів /За редакцією М.А. Сологуба], Київ: «Вища школа», 2002. – с.86-129.
3. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с. ISBN 978-617-7813-42-1 <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11061>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

### ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ХОЛОДНОГО ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ (ХЛШ)

**Мета роботи:** 1. Вивчити основні операції холодного листового штампування. 2. Ознайомитись з обладнанням для холодного листового штампування та методикою їх вибору.

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Холодне листове штампування** – це вид обробки металів тиском, коли з тонких матеріалів (товщиною до 10 мм) на пресах у штампах виготовляють плоскі або об'ємні деталі.

Заготовками може бути стрічковий, або листовий матеріал. Широке застосування листового штампування в промисловості пов'язане з рядом його позитивних якостей: високою продуктивністю; можливістю використання малокваліфікованої робочої сили; точністю деталей сприятливими умовами для

автоматизації процесу. Матеріалом для штампування є сталь і сплави кольорових металів. Операції листового штампування поділяються на розділювальні, при яких деформування закінчується відокремленням однієї частини від іншої (відрізання, вирубування), та формозмінні, в яких під час деформування форма виробу чи напрям його осі змінюється (згинання, витягування, обтискання, формування).

Відрізання – розділення заготовки по незамкненому контуру на частини за допомогою ножиць з поступальним рухом кромek ножів (гільйотина) і обертотвим (дискові або роликові ножиці).

Вирубування – розділення заготовок по замкненому контуру, при якому від заготовки відокремлюється потрібна деталь (виріб).

Пробивання – розділення заготовок по замкненому контуру, при якому в деталі утворюється наскрізний отвір з відділенням частини матеріалу у відходи. При роздільних операціях величина зазору між пуансоном і матрицею впливає на якість обробки і залежить від властивостей матеріалу та товщини заготовки. Його оптимальне значення визначається за формулою:

$Z = KS$ , де  $K$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей металу заготовки (для маловуглецевих сталей  $K = 0,1$ );  $S$  – товщина заготовки, мм.

Згинання – формозмінна операція, яка змінює напрями осі деталі. При згинанні волокна металу, розташовані всередині кута - стискаються, а зовнішні – розтягуються.

Витягування – процес утворення порожнистих виробів з плоскої листової заготовки за рахунок втягування металу в зазор між пуансоном і матрицею. Витягуванням виготовляють елементи кузовів автомобілів, гільзи, посуд та ін.

Обтискання – процес місцевого зменшення поперечного перерізу порожнистого виробу, отриманого витягуванням.

Формування – процес утворення на поверхні деталі остаточного профілю /форми/ чи більш точних розмірів попереднього витягнутого виробу.

Зазор між пуансоном і матрицею під час формозмінних операцій визначають з коефіцієнтом  $K = 1,2$ .

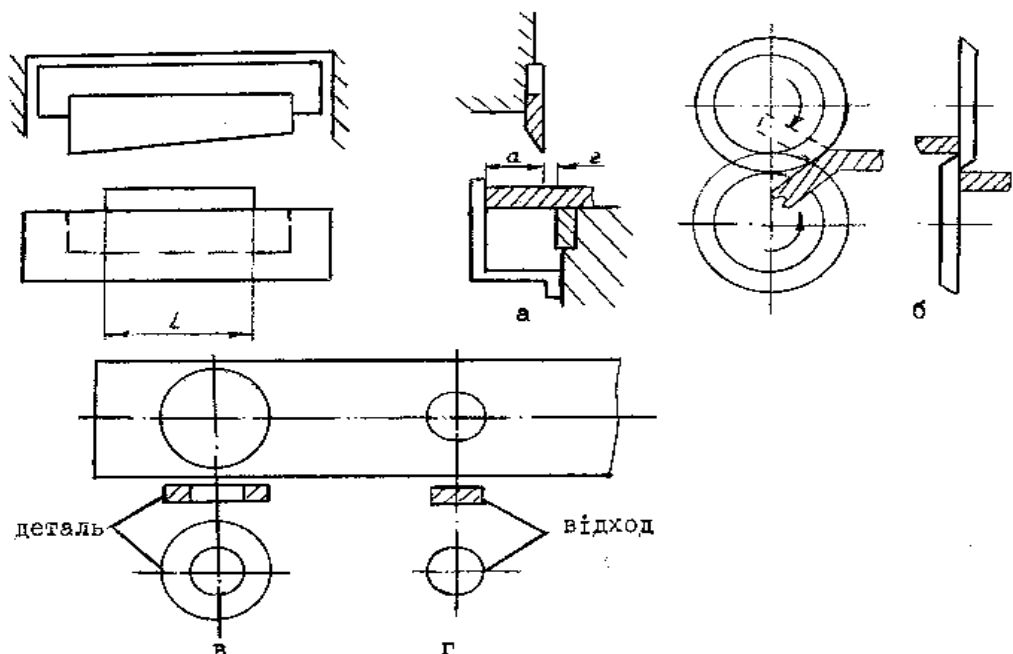


Рис. 6.1. Розділювальні операції листового штампування: а) відрізання гільйотиною; б) відрізання дисковими ножицями; в) вирубання; г) пробивання.

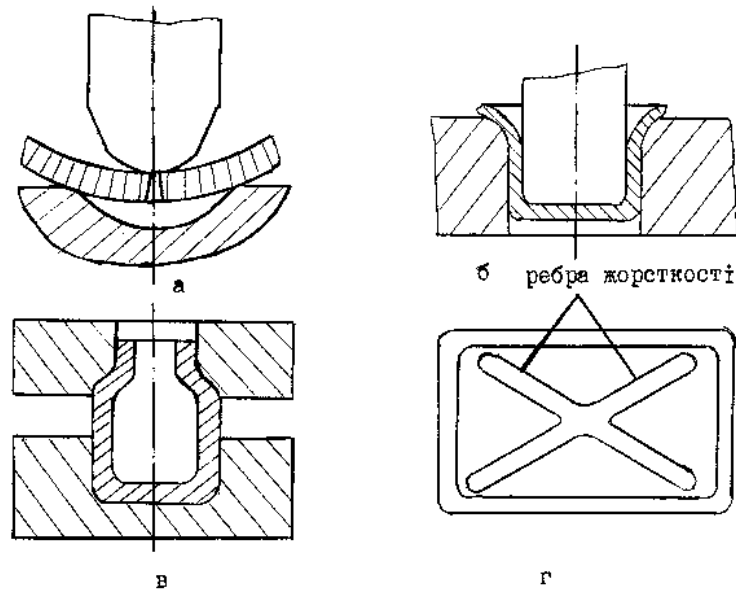


Рис. 6.2. Формозмінні операції листового штампування: а) згинання; б) витягування; в) обтискання; г) формування.

Штампи для листового штампування мають робочі органи (пуансон і матрицю) та допоміжні деталі. Залежно від кількості операцій, які можуть виконуватись одночасно, штампи бувають одноопераційні та багатоопераційні.

Прикладом багатоопераційного штампа є штамп послідовної дії, що застосовуються для виготовлення шайб. У ньому за кожний хід повзуна преса виконується дві операції: пробивання отвору і вирізування контуру деталі (шайби).

Для листового штампування використовують механічні та ексцентрикові кривошипні і гідравлічні преси. У кривошипних пресах обертовий рух перетворюється в зворотно-поступальний рух за допомогою кривошипно-шатунного механізму (рис. 6.3.). Кривошипний вал 1 одержує обертовий рух від електродвигуна преса 1 і за допомогою шатуна 2 передає рух повзуну 3 через кульовий шарнір 4. Напрямні станини преса 5 дають змогу повзуну переміщуватись лише зворотно-поступально у вертикальному напрямі. При штампуванні великих деталей для збільшення зусилля і рівномірності тиску на повзун застосовують двокривошипні механізми.

За технологічною ознакою механічні преси бувають простої дії з одним повзуном (призначені для простих операцій – згинання, вирубання, пробивання) і подвійної дії з двома повзунами (для глибокого витягування). В

пресах подвійної дії перший повзун притискує заготовку до матриці, другий – виконує роботу витягування.

Механічні преси широко застосовуються для холодного листового штампування внаслідок високої продуктивності і точності роботи, зручності експлуатації та обслуговування.

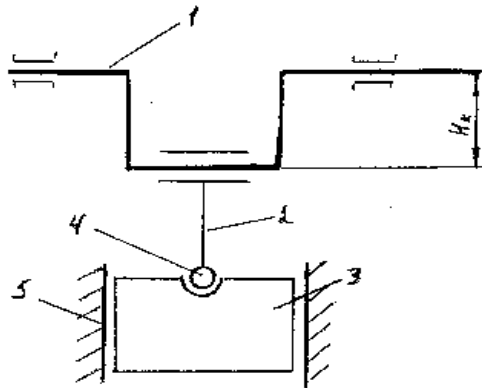


Рис. 6.3. Кінематична схема кривошипно-шатунного механізму.

### ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Замалювати деталь і визначити операції холодного листового штампування, які були виконані в технологічній послідовності.
2. Привести схеми операцій.
3. Виконати розрахунок максимального зусилля вирубання (пробивання)

$$P = 1,26 \cdot \sigma_{zp} \cdot S \cdot L,$$

де:  $\sigma_{zp}$  - межа міцності на зріз матеріалу заготовки, Н/мм<sup>2</sup>;

$S$  – товщина заготовки, мм;  $L$  – периметр деталі, мм.

4. Вибрати тип преса із стандартного ряду пресів залежно від значення максимального зусилля.  
Зусилля пресів, т.с.: 2,5; 6,3; 10; 16; 25; 40; 100; 160; 250; 320; 400; 630; 800; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; 8000; 12500.

### ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Опис виконаних технологічних операцій для виготовлення заданої деталі та їх схеми.
3. Розрахунки необхідного зусилля преса та вибір відповідного типу.

### ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Суть холодного листового штампування.

2. Класифікація технологічних операцій холодного листового штампування.
3. Дати визначення: відрізання, вирубування, пробивання, згинання, витягування, обтискання, формування.
4. Види штампів.
5. Типи пресів та механізми для перетворення обертового руху в зворотно-поступальний рух.

#### Література

1. Попович В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник / В. Попович, В. Голубець. – Суми: Університетська книга, 2012. – Книга II. – 260 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів /За редакцією М.А. Сологуба|, Київ: «Вища школа», 2002. – с.86-129.
3. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с. ISBN 978-617-7813-42-1 <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11061>

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ТА ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ

**Мета роботи:** 1. Ознайомитись з класифікацією методів зварювання, з основними видами зварних швів залежно від їх положення в просторі та види з'єднання. 2. Вивчити технологічні параметри ручного електродугового зварювання і методику їх розрахунків. 3. Навчитись вибирати тип і параметри режиму електродугового зварювання.

#### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Зварюванням металів називається процес одержання нерознімних з'єднань за рахунок утворення міжатомних зв'язків. Залежно від стану металу в процесі зварювання розрізняють зварювання плавленням і зварювання тиском. Найширше застосовується має вид зварювання плавленням – дугове зварювання. При цьому вплив дуги на основний і присадний метал може бути прямим (дуга горить між заготовкою і електродом), і непрямим (дуга горить між двома електродами).

Найбільше розповсюдження знайшло дугове зварювання, коли дуга горить між металевим плавким електродом і зварюваним металом. При цьому у якості електрода використовують зварювальний дріт діаметром від 0,3 до 12 мм, довжиною до 450 мм. За хімічним складом випускається 56 марок дроту, з яких 5 марок з вуглецевої сталі, 26 – легованої і решта – з високолегованих сталей. Всі вони мають понижений вміст вуглецю, сірки й фосфору. Залежно від виду покриття розрізняють електроди з тонким стабілізуючим покриттям товщиною до 0,2 мм, клеючою рідиною для закріплення покриття, у даному

випадку є рідке скло. До складу товстих покриттів крім стабілізуючих компонентів вводять шлакоутворюючі речовини: (оксиди кремнію, марганцю, титану), легуючі елементи: (хром, марганець, вольфрам, молібден), газозахисні (захищають зварювальну ванну від окислення при контакті з атмосферою): деревне або харчове борошно, електродна целюлоза тощо.

Електродугове зварювання може виконуватись під флюсом та в захисних газах; по способу механізації поділяється на ручне, напівавтоматичне та автоматичне.

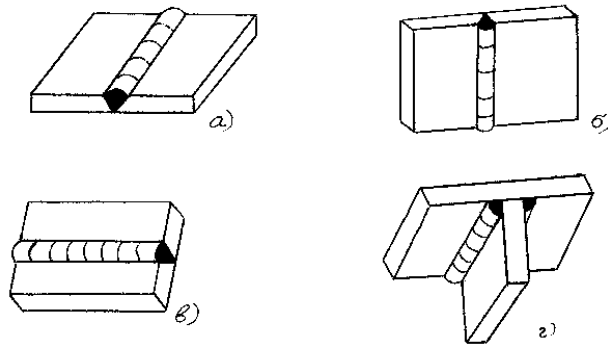


Рис. 7.1. Просторове розташування швів: а – нижнє; б – вертикальне; в – горизонтальне; г – стельове.

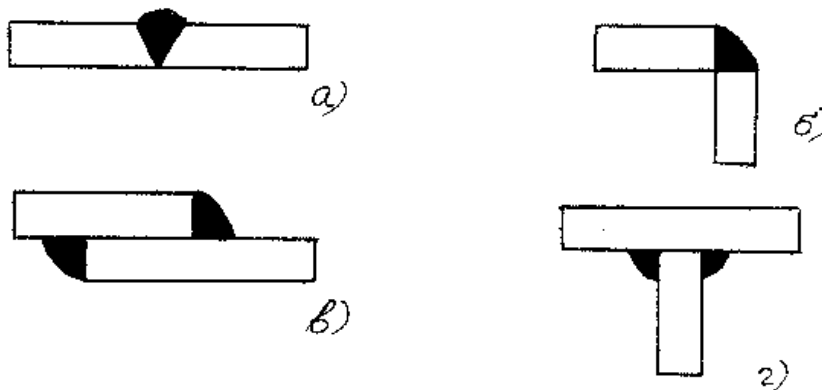


Рис. 7.2. Основні види зварних з'єднань: а – стикове; б – кутове; в – внапусток; г – таврове.

Види зварних з'єднань поділяються залежно від положення швів у просторі (рис. 5.1) і від зварного з'єднання (рис. 5.2).

З'єднання залежно від товщини зварюваних листів виконують без відбортовки (товщина до 5 мм) або з відбортовкою (одностороння для товщин 5...20мм та двостороння понад 20 мм).

**Вибір режиму зварювання.** Основними параметрами ручного дугового зварювання є діаметр електрода, сила зварювального струму, основний час зварювання та витрати електродів.

Діаметр електрода вибирають залежно від товщини зварюваного металу, мм:

$$d_e = \frac{S}{2} + 1,$$

де:  $S$  – товщина зварювального металу, мм.

Сила зварювального струму, А:

$$I_{зв} = K \cdot d_e,$$

де:  $K$  – коефіцієнт, що залежить від хімічного складу металу і положення швів у просторі, ( $K = 35 \dots 60$  А/мм.).

Маса наплавленого електродного металу, г:

$$Q = F_{ш} \cdot L_{ш} \cdot \gamma,$$

де  $F_{ш}$  - площа шва, см<sup>2</sup>;  $L_{ш}$  – довжина шва; см;  $\gamma$  – питома вага, для сталі  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

Витрати електродного металу, г:

$$Q_e = Q_n K_e,$$

Де  $K_e$  – коефіцієнт, що враховує втрати металу в процесі зварювання (знаходиться в межах 1,15...1,25), значною мірою його значення залежить від кваліфікації зварювальника.

Основний час зварювання, год:

$$\tau_0 = \frac{Q_e}{I_{зв} \cdot \alpha_n},$$

де  $\alpha_n$  - коефіцієнт наплавки, залежить від матеріалу електродів і знаходиться в межах 8...12 г/А год.

Повна теплова потужність дуги, Дж/с:

$$Q_z = K_e I_{зв} U_{зв},$$

де  $K_e$  – коефіцієнт (для постійного струму  $K_e = 1$ , для змінного  $K_e = 0,8$ ;  $U_{зв}$  – напруга струму,  $U_{зв} = 50 \dots 70$  В).

Потрібна кількість електродів, шт.:

$$n = \frac{Q_e}{G_e},$$

де  $G_e$  - маса металу, розплавленого з одного електрода, г.

$$G_e = \frac{\pi d_e^2}{4} L_e \gamma,$$

$L_e$  – довжина розплавленої частини електрода, см.

Електроконтактне зварювання є видом зварювання тиском, при якому розігрівання місця контакту зварюваних виробів до пластичного стану при пропусканні через заготовки електричного струму зварне з'єднання утворюється при механічному стисканні місця зварювання. Кількість теплоти, що виділяється при проходженні електричного струму через зварювані деталі, підраховується згідно з законом Джоуля-Лендця, Дж:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

де:  $I$  – зварювальний струм, А;

$R$  – повний опір електричного ланцюга (електроди-заготовки), Ом;

$t$  – час зварювання, с.

Існує три основних способи електроконтактного зварювання:

стикове, точкове й шовне. Окрему групу становить зварювання акумульованою енергією (конденсаторне зварювання). При цьому способі електрична енергія для зварювання поступово накопичується в батареях конденсаторів. Енергія що виділяється в момент розрядження конденсаторів витрачається на зварювання, а її значення залежить від напруги і ємкості конденсатора  $C$ :

$$A = \frac{C \cdot U^2}{2},$$

Конденсаторне зварювання використовується переважно при з'єднанні металів малої товщини - 0,005 - 2мм. Переваги конденсаторного зварювання: незначна споживча потужність зварювальних машин; рівномірне навантаження на електричну мережу, яке не створює пікових значень струму в момент зварювання.

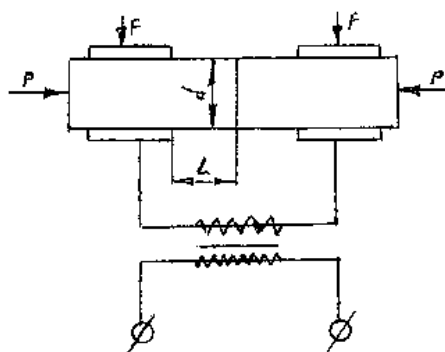
Вибір відповідного виду контактного зварювання залежить від профілів зварюваних заготовок. Так, якщо треба зварити труби, рейки, стержні, то застосовують стикове зварювання, для листових конструкцій (баки, бункери) – точкове або шовне. Шовне зварювання забезпечує як міцність шва, так і його герметичність.

Вибір режимів зварювання для різних видів контактного зварювання:

а)стикове:

Питома потужність  $N_p = 0,12 \dots 0,17$ ; кВт/мм<sup>2</sup>;

питомий тиск  $P_p = 1,5 \dots 5$  кгс/мм<sup>2</sup>;



довжина вільних кінців заготовки  $L=(0,6\dots0,7)\cdot d$ ;  
робоча напруга  $U_p=5\dots15V$

б) точкове:

Питома потужність  $N_p=0,12\dots0,17$ ; кВт/мм<sup>2</sup>;

питомий тиск  $P_p=1,5\dots5$  кГс/мм<sup>2</sup>;

довжина вільних кінців заготовки  $L=(0,6\dots0,7)\cdot d$ ;

робоча напруга  $U_p=5\dots15V$

Робоча напруга  $U_p=2\dots12V$  ;

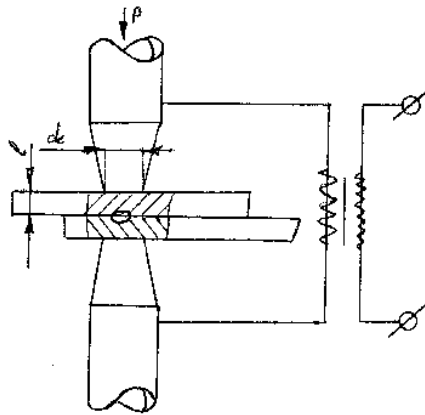
сила струму  $I = 6500\cdot\ell, A$ ,

час зварювання  $t=(0,2\dots0,4)\cdot\ell$ , с – для вуглецевих сталей,

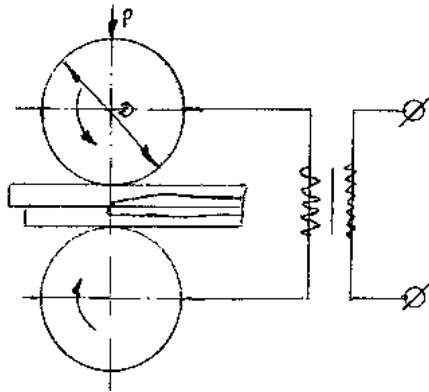
$t=(0,1\dots0,15)\cdot\ell$ , с – для легованих сталей;

діаметр електрода –  $d_e=2\cdot\ell+3$ , якщо товщина не менша за 3 мм,

$d_e=1,5\cdot\ell+5$ , якщо товщина більша за 3 мм.



в) шовне:



зусилля стискання –  $P=500\dots600$  кГс;

сила струму –  $I=2000\dots20000$  А;

діаметр роликів –  $D = 50\dots350$  мм,

напруга струму –  $U = 10\dots30$  V,

Швидкість переміщення  $v=0,5\dots3,5$  м/хв.

## ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Вивчити види зварювання.

2. Ознайомитись з обладнанням та методикою вибору режиму електродугового зварювання.
3. Ознайомитись з обладнанням та методикою вибору типу електроконтактного зварювання.

### ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Схеми зварювання за завданням викладача.
3. Вибір режиму зварювання.

### ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Зварювання, суть процесу та методи.
2. Типи зварних з'єднань.
3. Основні параметри режиму ручного електродугового зварювання.
4. Класифікація способів електроконтактного зварювання і їхні особливості.
5. Основні параметри режиму зварювання відповідно стикового, точкового і шовного зварювання.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Попович В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник / В. Попович, В. Голубець. – Суми: Університетська книга, 2012. – Книга II. – 260 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів /За редакцією М.А. Сологуба, Київ: «Вища школа», 2002. – с.86-129.
3. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с. ISBN 978-617-7813-42-1 <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11061>

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

#### ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Мета роботи: 1.Ознайомитись з основними відомостями про верстати токарної, сверлильної та фрезерної груп. Вивчити будову верстатів, здобути поняття про роботи, виконувані на цих верстатах, та інструмент, який при цьому використовується.

#### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Металорізальні верстати - це машини-знаряддя для виконання обробки деталей шляхом зняття стружки.

У нашій країні прийнята класифікація верстатів за десятковою системою. Всі металорізальні верстати поділяють на десять груп - токарні, фрезерувальні,

свердлувальні і т.п.; групи верстатів діляться на десять типів. Кожній групі й типу присвоєно відповідний номер.

Моделі верстатів нумеруються три- або чотиризначними числами. Перша цифра вказує номер групи, друга - тип, решта – розмірну характеристику верстата (наприклад, основний параметр - висоту центрів, максимальний діаметр обробки тощо). Модифікації моделі позначаються літерами, які стоять після першої цифри. Літера в кінці індексу моделі вказує на відміни верстата від основної моделі (наприклад, наявністю додаткового обладнання, підвищеною, точністю обробки тощо). Так, верстат моделі 1И611П - верстат токарної групи /перша цифра 1), тип - токарно-гвинторізальний (друга цифра 6/, а висота центрів (110 мм). Таким чином, на ньому можуть оброблятися заготовки діаметром не більше 220 мм. Літера "И" позначає конструктивні особливості цього верстата, а літера "П" вказує, що він веде обробку з підвищеною точністю (прецизійний варіант).

Токарні верстати призначені для обробки поверхонь обертання (циліндричних, конічних, ступінчастих, різьбових і фасонних, а також фасок, заокруглень і канавок. Для утворення цих поверхонь необхідно виконання двох рухів різання: 1/ обертання заготовки - головний рух, який визначає швидкість відділення стружки; 2/ поступальне переміщення різця - рух подачі, який визначає безперервність врізання інструменту в заготовку. Рух подачі, може бути поздовжній /під час обточування, розточування, нарізання різьби/, або поперечний /під час підрізання бокових площин, відрізання одної частини заготовки від іншої/. Рухи, які використовуються до зняття стружки і після цього, відносяться до встановчо-допоміжних.

Токарно-гвинторізальні верстати відносяться до типу № 6 групи токарних верстатів. Вони являють собою універсальні верстати (Рис.8.1). На них можна виконувати різноманітні роботи з використанням заготовок різних типів. Універсальні верстати найбільш ефективні в одиничному та дрібносерійному виробництві. Виконуючи роботу, необхідно зрозуміти послідовність передачі руху від приводу /електродвигуна/ до робочого органу верстата /шпинделя, супортів/.

Кінематичний ланцюг головного руху має слідуєщу послідовність: головний електродвигун, який знаходиться в лівій тумбі. 1, клинопасова передача 1а, коробка швидкостей 2 зі шпинделем і патроном 3. Кінематичний ланцюг механізованих рухів подач розпочинається зі шпинделя і закінчується механізмами, які перетворюють обертовий рух в поступальний рух супортів.

У цей ланцюг входять гітара змінних коліс 5, коробка подач 6, ходовий гвинт 7 /використовують лише при нарізанні різьби/, або ходовий вал 6 /при виконанні всіх інших токарних робіт/, механізм фартуха 9, з реверсивними механізмами поздовжнього 10, та поперечного II супорту. Верхній поворотний супорт 12 використовують при ручній подачі та під час точіння конусів. Різці, від одного до чотирьох, закріплюють у різцеутримувачі 13. Ланцюг механізованих установчо-допоміжних рухів /швидке підведення до заготовки і

відведення від неї різця/ починається з допоміжного електродвигуна 14 і закінчується супортами.

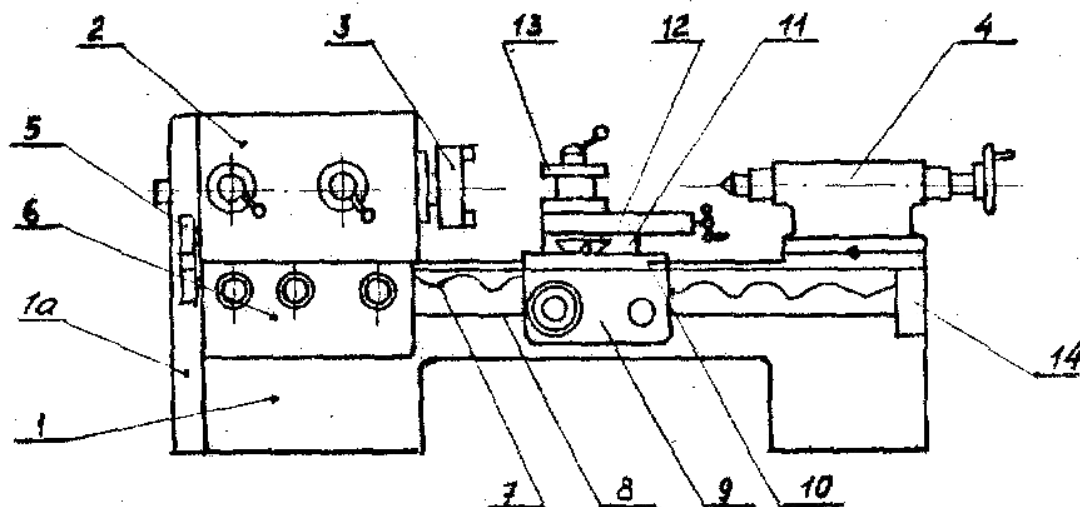


Рис.8.І. Універсальний токарно-гвинторізальний верстат

Заготовки на токарно-гвинторізальному верстаті закріплюють у встановлених на шпинделі трьох або чотирикулачкових патронах, цангових затискувачах. У випадку, коли заготовка нежорстка /велика довжина/ її правий кінець підтримують центром, встановленим у пінолі задньої бабки 4. Для додаткового кріплення довгих заготовок може застосовуватися люнет. Замість затисних патронів на шпинделі можна закріпити передній центр. У цьому разі обертання заготовки забезпечується за допомогою повідкового хомутика. Заготовки типу втулок можуть встановлюватися на оправці, яка закріплюється на верстаті в патроні.

Роботи на токарних верстатах виконують відповідними типами різців, які закріплюють у різцеутримувачі. Також виконують свердлення осьових отворів свердлом, обробку отворів зенкером, розверткою, нарізку дрібної метричної різьби мітчиками, плашками тощо. Ці інструменти закріплюють у пінолі задньої бабки.

Кожен вид робіт характеризується схемою обробки, на якій схематично зображують заготовку, інструмент, способи їх закріплення та рухи різання (рис.8.2).

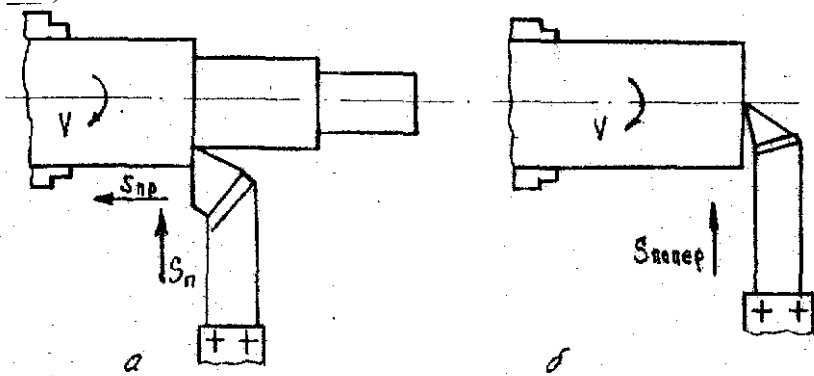


Рис.8.2. Схеми різання на токарних верстатах: а) обточування ступінчастих валів; б) підрізання торця

Основна класифікаційна ознака, що зумовлює тип токарного різця його технологічне призначення - вид виконуваних робіт.

Найбільш поширені типи різців (рис.8.3):

- а) прохідні - для обточування зовнішніх циліндричних та конічних поверхонь;
- б) прохідні упорні - для отримання ступінчастих валів та обробки нежорстких заготовок;
- в) підрізні - для обробки торцевих поверхонь;
- г) розточні - для обробки внутрішніх поверхонь;
- д) відрізні - для відрізання деталей або утворення канавок;
- е) різьбові - для нарізання зовнішніх та внутрішніх різьб;
- є) фасонні - для точіння фасонних поверхонь.

Крім основної ознаки за технологічним призначенням кожен тип різця може бути охарактеризований за рядом допоміжних ознак:

за характером або чистотою обробки розрізняють чорнові та чистові різці (рис.8.4). Чистові різці мають, на відміну від чорнових, характерні допоміжні конструктивні елементи, які сприяють зменшенню шорсткості обробленої поверхні. Це може бути, наприклад, коротке або широке ріжуче лезо, паралельне напрямку подачі, або заокруглення при вершині різця.

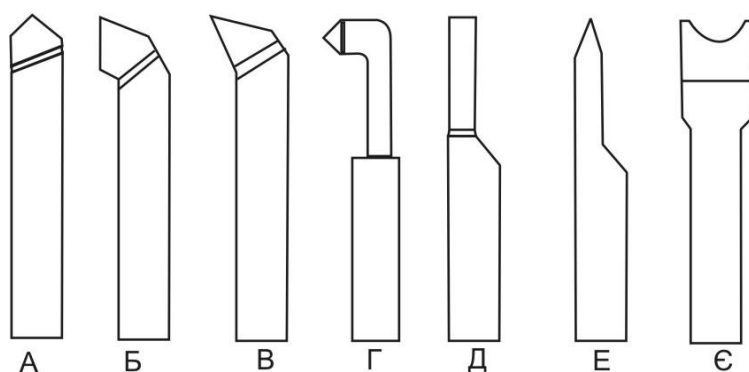


Рис.8.3. Типи токарних різців

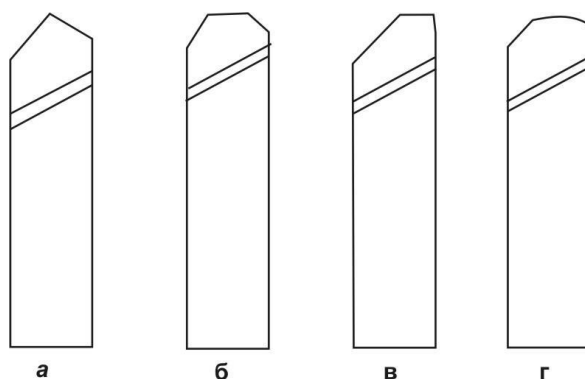


Рис.8.4. Різновиди токарних різців за характером (чистотою) обробки: а - прохідний чорновий; б - прохідний чистовий з прямим коротким

зачищаючим лезом; в - прохідний широкий , чистовий;  
г - прохідний чистовий радіусний різець.

За напрямом поздовжньої подачі різці поділяють на праві та ліві. При роботі правим різцем подача здійснюється справа наліво (рис.8.5.,а), а при роботі лівим різцем - зліва направо /рис.8.5,б/.

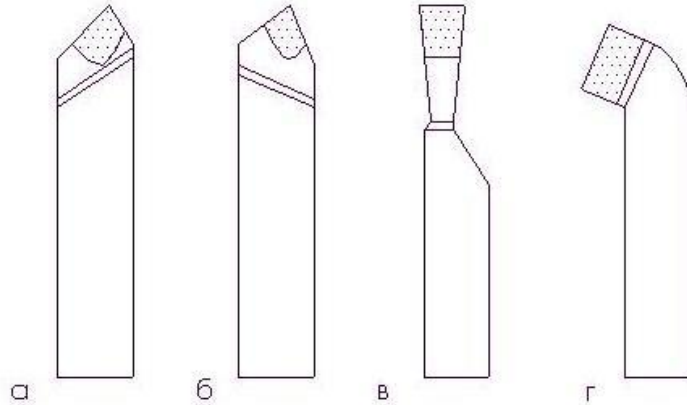


Рис.8.5. Різновиди токарних різців за напрямом поздовжньої подачі : а- прохідний правий; б - прохідний лівий;  
за формою: в - відрізний відтягнутий; г - прохідний відігнутий різець.

За формою різці бувають прямі, відігнуті та відтягнуті. У прямих різців вісь робочої частини і стрижня збігаються /рис.8.5.а/, у відігнутих - вісь робочої частини відігнута відносно стрижня /рис.8.5.г/, відтягнуті різці мають більш тонку, ніж стрижень, робочу частину /рис.8.5,в/.

За способом виготовлення розрізняють різці цільні та складові /збірні/. Цільні різці виготовлені повністю з інструментального матеріалу /див. рис.8.4/. Складові різці складаються з двох частин: різальної пластини з інструментального матеріалу /найбільш навантажена частина різця/ та державки з конструкційної сталі /рис.8.5/. Така конструкція різця дозволяє знизити витрати дорогих інструментальних матеріалів. Різні типи різців мають характерні особливості розташування та кількості елементів, Наприклад, у прохідного упорного різця головне різальне лезо розташоване під кутом  $90^\circ$  до напрямку подачі; у відрізного різця - коротке головне різальне лезо, дві вершини та дві допоміжні задні поверхні.

На поверхнях різця проходить ряд механічних, фізичних, теплових та хімічних процесів; відбуваються силовий вплив, тертя, виділення теплоти, зношування. Вибір раціонального розташування передньої поверхні різця покращує умови сходження стружки, знижує сили та ефективну потужність різання. Це забезпечує підвищення чистоти обробленої поверхні, зниження швидкості зношування інструменту. Правильний вибір геометричних параметрів зменшує тертя між задніми поверхнями інструменту та поверхнями оброблюваної заготовки.

Взаємне положення головного й допоміжного різальних лез має великий

вплив на чистоту обробки, стійкість інструменту, а також на співвідношення сил різання. Так, при куті між головним лезом і напрямком подачі рівному  $90^0$  радіальна сила різання, яка згинає заготовку, близька до нуля.

#### Завдання та порядок проведення роботи

1. Ознайомитись з будовою та роботою токарно-гвинторізального верстата, його основними вузлами та механізмами.
2. Ознайомитись з найпоширенішими операціями обробки та з інструментом, який використовується; звернути увагу на способи кріплення заготовки та інструменту.
3. Вивчити токарні різці, визначити їх типи, виконати класифікацію за додатковими ознаками. Здобути поняття про схеми обробки.
4. Вивчити елементи робочої частини на вказаному викладачем різці.

#### Порядок оформлення звіту

1. Мета роботи.
2. Замалювати зовнішній вигляд токарно-гвинторізального верстата.
3. Описати будову верстата у вигляді табл.8.1.
4. Описати токарні різці у вигляді табл. 8.2.

Таблиця 8.1

Номер вузла, деталі на рис. 6.1	Найменування вузла, деталі	Призначення, особливості конструкції вузла, деталі

Таблиця 8.2.

#### Описання токарних різців

Тип різця	Призначення	Схема обробки	Класифікація за додатковими ознаками

#### Підсумки по роботі

Охарактеризувати основні принципи класифікації металорізального обладнання та інструменту. Охарактеризувати основні види заготовок, які можуть бути оброблені на токарно-гвинторізальних верстатах.

#### Питання для самоконтролю

1. Формоутворення на токарних верстатах, призначення токарних верстатів.
2. Основні роботи, які виконуються на токарно-гвинторізальних верстатах.
3. Класифікація рухів на токарних верстатах.
4. Будова токарно-гвинторізального верстата.
5. Способи кріплення заготовок та інструменту.
6. Принцип класифікації токарних різців.

## 7. Основні типи токарних різців за призначенням. Схеми обробки.

Свердлувальні верстати призначені для утворення та обробки отворів.

Головний рух на свердлувальних верстатах - це обертання інструменту навколо своєї осі, рух подачі - поступальне осьове переміщення інструменту.

До основних типів свердлувальних верстатів відносяться: вертикально-свердлувальні, радіально-свердлувальні, багатошпиндельні, горизонтально-свердлувальні (для глибокого свердління, агрегатні, центрувальні).

Вертикально- та радіально-свердлувальні верстати (рис.9.1) найбільш універсальні і призначені для утворення та обробки отворів у різноманітних за масою й габаритами заготовках.

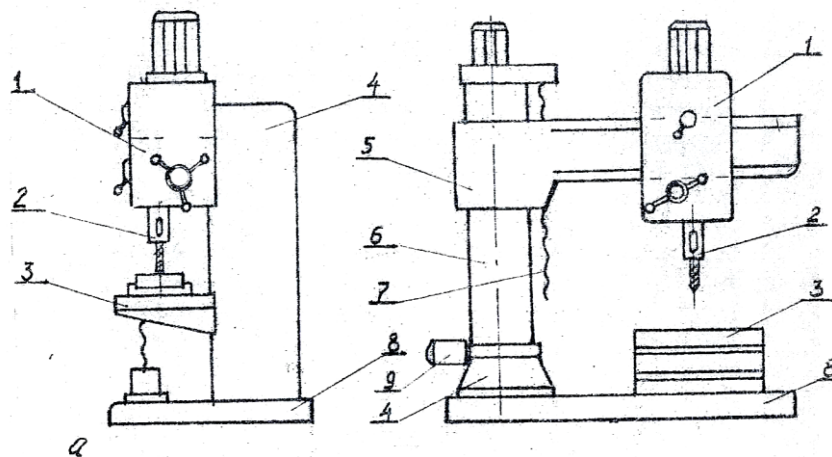


Рис.9.1. Вертикально-свердлувальний (а) та радіально-свердлувальний верстати (б).

На вертикально-свердлувальних верстатах обробляють порівняно невеликі заготовки, маса яких дозволяє суміщати вісь інструменту з віссю обробки переміщенням заготовки на столі.

На радіально-свердлувальних верстатах, призначених для обробки великогабаритних важких заготовок вісь інструменту і вісь обробки суміщують переміщенням інструменту відносно нерухомої заготовки.

Зазначена різниця в призначенні визначає відміни в конструкції верстатів, хоча основні агрегати їх ідентичні. Так, на обох верстатах є шпиндельна /свердлувальна/ головка 1, яка конструктивно поєднує механізми коробки швидкостей та коробки подач. Шпиндель 2 - кінцевий вал кінематичних ланцюгів головного руху та руху подач, є кінцевим елементом механізмів шпиндельної головки. В нижній частині шпинделя є конічний отвір, у якому за допомогою конічних хвостовиків або перехідних патронів закріплюється інструмент.

Заготовки на обох типах верстатів закріплюють на столі 3 за допомогою Т-подібних пазів. Додатково можуть застосовуватися машинні тиски або спеціальне устаткування.

Свердлильна головка та стіл на вертикально-свердлильному верстаті мають можливість переміщуватись по напрямних станини 4. Таким чином, положення вертикальної осі інструменту незмінне. Свердлильна головка на радіально-свердлильному верстаті переміщується по напрямних траверси 5 в горизонтальному напрямі. Крім того, траверса переміщується відносно колони 6 у вертикальному напрямі за допомогою ходового гвинта 7. Колона, в свою чергу, обертається навколо вертикальної осі. Ці встановчо-допоміжні рухи дозволяють суміщувати вісь шпинделя з віссю оброблюваної поверхні. Таким чином, при обробці кількох отворів немає потреби переміщувати великі важкі заготовки.

Верстати монтуються на фундаментній плиті 8.

Головна класифікаційна ознака свердлильного інструменту - технологічне призначення. Відповідно до цього розрізняють:

свердла - для свердлення та розсвердлення /збільшення діаметра отворів/;

зенкери циліндричні - для обробки отворів /у виливках, поковках, а також отриманих свердленням/, з метою поліпшення їх якості - точності розмірів та чистоти обробки;

зенкери спеціальні /зенковки/ - для отримання конічних та циліндричних заглиблень у верхній частині отворів;

цековки - для обробки площин навколо отворів;

розвертки — для кінцевої обробки отворів після зенкерування з метою підвищення чистоти обробленої поверхні.

Таким чином, отвори високої якості звичайно отримують послідовною обробкою: свердленням, зенкеруванням, розвертуванням.

Крім основного - технологічного призначення існує система найбільш загальних додаткових класифікаційних ознак: відповідно до характеру /чистоти/ обробки свердлильні інструменти /головним чином зенкери та розвертки/ бувають чорнові та чистові.

Підвищенню якості обробки сприяє, в основному, збільшення кількості зубців та оптимальне заточення інструменту;

за способом закріплення розрізняють інструменти хвостові з циліндричним /при невеликому діаметрі/ або конічним хвостовиком та насадні /без хвостовика/;

залежно від форми зуба інструменти бувають зі спіральними /гвинтовими/ зубами та прямозубі;

за способом виготовлення та конструкції інструмент піділяють на цільний /цілком з одного інструментального матеріалу/, збірний /з припаяними або привареними різальними пластинами/, комбінований /мають на одному корпусі декілька послідовно розташованих інструментів/. Наприклад свердло /внизу/ та зенкер циліндричний, зенкер циліндричний /внизу/ та зенкер спеціальний - зенковка, зенкер циліндричний /внизу/ та цековка.

### Вивчення конструкції інструментів

Частини та елементи спірального свердла показані на рис.7.2. По довжині свердло складається з робочої частини, яка включає в себе різальну /забірну/ та

напрямну /калібруючу/ частини, а також шийки та хвостовик з лапкою. Різальна частина виконує роботу різання /знімає стружку/, пряма - калібрує та зачищає поверхню отвору.

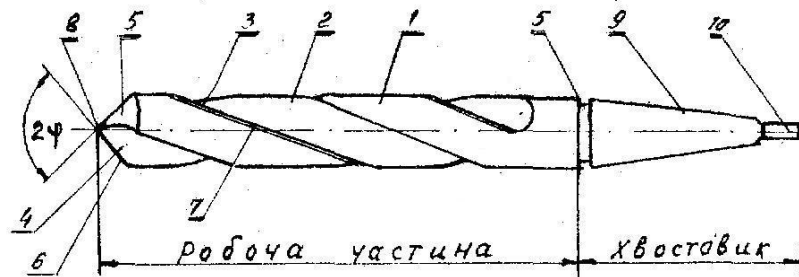


Рис.9.2. Частини та елементи спірального свердла

Роботу різання в робочій частині виконують два спіральних зуба 1; між ними знаходяться дві канавки 2 для виходу стружки. Дві шліфовані вузькі смужки - стрічки 3 спрямовують свердло при різанні. Перемична 8 на торці свердла знаходиться між задніми поверхнями; в процесі різання вона зминає під свердлом метал і подає його під різальні кромки. Таким чином, свердлом утворюються отвори в суцільному матеріалі.

Аналізуючи елементи робочої частини свердла, слід виходити з принципу аналогії: кожен зуб багатозубих інструментів виконує таку саму роботу, що й різець. Таким чином, елементи кожного зуба свердла взагалі такі самі, як у різця: передні поверхні 4, за якими сходить стружка - канавки в різальній конічній частині свердла;

головні задні поверхні 3, обернені до поверхні різання заготовки, являють собою заточені на конус поверхні зубів у різальній частині свердла;

допоміжні задні поверхні 3 - стрічки, обернені до обробленої поверхні отвору;

головні різальні леза 6 - прямолінійні кромки на торці свердла утворені пересічення передніх та задніх поверхонь;

допоміжні різальні леза 7 - кромки стрічок.

Крім того, розрізняють перемичку 8 і вершину свердла. Збільшенню чистоти обробки сприяє підвищення рівномірності роботи інструменту. У зв'язку з цим такі інструменти як зенкери та розвертки повинні мати більше зубів порівняно зі свердлом.

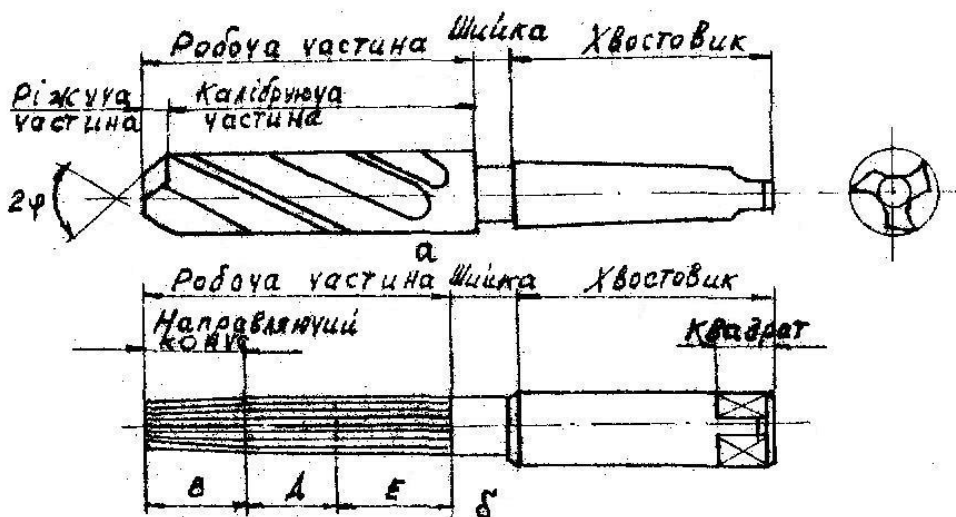


Рис.9.3. Циліндричний зенкер /а/ та розвертка /б/

Циліндричні зенкери характерні тим, що мають 3-4 зуби і різальну частину у вигляді зрізаного конуса, головні різальні леза у них короткі й відсутня перемичка. Зенкери знімають шар металу завтовшки  $t=0,3...3,0$  мм.

Розвертки бувають ручні і машинні, циліндричні і конічні, а також такі, що регулюються. Вони мають 6-12 зубів /ріжучих лез/ і знімають шар металу  $t=0,05...0,2$  мм. Робоча частина розвертки має напрямний конус з кутом при вершині  $90^\circ$ , забірну або різальну частину В, калібруючу частину Д та обернений конус Е. Останній зменшує тертя розвертки по обробленій поверхні.

Спеціальні зенкери /зенковки/ можуть мати зуби на конічній частині або на торцевій та боковій частинах. Конусні зенковки виготовляються з різними кутами конусності /рис.7.4.а/.

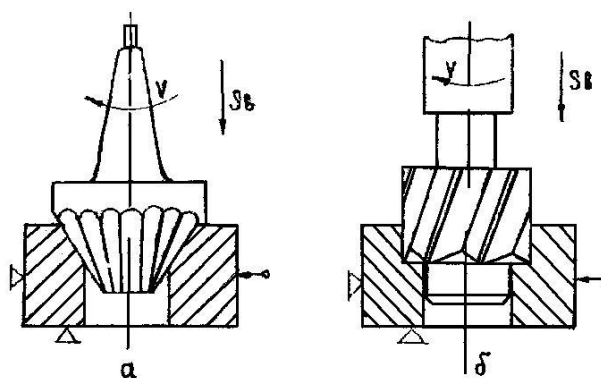


Рис.9.4. Схеми різання конічним /а/ та циліндричним /б/ зенкером.

У цековок зуби можуть знаходитись тільки на торцевій поверхні. Вони часто мають напрямний стрижень.

Фрезерні верстати називають вертикальними або горизонтальними залежно від розташування осі шпинделя. Консольні верстати мають консольну балку, яка рухається разом зі столом та заготовкою у вертикальному напрямі. У поздовжніх верстатів, призначених для обробки великих заготовок, стіл рухається тільки в повздовжньому напрямі - у вертикальному та поперечному

напрямах рухаються траверса та фрезерувальні головки. Розрізняють також універсальні верстати, які відрізняються від горизонтальної—фрезерувальних наявністю пристрою, який дозволяє повертати стіл навколо вертикальної осі. Широкоуніверсальні верстати мають додаткові поворотні фрезерувальні головки.

Основні вузли та механізми широкоуніверсального фрезерувального верстата /рис.8.1/: 1 - електродвигун; 2 - клинопасова передача; 3 - станина; 4 - коробка швидкостей; 5 - коробка подач; 6 - консоль; 7 - поздовжній /поворотний/ стіл з механізмом подачі; 8 - шпindelна бабка з горизонтальним шпинделем; 9 - механізм поперечної подачі; 10 - хобот; 11 - знімна фрезерувальна головка з вертикальним шпинделем /поворотна/; шпindelь головки.

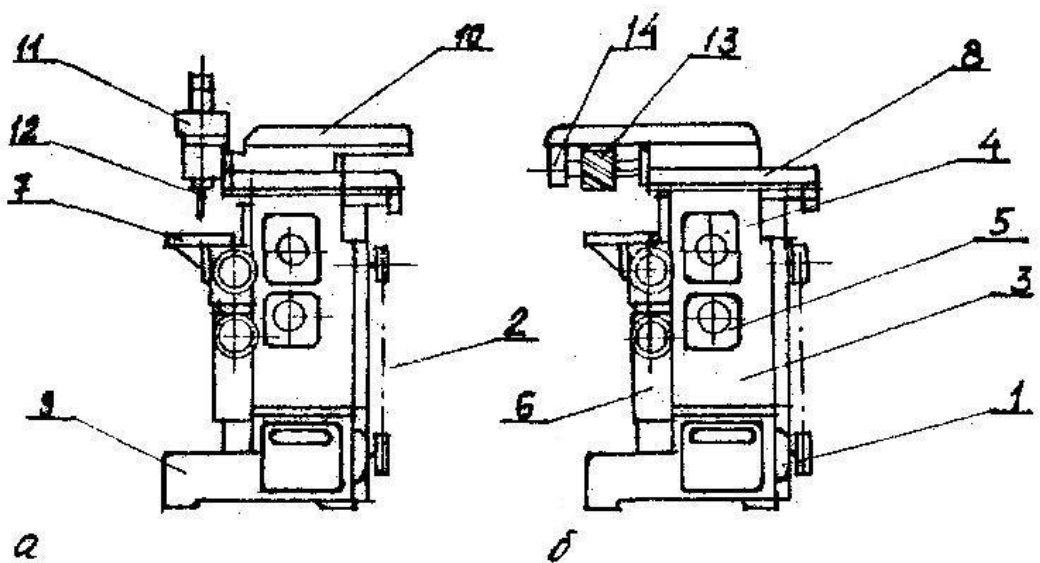


Рис.9.5. Основні вузли широкоуніверсального фрезерувального верстата

На верстаті вертикальну подачу виконує консоль разом із закріпленим на ній столом. Стіл, у свою чергу, виконує поздовжню подачу, поперечну подачу здійснює шпindelна бабка. На рис.9.5.а зображено варіант наладки верстата, коли використовується вертикально-фрезерувальна головка. Але верстат може бути переналагоджений для роботи у горизонтально-фрезерувальному варіанті. Для цього фрезерувальна головка з вертикальним шпинделем відстикується від шпindelної бабки, а в отворі шпинделя закріплюється оправка з інструментом. Додаткове кріплення нежорсткої оправки виконується за допомогою висувного хобота рис.9.5.б.

#### Роботи на фрезерувальних верстатах, класифікація та конструкція інструменту

Ознайомлюючись з видами фрезерувальних робіт, слід звернути увагу на типи фрез, якими вони виконуються, та які шпинделі /вертикальні чи горизонтальні/ використовуються.

Фрезерувальні верстати призначені для обробки /рис.9.6/: площин - горизонтальних /9.6.а/ та вертикальних /9.6.б/, похилих /9.6.в/ і фасонних поверхонь /9.6.г/; скосів /9.6.д/ та виступів /9.6.е/, пазів різної форми /9.6.ж,з/.

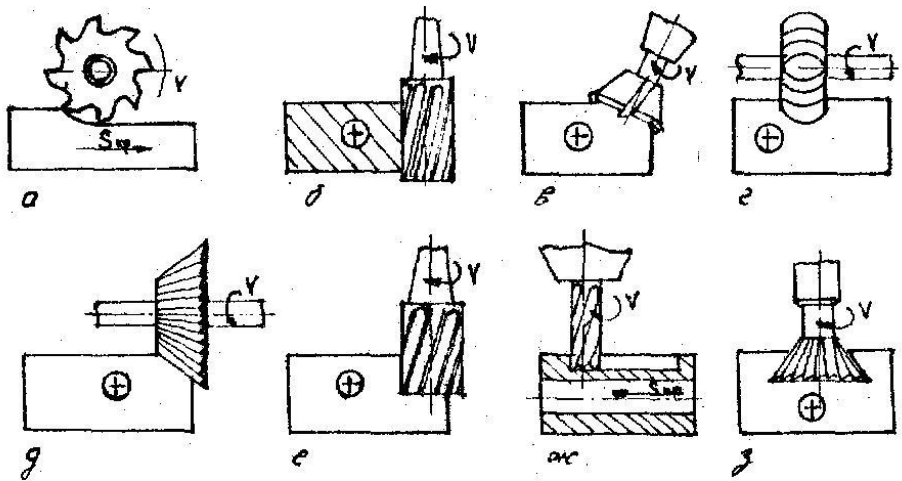


Рис.9.6. Схеми обробки заготовок на фрезерувальних верстатах

На фрезерувальних верстатах головний рух  $V$  - обертання шпинделя з фрезою; рух подачі  $S$  - звичайно поступальне-поздовжнє, поперечне або вертикальне переміщення столу з заготовкою.

Так, з горизонтальним шпинделем застосовують циліндричні фрези фрезерування великих горизонтальних площин; дискові прості, вуглові та фасонні (фрезерування пазів різної форми), торцеві (обробка великих вертикальних площин).

З вертикальним шпинделем використовують торцеві фрези (фрезерування великих горизонтальних, похилих площин, скосів, виступів); кінцеві (фрезерування вузьких горизонтальних, вертикальних, похилих площин, скосів, виступів); спеціальні пазові (отримання верстатних Т-подібних, клинових та інших пазів),

Залежно від геометричної форми, вигляду поверхні з зубами та технологічного призначення розрізняють наступні типи фрез:

циліндричні та торцеві (для обробки великих поверхонь - столів, напрямних, багатогранників);

кінцеві, дискові, вуглові, пазові (для невеликих площин, виступів, столів, пазів різної форми - шпонкових пазів, шлицьових валів, пазів між зубами на заготовках розверток, фрез, верстатних Т-подібних: пазів);

відрізні, прорізні (для різання вузьких пазів);

фасонні: (для криволінійних поверхонь, виступів, пазів - пазів у заготовках мітчиків, зенкерів).

Також використовують набори фрез для фрезерування складних комбінованих поверхонь.

Доцільно використовувати найбільш загальні допоміжні класифікаційні ознаки за характером (чистотою) обробки - чорнові та чистові фрези.

Зменшенню шорсткості оброблювальної поверхні сприяє збільшення кількості зубів, гвинтова форма ріжучих лез, їх різнонаправленість;

за способом кріплення - хвостові або кінцеві (наприклад, пазові для верстатних пазів) та насадні (циліндричні; торцеві, дискові);  
за формою та спрямованістю різальних лез - прямозубі леза (паралельні осі) та з гвинтовими зубами (леза виконані під кутом до осі), а також з різнонаправленими лезами;  
за способом виготовлення - суцільні та збірні (зіставні);  
за формою задніх поверхонь зубів - з загостреними та затилованими зубами (рис.9.7).

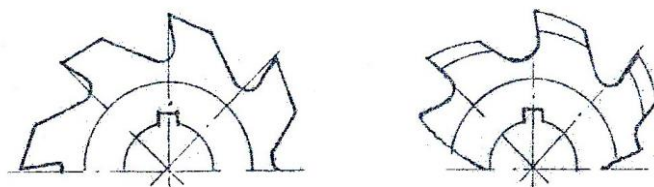


Рис.9.7. Форма зубів фрез

### ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з призначенням верстатів. Визначити основні конструктивні особливості верстатів.
2. Вивчити конструкцію токарного та вертикально-свердлильного верстатів.
3. За вказівкою викладача вивчити елементи різальної частини свердлильного інструменту для обробки отворів.
4. Ознайомитись з загальними відомостями про принцип будови фрезерувальних верстатів конструкцією та розгадуванням на них інструменту.
5. Вивчити будову та роботу широкоуніверсального фрезерувального верстата, інструмент та приладдя які на ньому застосовуються.
6. Ознайомитись з принципом класифікації фрезерувального інструменту .

### ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Замалювати зовнішній вигляд верстату.  
Описати його конструкцію у вигляді табл.9.1
3. Описати роботи, що можуть виконуватися на широкоуніверсальному фрезерувальному верстаті, у вигляді табл.9.2; інструменти, які при цьому використовуються.

Таблиця 9.1.

#### Конструкція вертикально-свердлильного верстата

Номер деталі, вузла на рисунку	Найменування деталі, вузла	Призначення та особливості конструкції деталі, вузла

## Будова широкоуніверсального фрезерувального верстата

Номер вузла, деталі на рисунку	Найменування вузла, деталі	Призначення, особливості конструкції вузла, деталі

5. Підсумки по роботі.
6. Охарактеризувати основні особливості конструкції вертикально-свердлильного радіально свердлильного верстатів.
7. Охарактеризувати основні особливості конструкції широкоуніверсального фрезерувального верстатів
8. Вказати особливості конструктивного принципу класифікації інструмента.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Сутність свердлення, його технологічні різновиди; роботи на свердлувальних верстатах та інструменти, які використовуються.
2. Призначення та будова вертикально-свердлувального та радіально-свердлувального верстата
3. Призначення та будова широкоуніверсального фрезерного верстата.
4. Класифікація інструментів для свердлильних верстатів.
5. Основні типи та призначення фрезерувальних верстатів.
6. Будова вертикального та горизонтального фрезерувальних верстатів.
7. Особливості конструкції універсальних та широкоуніверсальних безконсольних та поздовжніх фрезерувальних верстатів.

## Література.

1. Попович В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник / В. Попович, В. Голубець. – Суми: Університетська книга, 2012. – Книга II. – 260 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів / За редакцією М.А. Сологуба, Київ: «Вища школа», 2002. – с.86-129.
3. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В. Босий, О.В. Кузик – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 196 с. ISBN 978-617-7813-42-1  
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11061>.