

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство»

для студентів денної та заочної форми навчання

освітня програма 208 Агроінженерія

Кропивницький 2023

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство»

для студентів денної та заочної форми навчання

освітня програма 208 Агроінженерія

Затверджено на засіданні кафедри
матеріалознавства та ливарного
виробництва
Протокол № 2 від 31.08.2023 р.

Кропивницький 2023

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство” для студентів денної та заочної форм навчання освітня програма 208 «Агроінженерія». Уклад.: О.В. Кузик, Л.А. Молокост, М.В. Босий. Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 84 с.

Рецензент: канд.. техн. наук, професор Кропівний Володимир Миколайович

ЗМІСТ

	стор.
Загальні положення.....	4
Рекомендації до виконання та оформлення лабораторних робіт.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 Методи дослідження структури та властивостей конструкційних матеріалів.....	7
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 Вивчення матеріалів і продуктів чорної металургії, та ковальсько-пресового виробництва.....	15
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 Металорізальні верстати та інструменти.	26
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 Аналіз діаграми стану залізо-вуглець....	42
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 Вивчення структури і властивостей залізо-вуглецевих сплавів у рівновазі.....	48
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 Термічна обробка вуглецевих сталей.....	54
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 Вивчення будови і властивостей легованих сталей та кольорових сплавів.....	64
ПРИКЛАДИ ТЕСТІВ.....	76
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	82

Загальні положення

Методичні рекомендації складені згідно з навчальним планом і робочою програмою дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство».

Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство є комплексною фаховою дисципліною, яка надає основні відомості про способи одержання матеріалів, властивості матеріалів і методи обробки їх з метою одержання виробів різного призначення. Матеріалознавство – це наука, яка вивчає залежність між хімічним складом, будовою і властивостями матеріалів, а також впливом на їх будову і властивості теплових, хімічних, електромагнітних та інших факторів. Сучасна техніка, зокрема машинобудування, характеризується самими різноманітними умовами роботи (високі питомі навантаження, високі швидкості відносного переміщення, високі та низькі температури, агресивні середовища, вакуум та ін.). Ці умови вимагають застосування таких матеріалів, які в даних умовах забезпечили б довговічність, надійність деталей машин, механізмів в цілому а також різного інструменту і, разом з тим, не мали б високої вартості. Тому головним завданням цієї дисципліни є набуття знань та навичок по оцінці властивостей матеріалів, раціональному і доцільному вибору їх для конкретних умов роботи, вміння застосовувати ефективні технологічні методи зміцнення, які б привели в результаті до здешевлення виробів, зменшенню витрат матеріалів з одночасним збільшенням строку служби.

Згідно навчального робочого плану і кредитно-модульної системи організації навчального процесу передбачена певна кількість залікових кредитів – (аудиторного і позааудиторного навчального навантаження в годинах). Навчальне навантаження складається з двох змістовних модуля, які включають в себе лекції, лабораторні заняття, самостійну роботу і тестовий контроль по єдиним або близьким за змістом темам навчальної дисципліни.

В залежності від годинного кредиту та складності матеріалу окремих модулів розроблена система оцінки успішності в балах. Вона включає тестовий поточний контроль при виконанні лабораторних робіт, модульний тестовий контроль і оцінку самостійної роботи.

Рекомендації до виконання та оформлення лабораторних робіт

1. Студенти повинні бути підготовлені до лабораторної роботи. Теоретична підготовка перевіряється за допомогою тестів.

2. Перед початком виконання лабораторних 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.

7. 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.

8. Оформлений звіт в кінці занять подається викладачеві для перевірки і підпису в разі позитивного тестування і виконання належного об'єму робіт.

9. В разі незадовільного тестування звіт теж подається для перевірки, а захист відбувається на консультаціях за розкладом.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

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

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, м².

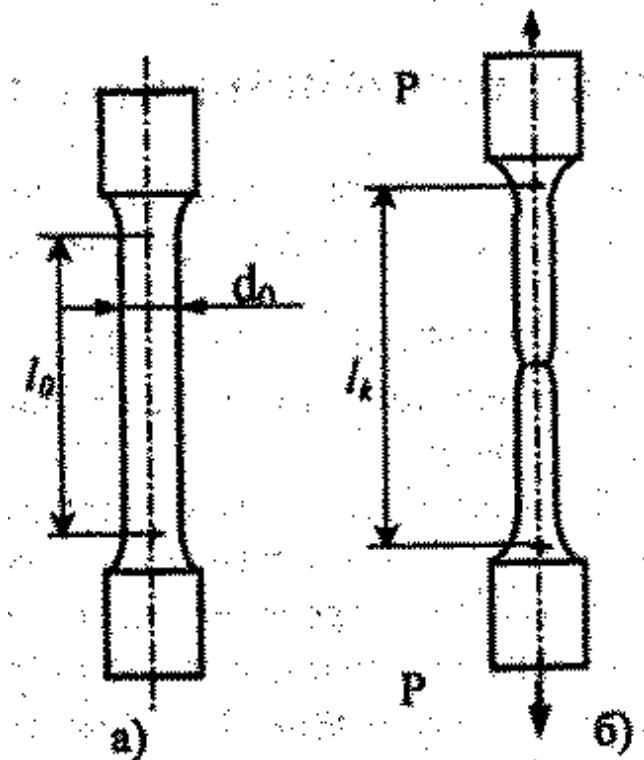


Рисунок 1.1 – Зразки для визначення міцності та пластичності при розтягуванні:
а – до випробування ; б – після випробування.

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, м².

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 (δ) та звуження (ψ). 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, МН/м:

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

де A – робота, витрачена на руйнування зразка, МН · м; F_0 – початкова площа поперечного перерізу зразка, м².

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

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

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

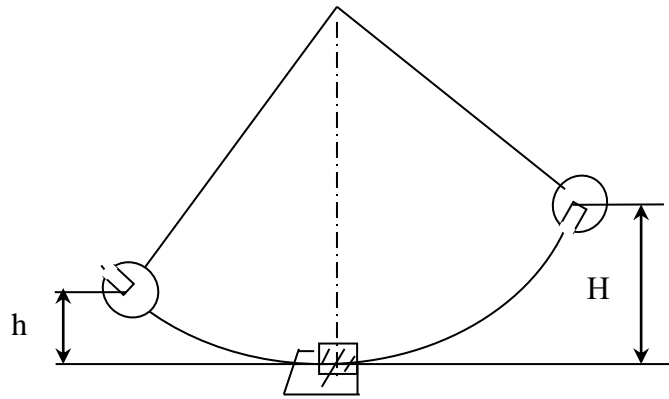


Рисунок 1.2 – Схема визначення ударної в'язкості

Твердість – здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого, більш твердого тіла (індентора). Найбільш поширені методи визначення твердості: по Брінеллі (НВ), Роквеллу (HRB, HRC, HRA), Віккерсу (HV). При визначенні твердості за методом Брінелля у матеріал, що випробується пресом, вдавлюють сталеву 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

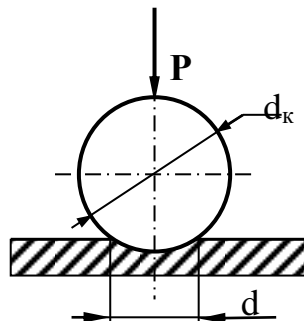


Рисунок 1.2 – Схема визначення твердості за методом Брінелля

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.

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, порожняви, 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 попередню, 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.).
1. Розглянути на мікроскопі мікрошліфи металів і замалювати їх схеми.

Таблиця 1 – 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. Обладнання, яке використовується для визначення механічних властивостей.
4. Для визначення твердості яких матеріалів слід застосовувати метод Брінелля або Роквелла.
5. Дати характеристику крихких зламів.
6. Яка технологія виготовлення макро- і мікрошліфів.
7. Що вивчають методами макро- і мікроаналізу.
8. Що таке твердість, міцність, пластичність?
9. Для визначення твердості яких матеріалів слід застосовувати метод Брінелля або Роквелла.
10. Дати характеристику крихких зламів.
11. Яка технологія виготовлення макро- і мікрошліфів.
12. Що вивчають методами макро- і мікроаналізу.
13. Які фактори впливають на величину зерна при кристалізації.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВИВЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ПРОДУКТІВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ, ТА КОВАЛЬСЬКО-ПРЕСОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Мета роботи: 1. Вивчити матеріали і продукти чорної металургії, принципи їх маркування. 2. Ознайомитись з сутністю основних металургійних процесів та з продукцією прокатного виробництва. 3. Вивчити основні операції холодного листового штампування та ознайомитись з обладнанням для холодного листового штампування, методикою їх вибору.

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 в межах 2,14%...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 залізобміщуюча частина (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeCO_3); порожня порода (SiO_2 , CaO , Al_2O_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 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 (CO , 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 Mn, Si, S, 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%Р, 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 міндобрив, 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 відноситься 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. 2.1.);

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. Він ділиться на такі групи: 1) заготовки прокатні (блони та сляби); 2) сортовий прокат; 3) листовий

прокат; 4) профілі спеціального призначення; 5) прокат періодичного профілю і гнуті профілі; 6) труби.

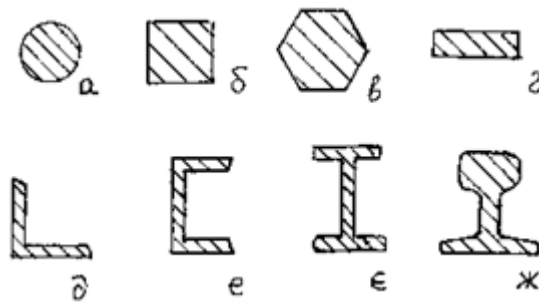


Рисунок 2.1 – Сортовий прокат: а – круг; б – квадрат; в – шестигранник; г – штаба; д – кутова сталь; е – швелер; є – двотавр; ж – рейка

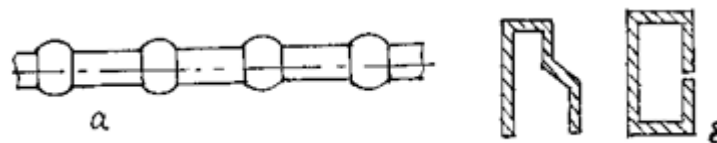


Рисунок 2.2 – Спеціальні види прокату: а – періодичний прокат; б – гнуті профілі

Залежно від профілю сортовий прокат ділиться на прокат:

- простого профілю;
- фасонного профілю.

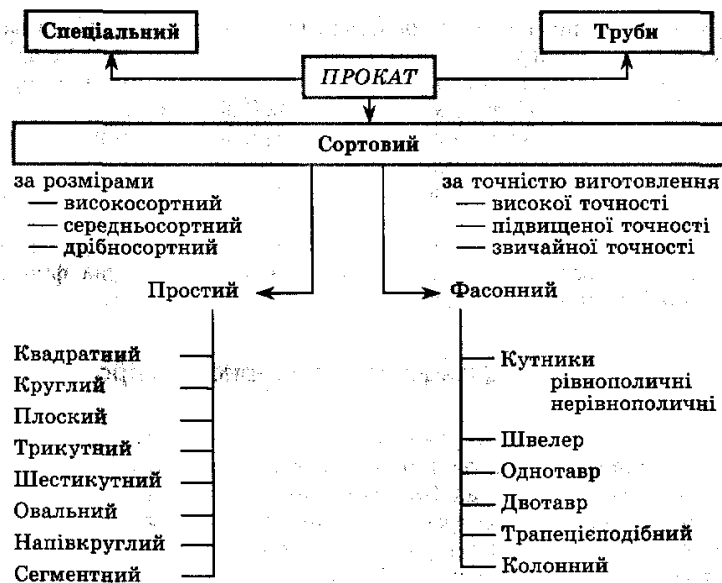


Рисунок 2.3 – Класифікація продукції прокатного виробництва

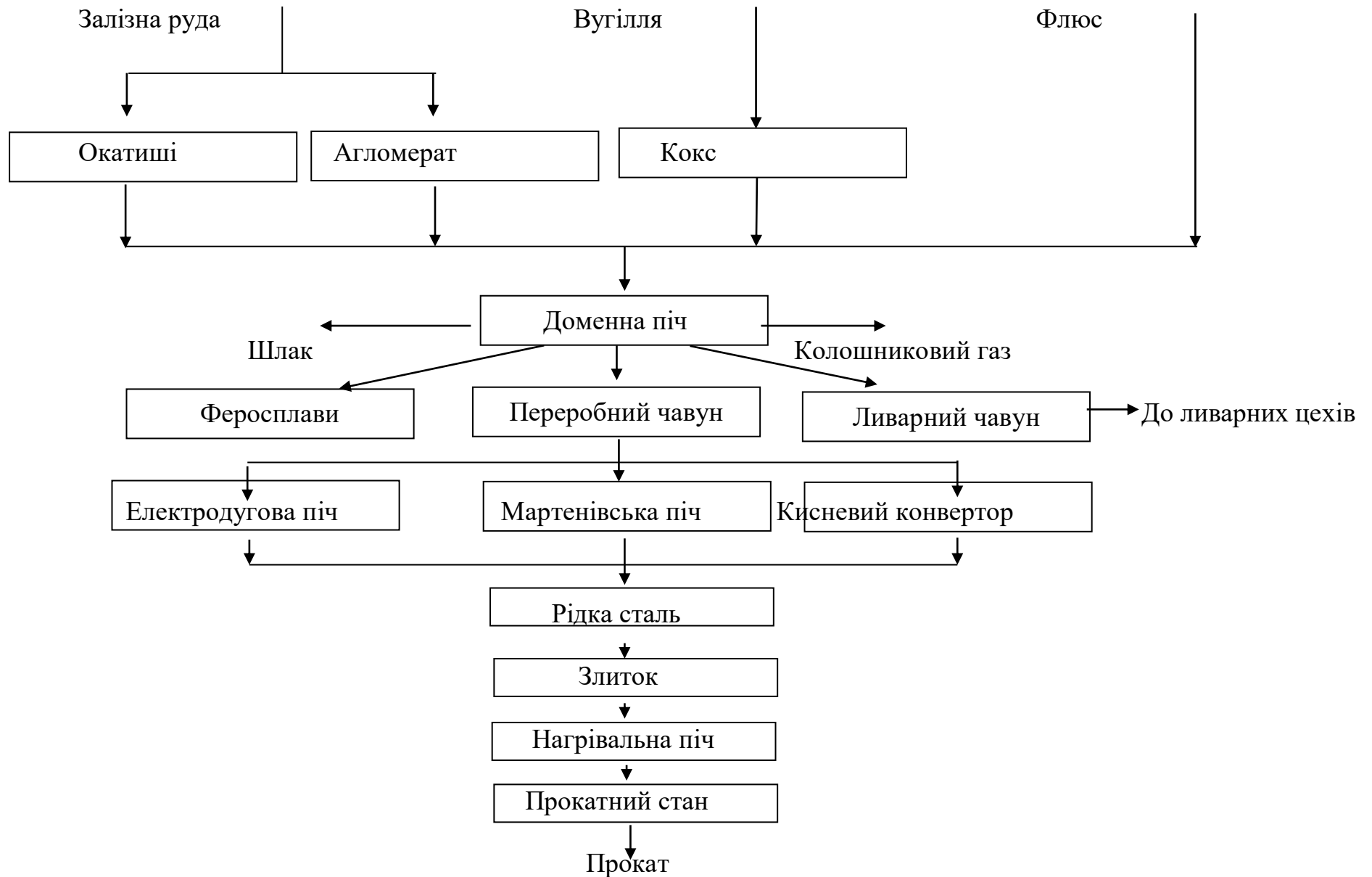


Рисунок 2.4 – Технологічна схема чорної металургії

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 кромки ножів (гільйотина) і обертовим (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 $K = 1,2$.

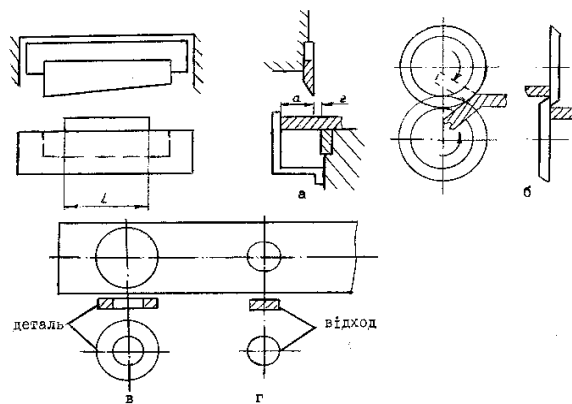


Рисунок 2.5 – Розділювальні операції листового штампування: а) відрізання гільйотиною; б) відрізання дисковими ножицями; в) вирубання; г) пробивання.

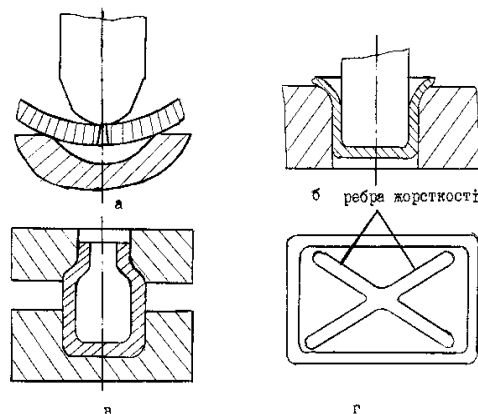


Рисунок 2.6 – Формозмінні операції листового штампування: а) згинання; б) витягування; в) обтискання; г) формування.

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. 2.7).

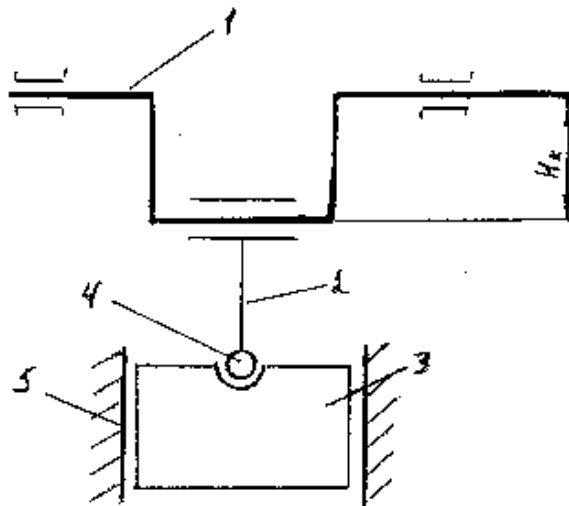


Рисунок 2.7 – Кінематична схема кривошипно-шатунного механізму.

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, вирубування, 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.

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.

Таблиця 2.1 – 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 2.2 – Процес доменного виробництва

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

3. За завданням викладача описати основні технологічні операції для виготовлення вказаного продукту чорної металургії.
4. Замалювати деталь і визначити операції холодного листового штампування, які були виконані в технологічній послідовності.
5. Привести схеми операцій.
6. Виконати розрахунок максимального зусилля вирубування (пробивання)

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

де: $\sigma_{зр}$ - межа міцності на зріз матеріалу заготовки, Н/мм²;

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

7. 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. Описати матеріали та продукти чорної металургії.
3. Охарактеризувати профіль прокату.
4. Опис виконаних технологічних операцій для виготовлення заданої деталі та їх схеми. Розрахунки необхідного зусилля преса та вибір відповідного типу.

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 прокатування, обладнання та інструмент.
5. Суть холодного листового штампування.
6. Класифікація технологічних операцій холодного листового штампування.
7. Дати визначення: відрізання, вирубування, пробивання, згинання, витягування, обтискання, формування. Види штампів.
8. Типи пресів та механізми для перетворення обертового руху в зворотно-поступальний рух.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ

Мета роботи: 1. Ознайомитись з основними відомостями про верстати токарної групи, свердлильної та фрезерної груп. Вивчити будову верстатів, здобути поняття про роботи, виконувані на токарних верстатах, свердлильних фрезерних, 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: I/ 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.3.1). 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.

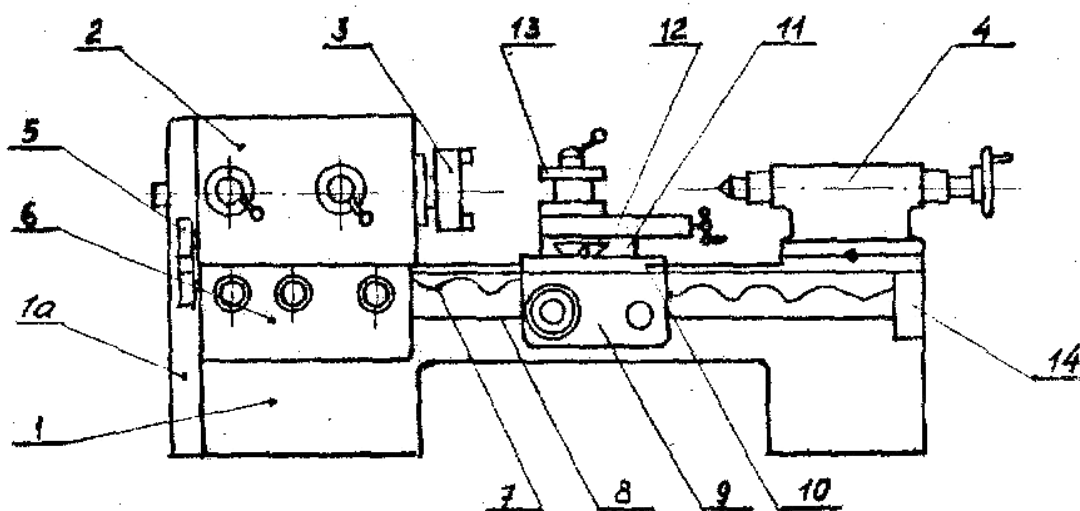


Рисунок 3.1 – Універсальний токарно-гвинторізальний верстат

Кінематичний ланцюг головного руху має наступну 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.

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 зображають заготовку, інструмент, способи їх закріплення та рухи різання (рис. 3.2).

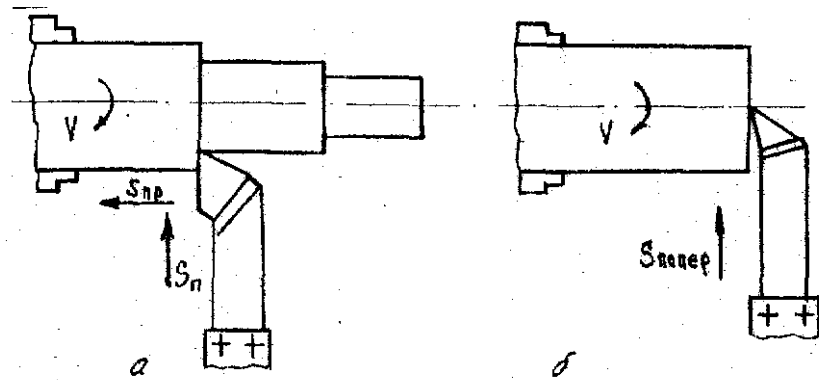


Рисунок 3.2 – Схеми різання на токарних верстатах: а) обточування ступінчастих валів; б) підрізання торця

Основна класифікаційна ознака, що зумовлює тип токарного різця його технологічне призначення - вид виконуваних робіт. Найбільш поширені типи різців (рис. 3.3).

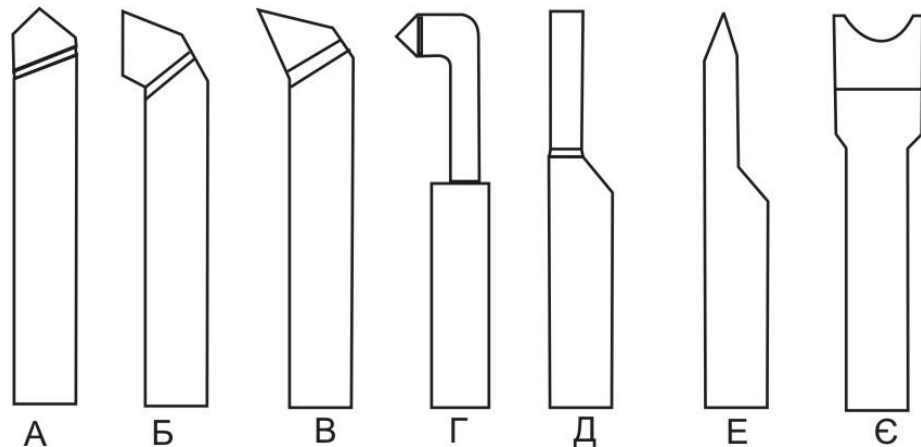


Рисунок 3.3 – Типи токарних різців

- 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.3.4).

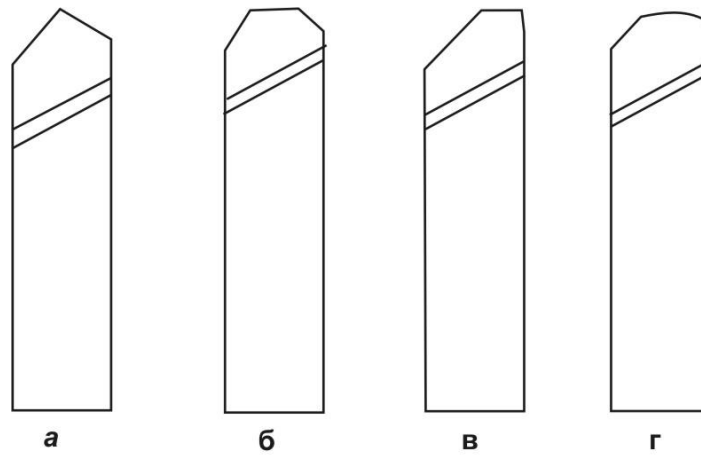


Рисунок 3.4 – Різновиди токарних різців за характером (чистотою) обробки:

- а - прохідний чорновий; б - прохідний чистовий з прямим коротким зачищаючим лезом; в - прохідний широкий , чистовий;
- г - прохідний чистовий радіусний різець.

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.

За напрямом поздовжньої подачі різці поділяють на праві та ліві. При роботі правим різцем подача здійснюється справа наліво (рис. 3.5.,а), а при роботі лівим різцем - зліва направо (рис. 3.5,б).

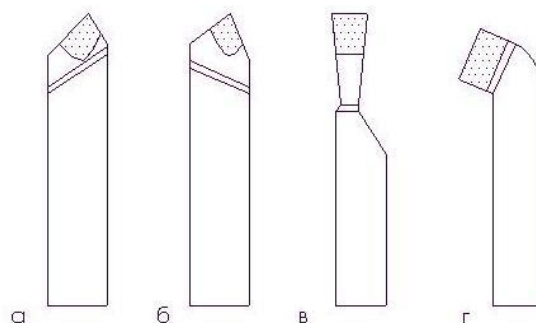


Рисунок 3.5 – Різновиди токарних різців за напрямом повздовжньої подачі : а- прохідний правий; б - прохідний лівий; за формою: в - відрізний відтягнутий; г - прохідний відігнутий різець.

За формою різці бувають прямі, відігнуті та відтягнуті. У прямих різців вісь робочої частини і стрижня збігаються (рис.3.5.а), у відігнутих - вісь робочої частини відігнута відносно стрижня (рис.3.5.г), відтягнуті різці мають більш тонку, ніж стрижень, робочу частину (рис.3.5,в).

За способом виготовлення розрізняють різці цільні та складові /збірні/. Цільні різці виготовлені повністю з інструментального матеріалу /див. рис.3.4/. Складові різці складаються з двох частин: різальної пластини з інструментального матеріалу /найбільш навантажена частина різця/ та державки з конструкційної сталі (рис. 3.5). 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° 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° радіальна сила різання, яка згинає заготовку, близька до нуля.

Технологія обробки на свердлувальних верстатах та інструмент, який використовується

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. 3.1) найбільш універсальні і призначені для утворення та обробки отворів у різноманітних за масою й габаритами заготовках.

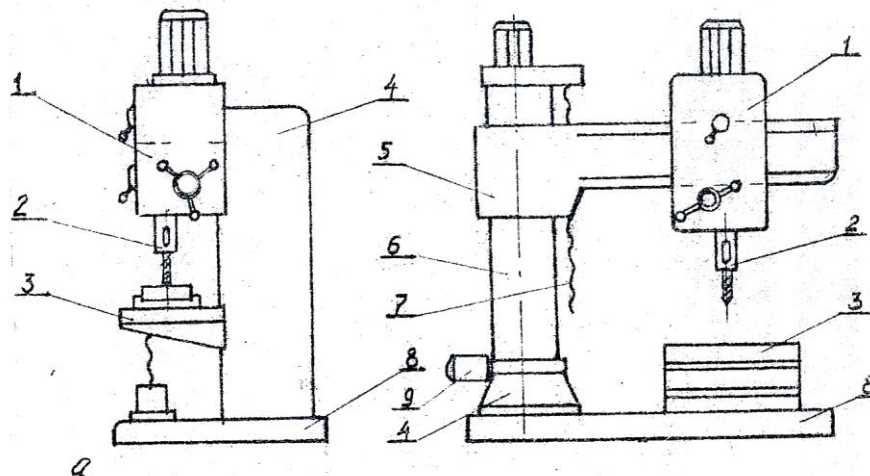


Рисунок 3.6 – Вертикально-свердлувальний (а) та радіально-свердлувальний верстати (б)

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

На радіально-свердлильних 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 /свердлильна/ головка 1, яка конструктивно поєднує механізми коробки

швидкостей та коробки подач. Шпindel 2 - кінцевий вал кінематичних ланцюгів головного руху та руху подач, є кінцевим елементом механізмів шпindelної головки. В нижній частині шпинделя є конічний отвір, у якому за допомогою копаних 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 підрозділяють 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. Частини та елементи спірального свердла показані на рис. 3.2.

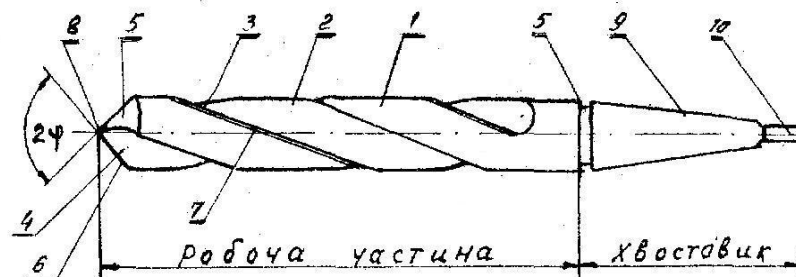


Рисунок 3.7 – Частини та елементи спірального свердла

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/, напрямна - калібрує та зачищає поверхню отвору. 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 сходять 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.

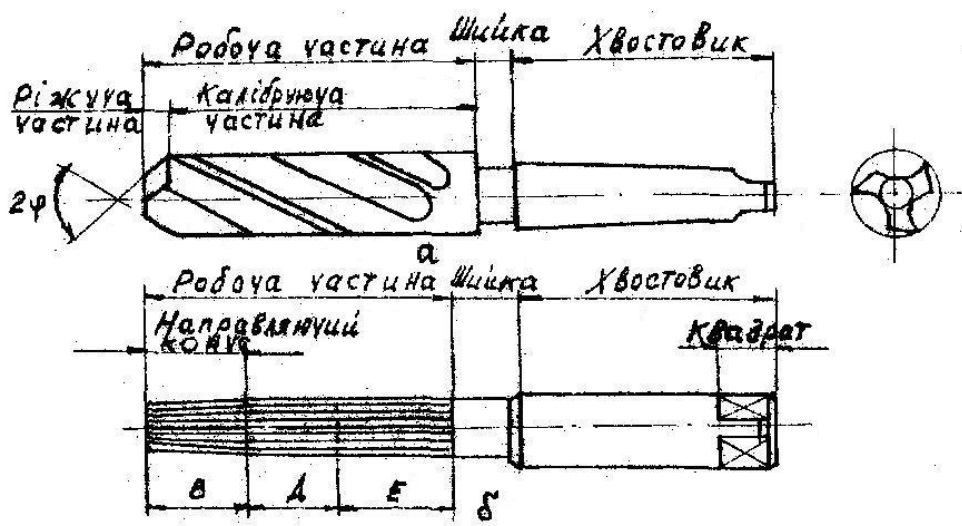


Рисунок 3.8 – Циліндричний зенкер /а/ та розвертка /б/

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° , 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/.

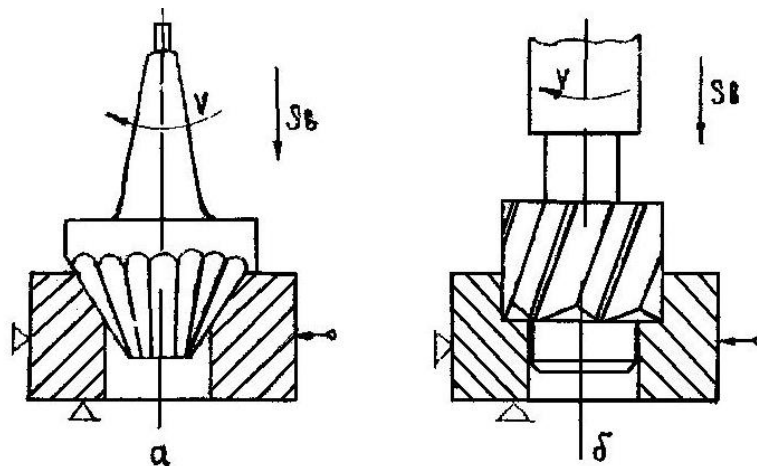


Рисунок 3.9 – Схеми різання конічним /а/ та циліндричним /б/ зенкером.

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

Технологія обробки на фрезерувальних верстатах та інструмент, який використовується

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 напрямках 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 - шпиндельна бабка з горизонтальним шпинделем; 9 - механізм поперечної подачі; 10 - хобот; 11 - знімна фрезерувальна головка з вертикальним шпинделем /поворотна/; шпиндель головки.

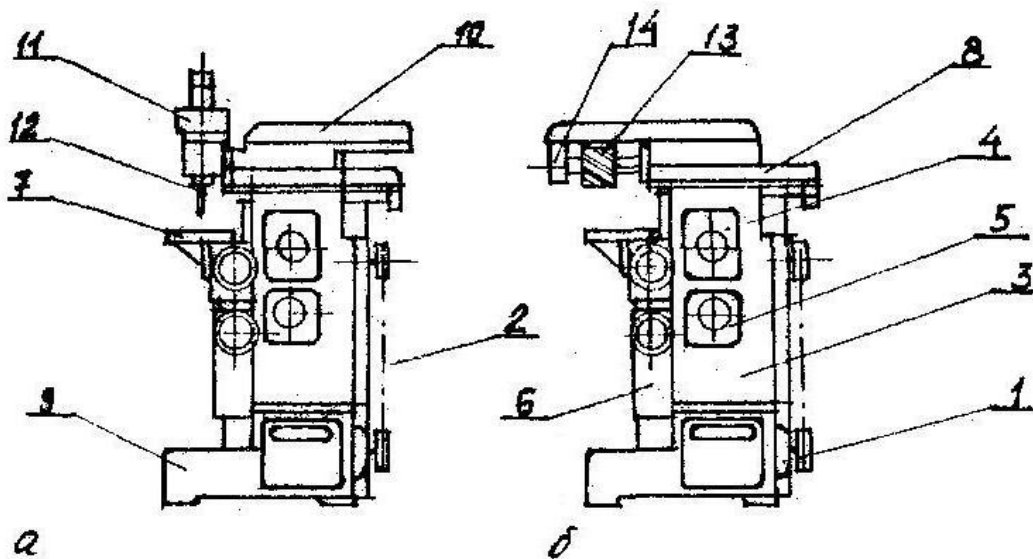


Рисунок 3.10. Основні вузли широкоуніверсального фрезерувального верстата

На верстаті вертикальну подачу виконує консоль разом із закріпленим на ній столом. Стіл, у свою чергу, виконує поздовжню подачу, поперечну подачу здійснює шпиндельна бабка. На рис. 3.10.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 шпиндельної бабки, а в отворі шпинделя закріплюється оправка з інструментом. Додаткове кріплення нежорсткої оправки виконується за допомогою висувного хобота рис. 3.10.б.

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/.

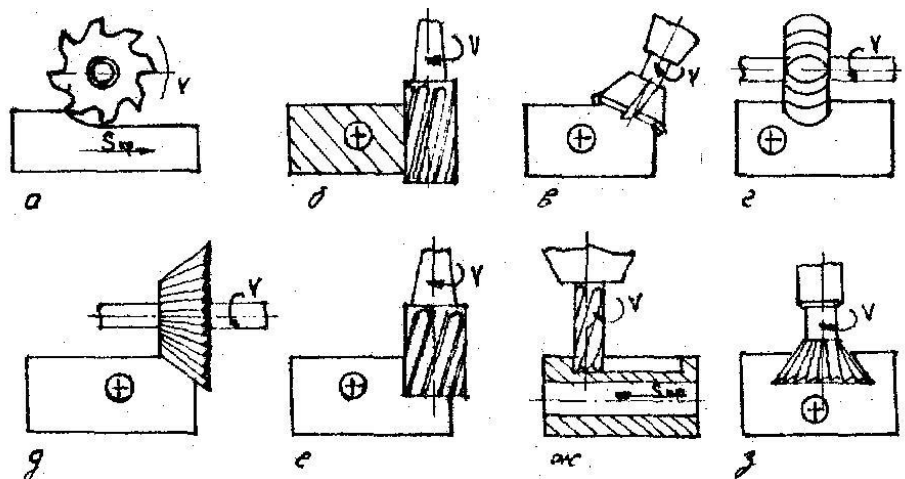


Рисунок 3.11 – Схеми обробки заготовок на фрезерувальних верстатах

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.3.11).

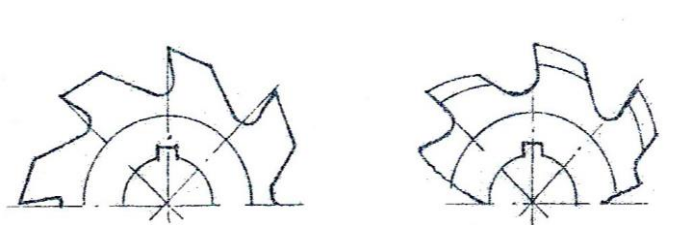


Рис.3.12. Форма зубів фрез

ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з будовою та роботою токарно-гвинторізального верстата, з призначенням свердлильних та фрезерних верстатів, їх основними вузлами та механізмами.

2. Ознайомитись з найпоширенішими операціями обробки та з інструментом, який використовується; звернути увагу на способи кріплення заготовки та інструменту.

3. Визначити основні конструктивні особливості вертикально-свердлильного та радіально-свердлильного верстатів.

4. Вивчити будову та роботу фрезерувального верстата, та приладдя які на ньому застосовуються.

5. Ознайомитись з принципом класифікації фрезерувального інструменту.

Порядок оформлення звіту

1. Мета роботи.
2. Замалювати зовнішній вигляд токарно-гвинторізального верстата.
3. Описати будову верстата у вигляді табл.3.1.
- 4 Описати токарні різці у вигляді табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – будову токарно-гвинторізального верстата

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

Таблиця 3.2. Описання токарних різців

Тип різця	Призначення	Схема обробки	Класифікація за додатковими ознаками

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризувати основні принципи класифікації металорізального обладнання та інструменту.
2. Охарактеризувати основні види заготовок, які можуть бути оброблені на верстатах.
3. Формоутворення на токарних верстатах, призначення токарних верстатів.
4. Основні роботи, які виконуються на токарно-гвинторізальних верстатах.
5. Класифікація рухів на токарних верстатах.
6. Будова токарно-гвинторізального верстата.
7. Призначення коробки швидкостей та коробки подач.
8. Принцип класифікації токарних різців.
9. Сутність свердлення, його технологічні різновиди; роботи на свердлувальних верстатах та інструменти, які використовуються.
10. Призначення та будова вертикально-свердлувального та радіально-свердлувального верстата
11. Класифікація інструментів для свердлильних верстатів.
12. Основні типи та призначення фрезерувальних верстатів.
13. Вказати особливості конструктивного принципу класифікації фрезерувального інструмента.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

АНАЛІЗ ДІАГРАМИ СТАНУ ЗАЛІЗО-ВУГЛЕЦЬ

Мета роботи: 1. Вивчити фази і структури метастабільної діаграми стану залізо-вуглець, їх характеристики і властивості. 2. Розшифрувати лінії та області діаграми і зробити аналіз перетворень, які відбуваються при нагріванні і охолодженні сплавів.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Діаграма стану залізо-вуглець у графічній формі показує залежність структури і властивостей сплавів від концентрації вуглецю і зміни температури. При аналізі сплавів використовують такі терміни: сплав, компонент, фаза, структура.

Компонентами називають хімічні елементи, які входять до складу сплавів. В даному випадку це залізо і вуглець.

Фаза – це однорідна за складом і будовою частина сплаву, яка відокремлена від інших частин поверхнями поділу. Фазами є рідина й сполуки в твердому стані: ферит, аустеніт, цементит.

Структура може бути простою і складною. Структурними складовими залізовуглецевих сталей можуть бути: аустеніт, ферит, цементит, перліт, ледебурит.

Ферит (Ф) – твердий розчин впровадження вуглецю в альфа-залізі. Максимальна розчинність вуглецю у фериті 0,02% при температурі 727°C (точка P діаграми). При кімнатній –0,006% (т. Q).

Цементит (Ц) (карбід заліза) – хімічна сполука заліза з вуглецем (Fe_3C) має завжди постійну кількість вуглецю – 6,67%.

Аустеніт (А) – твердий розчин впровадження вуглецю в гамма-залізі. Максимальна розчинність вуглецю 2,14% при температурі 1147°C (точка E діаграми). Зі зниженням температури до 727°C концентрація вуглецю в аустеніті незалежно від попередньої змінюється до 0,8% (точка S діаграми). При цій температурі аустеніт перетворюється в перліт.

Перліт (П) – евтектоїдна механічна суміш фериту і цементиту. Перліт утворюється внаслідок розпаду аустеніту, при температурі 727°C у всіх залізобуглецевих сплавах і має постійну кількість вуглецю – 0,8%.

Ледебурит (Л) – утворюється з рідини в сплавах, які мають більше 2,14%С при температурі 1147°C (лінія ECF), і складається з аустеніту і цементиту в межах температур $1147-727^{\circ}\text{C}$, та перліту і цементиту нижче за 727°C . Має постійну кількість вуглецю – 4,3%.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЗНАЧЕНЬ НА ДІАГРАМІ

P – рідкий розплав.

Fe_{γ} – гамма-залізо, має гранецентровану кубічну решітку (ГЦК). Існує вище 910°C .

Fe_{α} – альфа-залізо, має об'ємноцентровану кубічну решітку. Існує нижче за 910°C .

ACD – лінія ліквідус, відповідає початку кристалізації. На ділянці AC рідина перетворюється в аустеніт, на ділянці CD – в цементит первинний, а в т. С – в ледебурит.

AECF – лінія солідус, відповідає закінченню кристалізації. На ділянці AE – утворюється аустеніт, а на ділянці ECF – ледебурит.

ECF – лінія евтектичного (ледебуритного) перетворення.

ES- лінія обмеженої розчинності вуглецю в аустеніті.

GS – лінія початку поліморфного перетворення Fe_{γ} в Fe_{α} , внаслідок якого в аустеніті утворюється ферит. Одночасно вона показує вміст вуглецю в аустеніті в залежності від температури нижче цієї лінії.

PG – лінія закінчення поліморфного перетворення.

PSK – лінія евтектоїдного (перлітного) перетворення (727°C). При цій температурі аустеніт перетворюється в перліт.

PQ – лінія обмеженої розчинності вуглецю у фериті.

Згідно діаграми стану Fe-C утворюються такі категорії сплавів: до т. Q – ферит, від т. Q до т. P – технічне залізо; від т. P до т. E – сталі (0,025-2,14%С), від т. E до т. D (6,67%С) – чавуни.

Від 0,02 до 0,8%С – доевтектоїдні сталі; при 0,8%С – евтектоїдна, більше за 0,8%С – заевтектоїдні.

До 4,3%С – о евтектичні чавуни, при 4,3%С – евтектичний, більше за 4,3%С – заевтектичні

Поняття про критичні точки сплавів

Критичні точки – це температури, при яких відбуваються певні фазові (структурні) перетворення. Вони позначаються літерою “А”, порядковим номером і їм відповідає певна лінія діаграми стану. Точці A_1 відповідає лінія PSK (727°C), т. A_2 – лінія MO (магнітне перетворення, т. Кюрі), т. A_3 – лінія GS, т. A_m – лінія ES. При нагріванні до позначення точки додається літера “С” (A_{c1} ; A_{c3} ; A_{cm}), а при охолодженні – літера “r” (A_{r1} ; A_{r3} ; A_{rm}).

Приклад аналізу діаграми:

ЗАВДАННЯ: провести аналіз структурних перетворень при нагріванні та охолодженні доевтектоїдної сталі.

Початкова структура Ф+П. При нагріванні до т. A_{c1} структура не змінюється. При температурі т. A_{c1} перліт перетворюється в аустеніт і це супроводжується подрібненням зерна. Замість кожного перлітного утворюється декілька більш дрібних аустенітних зерен. Феритне зерно не змінюється. При охолодженні аустеніт перетворюється в перліт. Величина зерна при цьому не змінюється. Відбулась часткова перекристалізація.

При нагріванні від т. A_{c1} до т. A_{c3} ферит перетворюється в аустеніт, незначно зростає зерно і отримується дрібнозерниста структура аустеніту. При охолодженні перетворення відбудуться в зворотньому порядку (виділення фериту від т. A_{r3} до т. A_{r1} , перетворення аустеніту в перліт в т. A_{r1}), але величина зерна не змінюється і отримується дрібнозерниста структура фериту і перліту. Відбулась повна перекристалізація.

При подальшому нагріванні значно вище t_{Ac3} зростає аустенітне зерно і при охолодженні отримується крупнозерниста структура, що знижує механічні властивості, особливо ударну в'язкість.

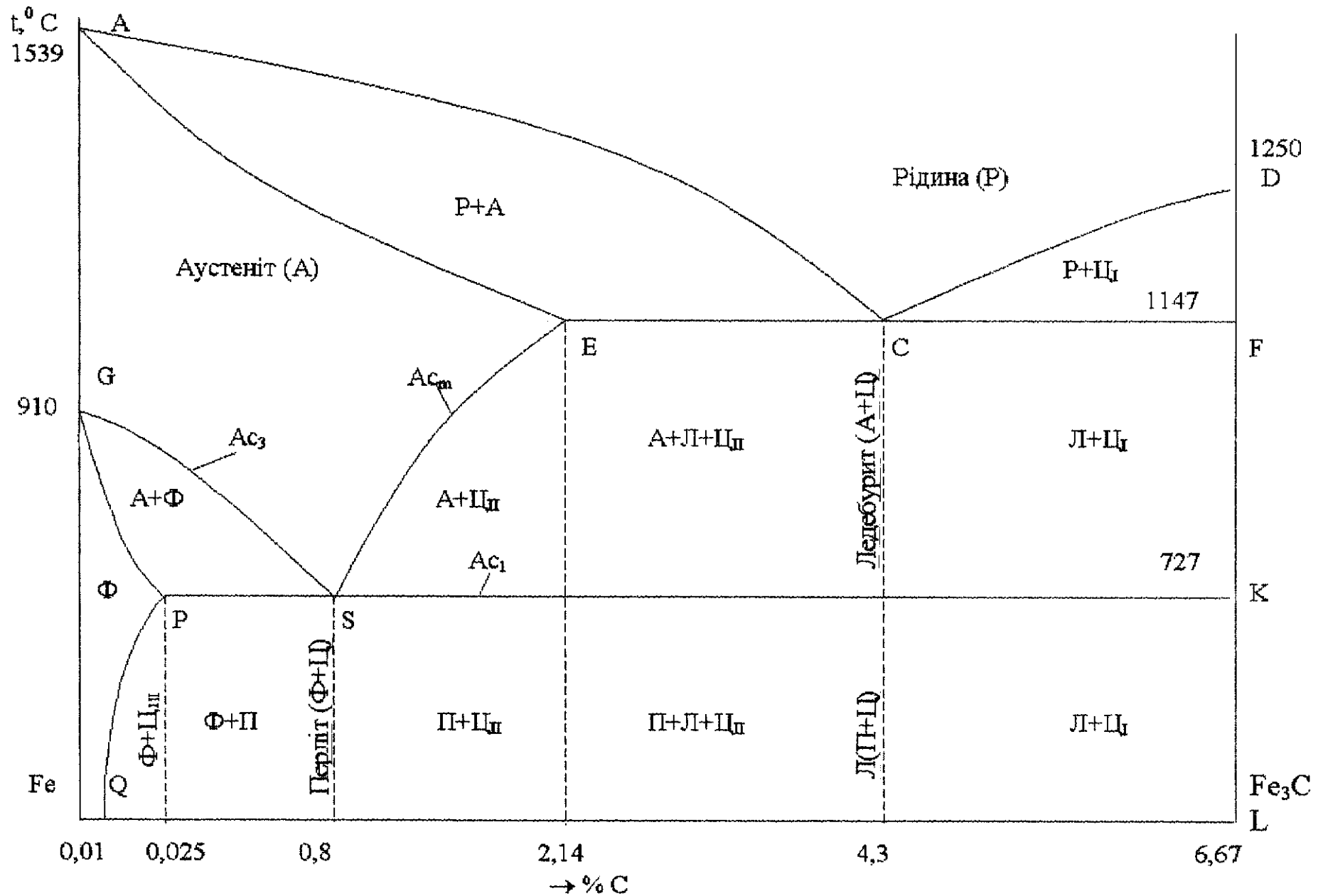
При температурі солідус почнеться плавлення аустеніту і при температурі ліквідус закінчиться. Вище температури ліквідус сплав буде в рідкому стані.

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Намалювати діаграму залізо-вуглець.
4. Описати перетворення, які відбуваються в сплавах при нагріванні та охолодженні за завданням викладача.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дати визначення понять: фаза, компонент, сплав.
2. Яке перетворення відбувається на лініях PSK і ECF?
3. Назвати лінії розчинності вуглецю у фериті, аустеніті.
4. Що таке ферит, аустеніт, перліт, ледебурит, цементит.
5. Яка кількість вуглецю знаходиться в аустеніті при температурі евтектоїдного перетворення?
6. До яких сплавів входять цементит первинний, вторинний, третинний?



Діаграма стану залізо-вуглець

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗО-ВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ У РІВНОВАЗІ

Мета роботи: 1. Вивчити мікроструктури залізо-вуглецевих сплавів та їх дефекти. 2. Виявити вплив вуглецю на твердість сталей. 3. Навчитись за структурою розподіляти чавуни на білі, сірі, ковкі й високоміцні. 4. Дослідити вплив структури металевої основи на механічні властивості чавунів.

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Сталі – це залізовуглецеві сплави, які мають до 2,14% вуглецю.

Сплави, в яких знаходиться до 0,02% вуглецю, називають технічно чистим залізом, від 0,02 до 0,8%С – доєвтектоїдними сталями і від 0,8 до 2,14%С – заєвтектоїдними сталями, а при 0,8С – евтектоїдна сталь.

СТРУКТУРНІ СКЛАДОВІ СТАЛЕЙ

Ферит (Ф), має 0,006%С. Це м'яка, маломіцна, пластична складова сталей. Твердість 80НВ (800 МПа), $\sigma_{\text{тимч.}}$ 250 МПа, $\delta=50\%$. Під мікроскопом має вигляд світлих зерен неправильної форми.

Аустеніт (А). Пластичний, немагнітний (парамагнітний), існує при температурах, вищих за 727°C. В залізовуглецевих сплавах, в стані рівноваги при кімнатних температурах його нема.

Цементит (Ц), має постійну кількість вуглецю – 6,67%. Дуже твердий (1000 НВ, або 800 НВ), не пластичний.

Перліт (П), має постійну кількість вуглецю – 0,8%, твердість 180-230 НВ. Може бути пластинчастим, або зернистим.

Структура доєвтектоїдної сталі складається з фериту і перліту. При збільшенні кількості вуглецю в сталі кількість перліту зростає, а фериту зменшується, що приводить до підвищення твердості.

Структура заевтектоїдної сталі складається з перліту і вторинного цементиту. Цементит розташовується на межах зерен перліту у вигляді світлої сітки. Це приводить до підвищення крихкості.

Деякі дефекти мікроструктури сталей

1. Велике зерно і “відманштеттова” структура. Ці дефекти можуть бути в литій сталі або в сталі, яку нагрівали до дуже високої температури, значно вище t_{Ac3} .

“Відманштеттова” структура відрізняється не тільки великим зерном, а й характерним розташуванням фериту доевтектоїдної та вторинного цементиту заевтектоїдної сталі. Ферит і цементит мають вигляд голок чи пластин. Така сталь має знижені механічні властивості, особливо ударну в’язкість.

2. У стрічкуватій структурі перліт, ферит або цементит розташовуються стрічками, шарами. Частіше такий дефект буває після обробки тиском, якщо температура обробки була недостатньою між t_{AcII} і t_{Ac3} . Сталь з такою структурою має різні механічні властивості залежно від напрямку прикладення сили (вздовж або впоперек). Таку сталь гірше оброблювати різанням.

3. Поверхнєве зневуглецювання сталі. Цей дефект виникає у випадку нагрівання сталей в атмосфері, яка містить багато кисню. На поверхні такої сталі буде менше вуглецю, а це знижує міцність, твердість та опір зношенню при терті.

Чавуни – це залізовуглецеві сплави з вмістом вуглецю від 2,14% до 6,67%. Крім заліза й вуглецю, до складу входять у значних кількостях й інші елементи: кремній (1,0...3,5%), марганець (0,5...1,5%), сірка (близько 0,1%) та ін.

Залежно від швидкості охолодження й хімічного складу вуглець у чавунах може бути або в стані хімічної сполуки (цементит), або у вільному стані (графіт різної форми). У зв’язку з цим чавуни бувають білі й сірі.

Білий чавун у зломі має світлий відтінок, тому що в ньому весь вуглець перебуває у вигляді цементиту. Такий чавун дуже крихкий та твердий (600-800 НВ) важко піддається обробці різанням і в практиці застосовується рідко (як

правило, використовують для одержання ковкого чавуну). Залежно від кількості вуглецю білі чавуни поділяють згідно діаграми стану на доевтектичні (від 2,14 до 4,3% вуглецю), евтектичні (4,3%С) і заевтектичні (від 4,3 до 6,67%С).

Сіримі називають чавуни, в яких вуглець повністю або частково (частина вуглецю у вигляді цементиту входить до складу перліту) знаходиться у вільному стані у вигляді графіту. Наявність графіту надає злому темного кольору (звідси й назва).

У свою чергу чавуни поділяються на звичайний сірий (з пластинчастими включеннями графіту), ковкий (з пластівчастими, лапчастими включеннями) та високоміцний (з кулястими включеннями графіту).

За структурою металевої основи чавуни поділяють на феритні, феритно-перлітні та перлітні. Залежно від форми графіту, його кількості, а також металевої основи чавуни можуть мати різні механічні властивості.

Оскільки графітні включення мають малу твердість (НВ-8) і міцність ($\sigma_{\text{тимч.}}=3 \text{ кгс/мм}^2$), то в чавуні вони являють собою ніби порожнечу і виконують роль концентраторів напружень, особливо пластинчастий графіт, тому сірий звичайний чавун, має недостатню міцність.

Високоміцний чавун одержують у результаті додавання до рідкого чавуну невеликих кількостей магнію або церію. У присутності цих елементів утворюються частки графіту кулястої форми. Така форма графіту виключає наявність гострих надрізів металевої основи, тому міцність цього чавуну зростає.

Ковкий чавун одержують із білого доевтектичного методом графітизуючого відпалу.

Позначення марок і застосування чавунів

Звичайний сірий чавун позначають буквами СЧ (сірий чавун), а далі число, яке вказує границю міцності при розтягу (кгс/мм², або МПа). Наприклад, СЧ10 означає сірий чавун, 10 кгс/мм² – границя міцності при розтягу. Чавун, СЧ10,

СЧ15, СЧ18 застосовують для виготовлення плит, корпусів, колон, ступиць та інших деталей, які працюють при зусиллях тиску. Модифіковані сірі чавуни СЧ30, СЧ35 застосовують для деталей, які повинні витримувати деякі динамічні зусилля (станин, блоків циліндрів, поршнів та ін.).

Ковкий чавун позначають буквами КЧ (ковкий чавун) і числами, перше з яких означає границю міцності при розтягу, а друге відносне видовження. Наприклад, КЧ 35-8 позначає ковкий чавун $\sigma_{\text{тимч.}} = 35 \text{ кгс/мм}^2$ і $\delta = 8\%$.

Ковкі чавуни використовують у сільськогосподарському машинобудуванні, судно-, дизелебудуванні (картери редукторів, пальці, муфти, вилки карданних валів, кронштейни).

Високоміцний чавун позначають буквами ВЧ, а далі такі самі значення, як і в марках сірого чавуну. Наприклад, марка ВЧ 80 означає високоміцний чавун з $\sigma_{\text{тимч.}} = 80 \text{ кгс/мм}^2$.

Високоміцний чавун застосовується для виготовлення відповідальних деталей (колінчастих валів, гальмувальних дисків, зубчастих коліс, станин важких пресів, маховиків, гідроарматури).

ЗАВДАННЯ Й ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Вивчити сталеву частину діаграми залізо-вуглець.
2. Вивчити принцип маркування та класифікації сталей.
3. Під мікроскопом вивчити мікрошліфи сталей, дефекти структур і замалювати.
4. Візуально визначити на мікрошліфах площі, які займають в полі зору мікроскопа ферит, перліт, цементит вторинний (в%). За кількістю фериту і перліту в доевтектоїдній сталі, та перліту і цементиту в заевтектоїдній, визначити кількість вуглецю в сталі, написати її марку і застосування.

$$\text{Для евтектоїдної сталі } \%C = \frac{0,8 \cdot P_{\text{п}}}{100},$$

$$\text{для заевтектоїдної } \%C = \frac{0,8 \cdot P_{\text{п}}}{100} + \frac{6,67 \cdot P_{\text{ц}}}{100},$$

де 0,8 – кількість вуглецю в перліті, а 6,67 – в цементиті (в %)

- R_p і R_c відповідно площі, які займають перліт та цементит вторинний.
5. Виміряти твердість зразків і побудувати графік залежності твердості від кількості вуглецю (табл. і рис.).
 6. Визначити вид дефекту, причину виникнення і вплив на властивості сталей.
 7. Вивчити класифікацію і маркування чавунів.
 8. Під мікроскопом дослідити мікрошліфи білих і сірих чавунів (без травлення і протравлених), визначити їх тип, структурні складові і застосування.
 9. Виміряти твердість зразків (чотири).
 10. Виявити вплив структури металевої основи на твердість і міцність чавунів.

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Схеми мікроструктур сталей, в квадратах 30 x 30 мм (4 зразка), де вказати 1) клас за структурою, 2) кількість перліту, цементиту, 3) визначення кількості вуглецю, 4) марки сталей та їх застосування.

Приклад. Клас за структурою – доевтектоїдна (Ф+П).

Площа, яку займає перліт (темні зерна) – 55%

$$\%C = \frac{0,8 \cdot 55}{100} = 0,44\%$$

Ферит до уваги не приймається тому що в ньому вуглецю дуже мало (0,006%).

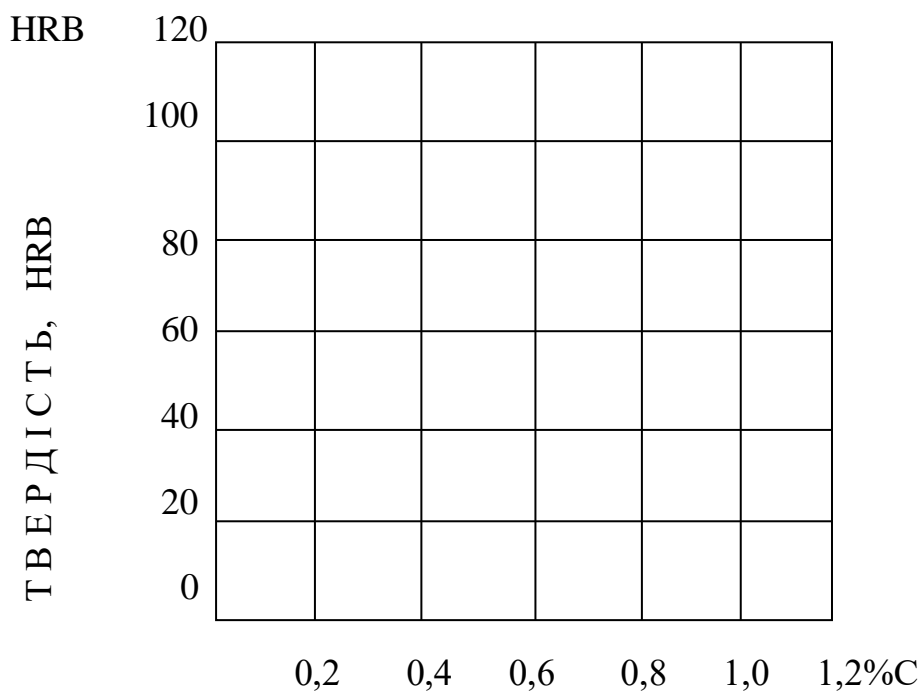
Марка сталі: сталь 45.

Застосування: вали, вісі, важелі, шатуни.

4. Схеми дефектів мікроструктур (2 зразка), де вказати вид дефекту, причину виникнення і вплив на властивості.
5. Результати вимірювання твердості (табл. і графік) з поясненням впливу вуглецю на твердість сталей.

Таблиця

Номер зразка	Кількість вуглецю	Структура	Твердість	
			HRB	HB
1				
2				
3				
4				



6. Визначення мікроструктури чавунів. Замалювати схеми структур протравлених зразків, вказати клас за структурою металевої основи і формою графітних включень та приклади застосування.
7. Дослідження впливу, структури металевої основи на твердість і міцність чавуну (див. таблицю).
8. Згідно формули $\sigma_{\text{тимч.}} = \frac{\text{HB} - 40}{6}$ підрахувати міцність при розтягу сірих чавунів і написати марку.

№	Структура чавуну	Форма графіту	Діаметр відбитку (лунки)	Твердість		Міцність	Марка
				HB	HRC		
1	П+Л+Ц _п	-	-			-	-
2	Ф+Г	пластинчаста					
3	Ф+П+Г	пластинчаста					
4	П+Г	пластинчаста					

9. Підсумки роботи. Пояснити залежність твердості від характеру структури.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що являє собою ферит, аустеніт, цементит, перліт?
2. Як впливають вуглець, марганець, сірка та інші постійні домішки на властивості сталі?
3. Класифікація сталей за якістю, структурою і призначенням.
4. Скільки вуглецю містять сталі 50, У10, Ст.3?
5. Яку структуру мають у рівновазі сталі 40, У12?
6. Яка сталь придатна для виготовлення вала, різця, пружини?
7. Дефекти в структурі сталі.
8. Різниця між сталями та чавунами.
9. Які форми графіту можуть бути у чавунів?
10. Яка може бути структура металевої основи чавунів.
11. Які фактори впливають на формування структури чавунів?
12. На які механічні властивості і як впливає форма графіту та структура металевої основи чавунів?
13. Що позначають букви і числа в марках чавунів?
14. Для виготовлення яких деталей застосовують відповідно сірі, ковкі, високоміцні чавуни?
15. З якою метою проводять модифікування чавунів?
16. Методи одержання ковких та високоміцних чавунів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Мета роботи: 1. Ознайомитись з практикою гартування та відпускання сталей 2. Дослідити вплив температури нагрівання і швидкості охолодження на структуру і властивості сталей. 3. Ознайомитись з відпусканням загартованих сталей. 4, Дослідити вплив температури відпускання на твердість загартованих вуглецевих і легуваних сталей. 5. Оцінити теплостійкість інструментальних сплавів.

Гартування – це вид термічної обробки металів, мета якої підвищити твердість, міцність і стійкість проти зношування при терті. Процес гартування складається з двох операцій (стадій): нагрівання до певних температур і охолодження із певною швидкістю.

Висока твердість при гартуванні може бути отримана лише за умов, коли аустеніт, що утворюється в сталях при нагріванні згідно діаграми стану Fe-Fe₃C вище критичних точок, при охолодженні зі швидкістю, вищою за так звану критичну, перетвориться в мартенсит, який має високу твердість (55÷65 HRC).

Мартенсит - це перенасичений твердий розчин вуглецю в альфа-залізі і чим більше буде вуглецю в сталях, тим більше їх твердість. При охолодженні аустеніту з швидкостями, меншими за критичну, можуть утворитись феритно-цементитні суміші: перліт, сорбіт, тростит, твердість яких значно менша, відповідно 15;30;40 HRC. Оптимальна температура нагрівання для доевтектоїдних сталей на 30÷50°C вище т. Ас₃, де буде аустеніт, а заевтектоїдних – на 30-50°C вище т. Ас₁, де буде аустеніт і цементит вторинний.

Після охолодження зі швидкістю, більшою за критичну, утворюються структури: мартенсит в доевтектоїдних і евтектоїдних та мартенсит, цементит вторинний і певна кількість залишкового аустеніту в заевтектоїдних.

При нагріванні доевтектоїдних сталей тільки вище t_{Ac_1} утвориться структура аустеніт і ферит. При охолодженні аустеніт перетвориться в мартенсит а ферит залишиться і твердість буде недостатньою.

При перегріві сталей над оптимальними температурами відбувається рост аустенітного зерна, розчинення в аустеніті вторинного цементиту в заевтектоїдних сталях і, як наслідок, утворення в загартованих сталях крупногочастого мартенситу, збільшення кількості залишкового аустеніту, що приводить до зменшення твердості і підвищення крихкості.

Легуючі елементи впливають на положення критичних точок Ac_1 ; Ac_3 ; Ac_m : марганець і нікель знижують, а решта підвищують, що необхідно враховувати при визначенні режимів гартування. А взагалі температура нагрівання вища ніж у вуглецевих з однаковою кількістю вуглецю. Крім того, вуглець і легуючі елементи знижують температури мартенситного перетворення (t_{Mp} і t_{Mk}) до більш низьких значень, що приводить до збільшення кількості залишкового аустеніту. Гартування з температур, вищих за t_{Ac_1} називається неповним, а з температур, в вищих за t_{Ac_3} або Ac_m – повним.

Вуглець підвищує загартовуваність сталей, а легуючі елементи на твердість суттєво не впливають. Але практично всі легуючі елементи збільшують прогартовуваність сталей на більшу відстань від поверхні, що сприяє підвищенню об'ємної міцності виробів.

Швидкість охолодження при гартуванні залежить від охолоджуючої здатності середовища та розмірів виробів. Вода охолоджує з швидкістю до $600^\circ\text{C}/\text{c}$., мінеральні масла $150-180^\circ\text{C}/\text{c}$., повітря – $10^\circ\text{C}/\text{c}$.

Вуглецеві сталі мають відносно велику критичну швидкість гартування, а легуючі елементи її знижують тому на практиці для охолодження вуглецевих сталей застосовують воду та водні розчини солей та лугів, а для легованих – мінеральне масло, синтетичні розчини, розплави солей і навіть повітря. Охолодження легованих сталей у воді (велика швидкість) приводить до

збільшення термічних напружень і, як наслідок, до деформації виробів і навіть утворенню тріщин.

ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Робота виконується підгрупою. Кожний студент виконує певне завдання, а звіт складає за даними усіх експериментів.
2. Загартувати вуглецеві сталі з різних температур при охолодженні у воді, виміряти твердість, і користуючись діаграмою стану FeC, визначити відповідні структури і за цими даними встановити оптимальні температури для кожної сталі.
3. Виконати охолодження сталей у різних середовищах, виміряти твердість, визначити відповідні структури і встановити гартувальне середовище для певної категорії сталей.
4. Побудувати графіки залежності твердості кожної сталі від температури гартування та швидкості охолодження.
5. У висновках дати пояснення впливу температури гартування і швидкості охолодження на твердість кожної марки сталі.

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Визначення оптимальних температур нагрівання для вуглецевих сталей (охолодження у воді). (Табл.1).

Таблиця 1

Марка сталі	Характеристика	Первинн а	Після гартування з температури, °C		
			770	840	900
45	Твердість, HRB, (HRC)				
	Структура				
У10	Твердість, HRB, (HRC)				
	Структура				

4. Визначення оптимальних середовищ охолодження. (Табл.2).

Таблиця 2

Марка сталі	Оптимальна температура гартування	Середовище і швидкість охолодження					
		Вода, 600°C/с.		Масло, 150°C/с.		Повітря, 10°C/с.	
		HRC	Структура	HRC	Структура	HRC	Структура
У10							
9ХС							
40Х13							

5. Графіки залежності твердості сталей від температури нагрівання (°C/с.) та швидкості охолодження (°C/с.) (рис. 1, 2).

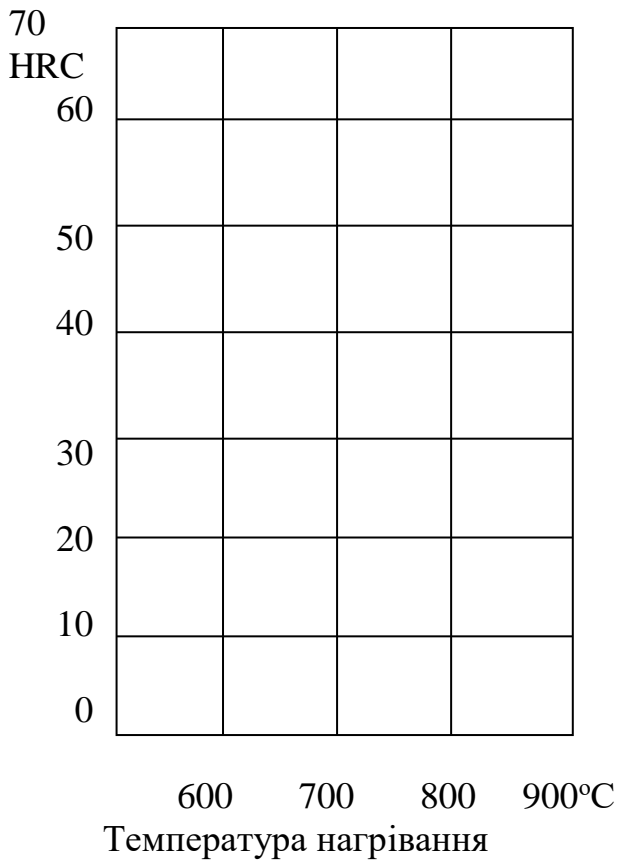


Рис. 1

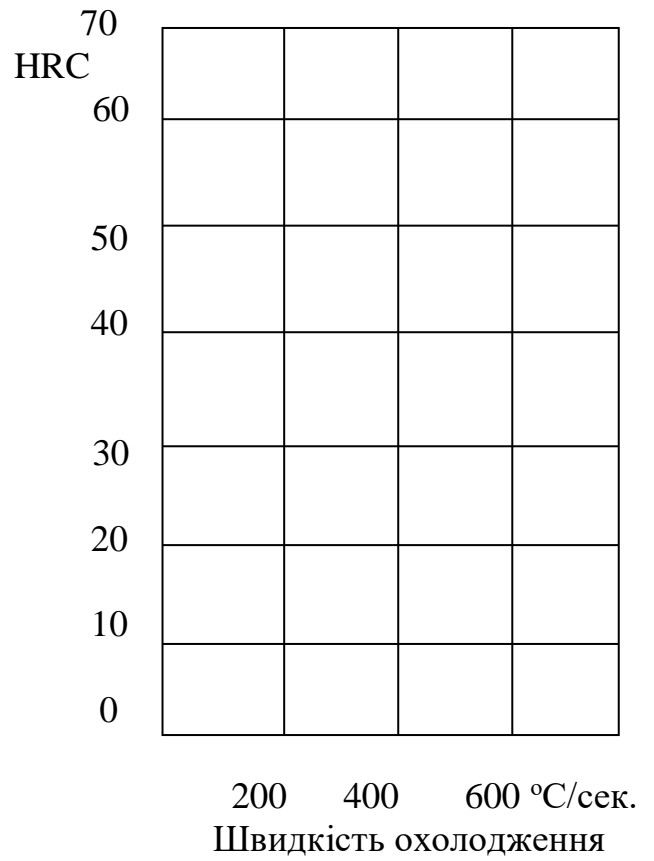


Рис. 2

5. Підсумки роботи:

1. Аналіз зміни твердості від температури нагрівання. Табл. 1.
2. Оптимальна температура нагрівання. Табл. 1.
3. Оптимальне середовище охолодження. Табл. 2.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке гартування і з яких процесів воно складається?
2. Що таке мартенсит, тростит, сорбіт?
3. Що таке критична швидкість охолодження при гартуванні.
4. У чому полягає повне гартування сталей 40 і У12? Яка буде структура?
5. Яке треба призначити середовище охолодження для сталей 50, У10, 9ХС?
6. Фактори, що впливають на кількість залишкового аустеніту в загартованій сталі.
7. Чому мартенсит може мати різну твердість, від чого це залежить?
8. Що таке загартовуваність і прогартовуваність і від чого вони залежать?
9. Яка з цих сталей буде мати більшу твердість після гартування: 20Х2НЗА, 40Г2С, У10?
10. Яка сталь має більшу прогартовуваність при правильному гартуванні 45ХГ2СА, 9ХС, У12А?

Відпускання – це вид термічної обробки, який полягає в нагріванні зартованих сталей до температур, нижчих від температури у точці A_{c1} , витримуванні при цих температурах і охолодженні здебільшого на повітрі. Швидкість охолодження для більшості сталей не має особливого значення. Відпускання загартованих сталей проводиться для зменшення в них внутрішніх напружень і твердості, підвищення ударної в'язкості, а також отримання більш стійких структур.

Після гартування в доевтектоїдних і евтектоїдних сталях буде структура мартенситу, а в заевтектоїдних – мартенситу, вторинного цементиту (вторинних карбідів) і залишкового аустеніту. При поступовому нагріванні ці структури зазнають змін. При температурах 150-200°C мартенсит частково збіднюється на вуглець у вигляді карбідів, напруження і крихкість зменшуються, а твердість практично не змінюється. Утворюється так званий мартенсит відпускання. При температурах 200-300°C залишковий аустеніт перетворюється в мартенсит відпускання. Це може привести, при значній його

кількості до підвищення твердості і збільшення розмірів. При температурах 300-400°C відбувається повний розпад мартенситу на дрібнодисперсну феритно-цементитну (феритно-карбідну) суміш – тростит відпускання. Подальше нагрівання до 500-650°C приводить до збільшення розмірів часток карбідів і їх заокруглення. Утворюється структура – сорбіт відпускання.

Легуючі елементи, особливо W, Mo, V, Cr, Co затримують дифузійні процеси в сталях і тим самим підвищують температуру точки A_{c1} і структурних перетворень при відпусканні. Це приводить, наприклад, до того, що мартенсит і, відповідно, висока твердість, які необхідні для ріжучого, штампового інструменту, деяких деталей машин, будуть зберігатись до відносно високих температур. В швидкорізальних сталях, наприклад, залишковий аустеніт перетворюється в мартенсит при 520-570°C, а розпад мартенситу починається вище 650-670°C. Тож властивість сталей зберігати твердість з підвищенням температури називається **теплостійкістю**.

На практиці застосовують три види відпускання: низьке, середнє і високе.

При низькому відпусканні (150-250°C), утворюється структура мартенситу в доевтектоїдних і евтектоїдних сталях та мартенситу відпускання і вторинного цементиту (вторинних карбідів) в заевтектоїдних, твердість 58-65 HRC. Призначають для ріжучого, штампового і вимірювального інструменту, деталей машин, де необхідна висока твердість поверхні (зубчасті передачі, пальці, вісі, вали) з метою зменшення напружень і крихкості.

При середньому відпусканні (350÷450°C) утворюється структура троститу відпускання, твердість 40-45 HRC. Призначається переважно для ресор та пружин з метою надання міцності і пружності.

При високому відпусканні (500-650°C) утворюється структура сорбіту відпускання, твердість 25-35 HRC. Призначають для деталей машин, на які діють динамічні навантаження: стиск, розтяг, скручення, згин з метою надання міцності, витривалості та ударної в'язкості. Це такі деталі, як шатуни, важелі, вали, вісі, зубчасті передачі, а також штампи гарячої деформації.

Термічну обробку, яка складається з гартування та високого відпускання, називають *термічним поліпшенням*.

Обробка сталі холодом. Після гартування високовуглецевих, особливо легуваних сталей, в структурі утворюється значна кількість залишкового аустеніту (до 25÷30%). Це приводить до зниження твердості, зносостійкості, а також до зміни розмірів внаслідок самодовільного перетворення аустеніту в мартенсит. Для усунення цих негативних явищ проводять обробку холодом, яка полягає в охолодженні загартованих сталей до температур нижче точки M_k (-30÷ -70°C). Після обробки холодом призначають низьке відпускання для усунення напружень.

ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Виконати відпускання загартованих вуглецевих і легуваних сталей при температурах 200, 400, 550, 800°C і виміряти твердість.
2. Записати структури, які повинні відповідати кожній температурі відпускання.
3. Побудувати графіки залежності твердості від температури відпускання.
4. Оцінити теплостійкість інструментальних сплавів.

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Режими гартування і відповідні структури сталей, які досліджувались (табл. 3).

Таблиця 3

Марка сталі (сплаву)	Хімічний склад, %	Режим гартування (температура, нагрівання, середовище холодження)	Структура загартованої сталі
45			
У10			
9ХС			
Р18			
ВК6			

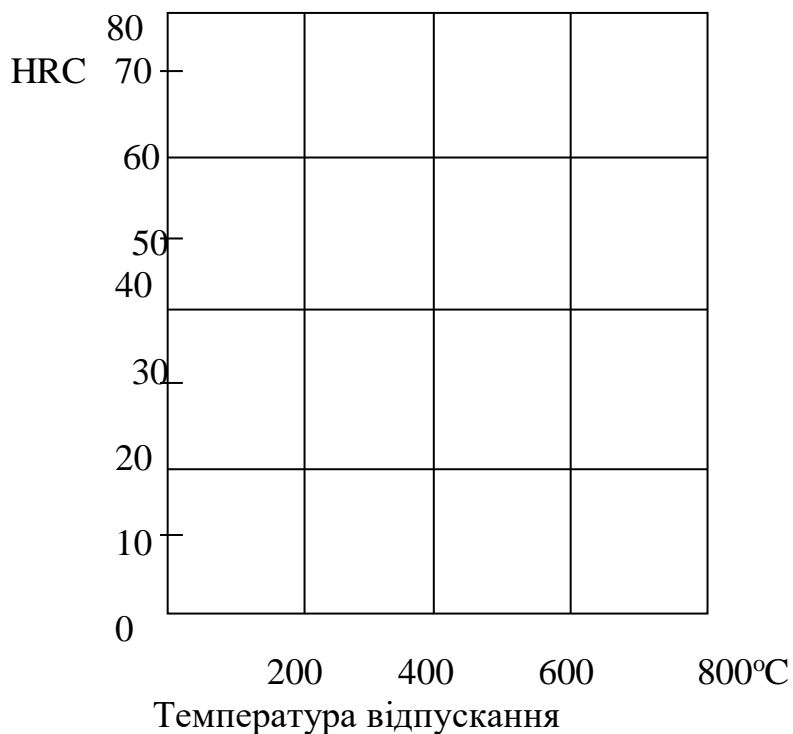
1. Підсумки досліджень:

а) твердість і структури сталей після відпускання (табл. 4).

Таблиця 4

Марка сталі (сплаву)	Характеристика	Після гартування	Температура відпускання, °С			
			200	400	550	800
45	Твердість, HRC					
	Структура					
У10	Твердість, HRC					
	Структура					
9ХС	Твердість, HRC					
	Структура					
Р18	Твердість, HRC					
	Структура					
ВК6	Твердість, HRC					
	Структура					

б) графік залежності твердості сталей від температури відпускання (див. рисунок).



ПІДСУМКИ РОБОТИ

1. Вказати вплив температури відпускання на твердість загартованих сталей.
2. Вказати вплив легуючих елементів на відпускання сталей і пояснити особливості відпускання високолегованих швидкорізальних сталей.
3. Визначити теплостійкість інструментальних матеріалів (°C).
4. Визначити оптимальні режими відпускання для кожної сталі.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке відпускання і його мета?
2. Які основні перетворення відбуваються при нагріванні (відпусканні) загартованих сталей?
3. Для яких виробів слід призначати низьке, середнє і високе відпускання та їх режими?
4. Які структури утворюються після низького, середнього і високого відпускання?
5. Що таке термічне поліпшення?
6. Як впливають легуючі елементи на температуру і зміни структури при відпусканні?
7. Що таке теплостійкість сталей?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ВИВЧЕННЯ БУДОВИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ТА КОЛЬОРОВИХ СПЛАВІВ.

Мета роботи: 1. Навчитися визначати хімічний склад, структуру, властивості легованих сталей та їх призначення. 2. Вивчити мікроструктуру, властивості і застосування латуней, бронз, алюмінієвих та антифрикційних сплавів. 3. Вивчити вплив режимів гартування та штучного старіння на механічні властивості дуралюміну.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Легованими називають сталі, до складу яких спеціально вводять легуючі елементи для зміни структури й властивостей. До легуючих елементів належать хром, нікель, молібден, вольфрам, ванадій, кобальт, титан, алюміній, бор, ніобій, мідь, марганець, кремній та ін.

Головна мета легування переважної більшості сталей – підвищення міцності за рахунок розчинення легуючих елементів у фериті та аустеніті, утворення карбідів та збільшення прогартовуваності. Крім того, легуючі елементи можуть підвищувати стійкість проти корозії, теплостійкість, жаростійкість (окалиностійкість), жароміцність та ін. Такі елементи як хром, марганець, молібден, вольфрам, ванадій, титан утворюють карбіди, а нікель, кремній, мідь, алюміній карбідів не утворюють. Марганець та нікель знижують критичні точки A_1 і A_3 , а решта – підвищують. Крім того, легуючі елементи зменшують критичну швидкість охолодження при гартуванні, що необхідно враховувати при призначенні режимів гартування (температури нагрівання та середовища для охолодження). При значній кількості легуючих елементів може суттєво змінитись структура, що приводить до утворення нових структурних класів в порівнянні з вуглецевими сталями.

Знання хімічного складу, структури і впливу легуючих елементів дозволяє об'єктивно оцінити експлуатаційні властивості сталей, їх раціональне застосування і призначити необхідну термічну обробку.

Маркування легованих сталей

Леговані сталі маркують за допомогою літер і цифр. Легуючі елементи позначаються літерами: Н – нікель, Х – хром, К – кобальт, М – молібден, Г – марганець, Д – мідь, Р – бор, Б – ніобій, С – кремній, В – вольфрам, Т – титан, Ф – ванадій, П – фосфор, А – азот.

Перші дві або три цифри на початку марки показують середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка, а якщо одна – то десятих. Цифри, які стоять після літер показують середній вміст легуючого елемента, що позначається цією літерою в відсотках. Якщо вуглецю або легуючого елемента міститься близько 1%, то цифри не ставляться. Буква А на кінці марки позначає, що дана сталь належить до високоякісних.

Нариклад:

- а) сталь 35Х2ГСА має 0,35% вуглецю, 2% хрому, 1% марганцю, 1% кремнію. А – означає, що ця сталь високоякісна;
- б) сталь 110Г13 містить 1,10% вуглецю, 13% марганцю;
- в) сталь ХВ5 має 1% вуглецю, 1% хрому, 5% вольфраму;
- г) сталь 9ХС містить 0,9% вуглецю, 1% хрому, 1% кремнію.

У високовуглецевих інструментальних сталях цифри, які показують вміст вуглецю, взагалі опускаються, наприклад марка Х12М означає сталь з вмістом 1,5...1,7%С, 12% хрому і 0,5% молібдену.

Деякі леговані сталі виділені в окремі групи і позначаються буквами: Ш – шарикопідшипникові, Р – швидкорізальні, Е – для постійних магнітів.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

1. За структурою в стані відпалу:

- 1.1. Доевтектоїдні, зі структурою легований ферит і евтектоїд: сталі 20ХНЗА; 18ХГТ; 40Х.
- 1.2. Евтектоїдні, зі структурою тільки евтектоїду: сталь 80Х.
- 1.3. Заевтектоїдні, зі структурою евтектоїд і вторинні карбіди: сталі 9ХС, ШХ15, ХВГ.
- 1.4. Ледебуритні (карбідні): зі структурою евтектоїду, евтектичних (первинних) і вторинних карбідів: сталі Р18, Р14Ф4, Х12М.
- 1.5. Аустенітні – структура легований аустеніт: сталі 110Г13, 12Х18Н10Т.
- 1.6. Феритні – структура легований ферит: сталі 10Х17, 10Х25.
2. За призначенням: конструкційні, інструментальні та сталі з особливими властивостями.
- 2.1. **Конструкційні** – застосовують для виготовлення різних деталей машин, при цьому в цих сталях міститься хрому, марганцю, кремнію до 2%, нікелю до 4%.

Приклади конструкційних сталей:

- 2.1.1. Низьковуглецеві, які піддаються цементації: 15Х, 18ХГТ, 12ХНЗА, 25ХНР.
- 1.1.2. Середньовуглецеві, які піддаються поліпшенню: 35ХГСА, 40Х, 45Г2.
- 1.1.3. Ресорно-пружинні: 55С2, 60Г, 60С2ХФА, 65С2ВА.
- 1.1.4. Шарикопідшипникові: ШХ9, ШХ15 (0,9% і 1,5% хрому відповідно).
- 1.1.5. Будівельні: 10Г2С, 15ХСНД, 15ГФ.
3. **Інструментальні сталі** застосовують для різного інструменту. Вони повинні мати високу твердість і зносостійкість.
- 3.1. Сталі для різального інструменту:
 - 3.1.1. Низької теплостійкості (до 250°C): ХГ, 9ХС, ХВГ, ХВСГ.
 - 3.1.2. Підвищеної (середньої) теплостійкості до 600°C): Р9, Р6М5, Р9К5, Р14Ф4.
 - 3.1.3. Сплави високої теплостійкості (до 1000°C) ВК6, Т15К6, ТТ7К10.
- 3.2. Сталі для вимірювального інструменту.

Ці сталі повинні мати високу твердість, зносостійкість і зберігати постійність розмірів. Для виготовлення плиток, калібрів, шаблонів

застосовують високовуглецеві хромисті сталі, наприклад, ХВГ, ХВ5. Найчастіше такі сталі після гартування обробляють холодом (для повного перетворення залишкового аустеніту в мартенсит).

3.3. Сталі для штампового інструменту:

3.3.1. Холодного деформування середніх розмірів: 9ХС, Х6ВФ.

3.3.2. Холодного деформування різних розмірів, особливо високоточних: Х12М, Х12Ф.

3.3.3. Гарячого деформування середніх розмірів: 5ХНТ, 5ХНВ.

3.3.4. Гарячого деформування великих розмірів важконавантажених: 4Х2В5МФ, 5Х3В3МФС.

4. **Сталі з особливими властивостями** (спеціальні сталі) застосовують для роботи в агресивних середовищах, при високих температурах, ударних навантаженнях та ін.

4.1. Корозійно-стійкі сталі мають високу корозійну стійкість у хімічно активних газових і рідких середовищах. Це досягається за рахунок великого вмісту хрому (понад 13%).

Корозійно-стійкі сталі поділяються на:

4.1.1. Хромисті 10Х13, 40Х13, 10Х25 (феритна).

4.1.2. Хромонікелеві (аустенітні): 12Х18Н9, 10Х18Н10Т.

Титан вводять в сталь для запобігання міжкристалітної корозії.

4.2. Жаростійкі і жароміцні сталі. **Жаростійкість** – здатність сталі чинити опір газовій корозії при підвищених температурах. Забезпечується вона легуванням сталей хромом, кремнієм та алюмінієм, які утворюють захисні плівки (Fe, Cr)₂O₃, SiO₂, Al₂O₃.

Жаростійкі: 25Х6С10, 40Х9С2, 15Х25Т, 12Х18Н10Т

Жароміцність – це здатність зберігати достатню міцність при високих температурах. Досягається легуванням тугоплавкими хімічними елементами (хром, нікель, молібден). Як правило, жароміцні сталі мають і жаростійкість: 15Х2МФС, 15Х11МФ, 40Х10С2М, 10Х18Н10Т, 40Х15Н7Г7Ф2МС.

4.3. Зносостійка (аустенітна) сталь 110Г13Л – для деталей, які спрацьовуються в умовах абразивного тертя й високого тиску та ударів (наприклад, траки гусеничних машин, деталі подрібнювачів, хрестовини залізничних і трамвайних колій, черпаки землерийних машин). Характерна особливість марганцевого аустеніту – здатність сильно наклепуватись і перетворюватися в мартенсит деформації за рахунок енергії ударів, що призводить до підвищення твердості й опору зношення.

МЕТА ЛЕГУВАННЯ СТАЛЕЙ ОСНОВНИМИ ХІМІЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ (до табл.1)

1. Всі легуючі елементи підвищують міцність.
2. Легуючі елементи, які утворюють карбіди, подрібнюють зерно при кристалізації.
3. Спеціальні властивості (корозійну стійкість, жаростійкість, жароміцність, теплостійкість легуючі елементи надають лише при значній кількості в сталях (хром 8-13%, нікель 8-12%, вольфрам, молібден більше 5%).

4. Окремі хімічні елементи:

Хром – при кількості більше ніж 13% надає корозійну стійкість, більше 5% жаростійкість (окалиностійкість).

Нікель – одночасно з міцністю надає в'язкість, а також жароміцність (більш 8%).

Кремній – в ресорно-пружинних сталях надає пружність, а у високотемпературних сталях – жаростійкість.

Марганець – сприяє росту аустенітного зерна при перегріві.

Вольфрам і молібден – утворюють важкорозчинні карбіди і при значній кількості (більше 5%) надають теплостійкість.

Титан і ванадій – переважно для подрібнення зерна і стримання його росту при нагріванні.

В корозійно-стійких сталях титан запобігає міжкристалітній корозії.

Алюміній – підвищує твердість при азотуванні, а також жаростійкість.

Характеристика легованих сталей

Таблиця 1

№ п/п	Марка сталі	Хімічний склад	Мета легування	Клас сталі		Для яких виробів застосовується	Метод зміцнення (термічна або хіміко-термічна обробка)
				По стр-рі	по призн.		

1.ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1.1. Розшифрувати хімічний склад заданих сталей, вказати мету легування, клас по структурі і призначенню, їх застосування і призначити метод зміцнення, вказавши кінцеву структуру.

1.СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Таблиця 1 з характеристиками сталей.

Приклад: сталь 20ХН2ТА. Склад 0,20%С, 1%Cr, 2%Ni, 0,10%Ti, А – високоякісна.

Мета легування: хром утворює карбіди, подрібнює зерно, підвищує міцність; нікель підвищує міцність і в'язкість; титан подрібнює зерно і гальмує його ріст при нагріванні.

Структура: доєвтектоїдна сталь (Евт.+Ф_{лег}): по призначенню: конструкційна, низьковуглецева, для цементації.

Застосування: зубчасті передачі, вісі, пальці.

Метод зміцнення: цементація, гартування і низьке відпускання.

Структура: мартенсит відпускання.

Сплави на основі міді: латуні і бронзи.

Латуні – це сплави на основі міді, в яких головним легуючим елементом є цинк. Вони бувають прості, які мають в своєму складі тільки мідь і цинк, та багатокомпонентні. Останні мають в своєму складі, крім цинку, різні хімічні елементи для підвищення міцності (алюміній, нікель), корозійної стійкості (олово, алюміній), антифрикційності (свинець, кремній), оброблюваності різанням (свинець) та ін. В техніці застосовують латуні з вмістом цинку до 45%. В залежності від кількості цинку існують однофазні α – латуні (до 39% цинку), та двофазні $\alpha + \beta$ – латуні (39-45% цинку). По технологічному признаку латуні поділяються на такі, що оброблюються тиском та ливарні. Однофазні латуні мають високу пластичність і їх використовують для виготовлення тонкого дроту, тонкостінних трубок, наприклад, радіаторних, змійовиків, гільз, ювелірних виробів. Двофазні латуні мають більшу міцність але меншу пластичність, їх використовують для деталей машин, водяної арматури, різних заготовок.

Ливарні латуні мають в своєму складі ті ж елементи що й латуні для обробки тиском, але більш леговані цинком і іншими елементами. У них менший інтервал кристалізації, а тому й кращі ливарні властивості.

МАРКУВАННЯ ЛАТУНЕЙ

Латуні маркуються літерою “Л”. Прості латуні: Л96, Л85, Л59, де число показує кількість міді у відсотках, а решта цинк. В багатокомпонентних латунях легуючі елементи позначаються початковою літерою назви цього елемента:

А – алюміній, Б – берилій, Ж – залізо, К – кремній, Н – нікель, О – олово, С – свинець, Ф – фосфор.

Приклади:

1. Латуні, що оброблюються тиском: Л96, Л70, ЛАН65-3-2 (міді 65%, алюмінію 3%, нікелю 2%, решта цинк) – суднобудування, електричні машини,

ЛА85-1 – для виготовлення атрибутів відзнак (замінник золота), ЛО70-1 – стійкість проти корозії в прісній та морській воді, ЛС64-2 – добре оброблюється різанням (автоматна), антифрикційні властивості.

2. Ливарні латуні. Маркуються по типу легованих сталей: ЛЦ14К3С3 (цинку 14%, кремнію 3%, свинцю 3%, решта мідь) – підшипники, втулки; ЛЦ30А3 – корозійностійкі деталі; ЛЦ25С2 – штуцери гідросистем.

Бронзи. Це теж сплави на основі міді. По хімічному складу вони поділяються на олов'яні, в яких основним легуючим елементом є олово, та безолов'яні, де легуючими елементами є алюміній, кремній, берилій, нікель, залізо. Бронзи в порівнянні з латунями мають кращі механічні, антифрикційні властивості і корозійну стійкість. По технологічному признаку поділяються на ті, що оброблюються тиском та ливарні. Найбільш відомі олов'яні бронзи. Вміст олова в них не перевищує 10-12%. Зі збільшенням кількості олова підвищується твердість та міцність і зменшується пластичність.

Олов'яні бронзи, що оброблюються тиском мають до 5% олова, а ливарні – більше 5%.

Безолов'яні бронзи часто перевищують по своїм властивостям олов'яні і до того ж дешевші.

МАРКУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ БРОНЗ

Бронзи маркуються літерами Бр. Легуючі елементи позначаються тими ж літерами, що й в латунях.

1. Бронзи олов'яні, що оброблюються тиском БрОФ6-0,4; БрОЦ4-3; (олова 4%, цинку 3%, решта – мідь).

БрОЦС-4-4-4. Виготовляють пружини, зубчасті колеса, втулки, деталі машин.

2. Бронзи олов'яні ливарні: Бр010; Бр05Ц5С5; Бр010Ц2С5. Використовують для виготовлення підшипників, парової і водяної арматури, в художньому литті (статуетки, скульптури).

3. Бронзи безолов'яні, що оброблюються тиском: БрА5; БрАЖ9-4; БрКМц3-1. Виготовляють пружні деталі (мембрани, пружини) механізми

годинників. БрАЖН10-4-4 – шестірні, втулки, черв'яки, блоки циліндрів в гідросистемах. БрБ2 – після термічної обробки (гартування і старіння) має міцність 1300-1400 МПа, а твердість 280-300 НВ. Виготовляють відповідальні пружини та мембрани, пружні контакти в електричних пристроях, а також безіскровий інструмент.

4. Бронзи безолов'яні ливарні. Мають високу міцність, антифрикційність, застосовуються для виготовлення деталей, які працюють у важких умовах: БрА11Ж6Мц2 – зубчасті колеса, втулки, клапани, БрС30; БрС30Н2 – важконавантажені підшипники.

2. Сплави на основі алюмінію. Алюміній має високу пластичність, корозійну стійкість, електропровідність, малу питому вагу, але малу міцність. Тому як конструкційний матеріал практично не застосовується. З технічного алюмінію виготовляють дріт, фольгу, конденсатори, деякий посуд, ємкості. Але головним чином використовують сплави алюмінія з міддю, магнієм, марганцем, кремнієм, цинком.

По технологічному признаку сплави поділяються на ті, що деформуються та ливарні. В свою чергу вони поділяються на такі що зміцнюються або не зміцнюються термічною обробкою. До сплавів, що деформуються і не зміцнюються термічною обробкою відносяться сплави алюміній-марганець (АМц) і алюміній магній (АМг). З них виготовляють бензинові баки, труби, рами, вітражі, перегородки в суднах та літакобудування.

До сплавів, що зміцнюються термічною обробкою, належать дуралюмін (Д1, Д16), авіаль (АВ), високоміцні (В95), сплави для поковок і штамповок (АК6, АК8). Термічна обробка полягає в гартуванні і наступному старінні: природньому (при 20°C на протязі 5-7 діб), або штучному (150-200°C). Після гартування твердість і міцність невеликі і сплави можна піддавати різним видам обробки (різанням, штампуванням). В процесі старіння твердість, міцність зростають майже вдвічі (до 75-80 HRB). Максимальну міцність надає природне старіння.

Ливарні сплави мають в структурі евтектику, яка покращує ливарні властивості. Найбільш поширені сплави алюмінію з кремнієм – так звані силуміни, які мають в складі 6-13% кремнію (АЛ2, АЛ4, АЛ9). Літера Л – означає ливарний. Силуміни практично не зміцнюються термічною обробкою і застосовуються при невеликих навантаженнях. Виготовляють картери, блоки циліндрів, корпуси, кришки, флянці, труби. Ливарні сплави алюмінія з міддю (АЛ7, АЛ19) ефективно зміцнюються термічною обробкою.

Цифри в маркуванні алюмінієвих сплавах означають його номер і не несуть ніякої інформації про хімічний склад.

3. Антифрикційні сплави. Ці матеріали застосовуються для виготовлення підшипників ковзання (втулок, вкладишів) і повинні мати високу зносостійкість і малий коефіцієнт тертя, добру прироблюваність, утримувати на поверхні мастила, достатню міцність. До них належать бабіти, олов'яні та свинцеві бронзи, порошкові сплави.

Бабіти – це сплави на олов'яній або свинцевій основі, в яких основним легуючим елементом є сурма, а також присутня мідь і інші елементи. Олов'яні бабіти: Б89, Б83. Б – бабіт, а число – вміст олова. Наприклад, Б83 – 83% олова, 11% - сурми і 6% міді. Структура бабітів складається з пластичної основи (твердий розчин міді і сурми в олові) та твердих включень хімічних сполук SnSb та Cu_3Sn . Більш дешевими є свинцеві, бабіти (Б6, Б16). Цифра теж вказує на вміст олова. Застосовують бабіти в вузлах тертя парових машин, потужних електродвигунів, підшипники колінчастих валів. Бабіти заливають в сталевий, чавунний, бронзовий корпус, або наносять на сталеву стрічку (для міцності). Як антифрикційний матеріал застосовують також бронзи (БрОЦС5-5-5, БрО12, БрС30) і порошкові сплави: (ЖГр5, БрОГр9-3).

2. ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

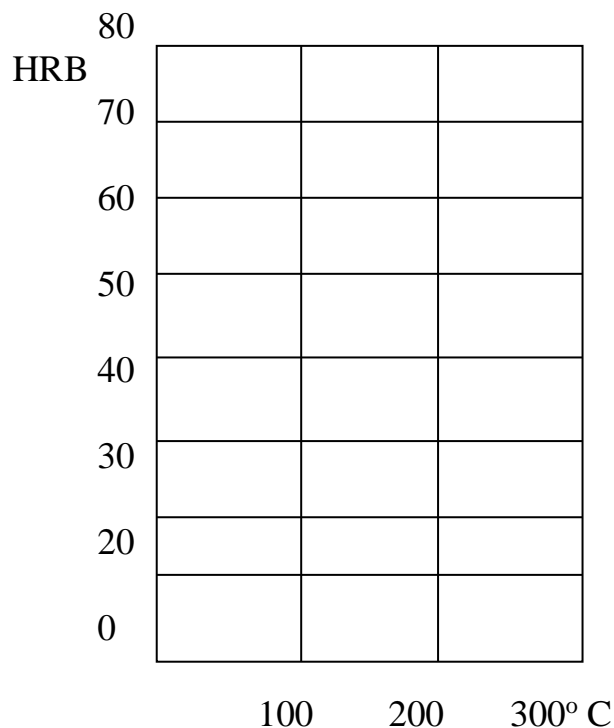
2.1. Дослідити мікроструктури кольорових сплавів.

2.2. Виміряти твердість дуралюмінію після гартування та штучного старіння при

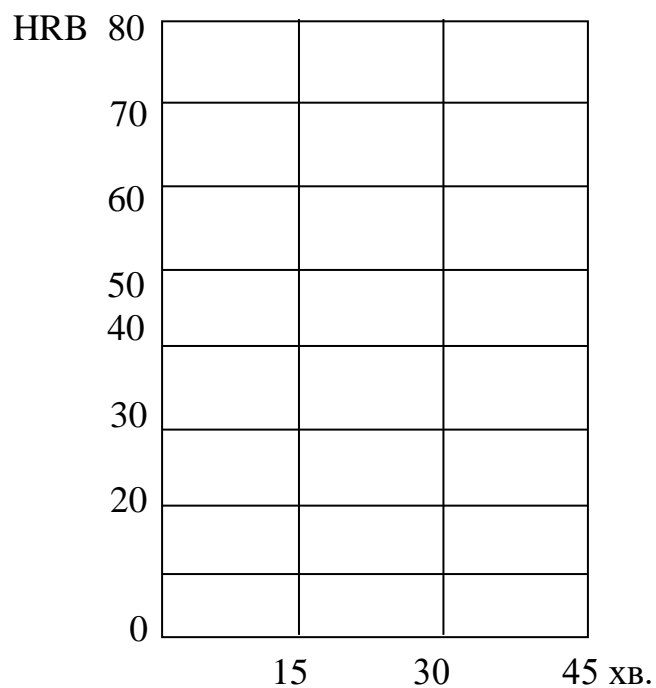
температурах 100, 200 і 300°C протягом 30 хвилин та при температурі 200°C протягом 15 і 45 хвилин.

2.3. Побудувати графіки залежності твердості дуралюмінію від режимів термічної обробки.

Операція	Твердість, HRB
Гартування	
Старіння за 30 хв. при t°	
100	
200	
300	



Операція	Твердість, HRB
Гартування	
Старіння за час, (хвил.) при t=200°C	
15	
30	
45	



2.СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Схеми мікроструктур (4 зразка), біля яких вказати: назву сплава, хімічний склад і призначення.
2. Таблиці визначень твердості.
3. Графіки зміни твердості згідно табл. 1.2.
4. В висновках вказати оптимальні режими старіння.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Класифікація легованих сталей за структурою й призначенням.
2. Маркування легованих сталей.
3. Яку структуру мають сталі 18ХГТ, ХВГ, Р18, 10Х17, Г13Л в стані відпалу?
4. Яку із сталей необхідно вибрати для виготовлення медичного інструменту? 40ХН, 20ХНЗА, 40Х13, Г13Л.
5. Назвати марку конструкційної сталі для цементації 45Х, 20ХНР, 9ХС, ХВ5.
6. Назвіть сталь, яка містить алюміній 20Х2Н4А, А20Г, 38ХМЮА.
7. Чим пояснюється висока зносостійкість сталі Г13Л?
8. Назвіть сплав з теплостійкістю до 1000°С: Р14Ф4, Т15К6, Р6М5.
9. З якою метою в нержавіючі сталі додають титан?
10. Назвіть сталь аустенітного класу: 10Х13, Х12М, Г13, ХВ5.
11. Які сплави називають латунями, бронзами?
12. Структура в сплавах Л80, Л59.
13. Для чого додають до латуні олово, нікель, залізо?
14. До якого класу сплавів (деформівних чи ливарних) належать АЛ19, Д16, АЛ4, АК6, АМг2, БрО10Ф1, Л86, ЛЦ30А3, БрА7.
15. Які сплави зміцнюються термічною обробкою АМц, Д16, Л86, БрБ2, АК6, АЛ4?
16. В чому полягає термічне зміцнення дуралюміну.
17. Які властивості повинні мати антифрикційні сплави?
18. Характеристика сплавів Б89 і Б16.

ПРИКЛАДИ ТЕСТІВ
Змістовий контроль № 1
ВАРІАНТ 1

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. $\sigma_a = \frac{D_a}{F_0}$
 2. $A = P(H-h)$
 3. $KCU = \frac{A}{F_0}$
 4. Не приведена

ВАРІАНТ 2

Вивчення матеріалів і продуктів чорної металургії, та ковальсько-пресового виробництва ХЛШ

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. Вирубування, згинання, витягування
2. Пробивання, вирубування, карбування
3. Пробивання, вирубування, нарізання

ВАРІАНТ 3

1. До якої групи належать токарні верстати?

1. До першої
2. До другої
3. До шостої

2. Що означає перша цифра в маркуванні верстату?

1. Група верстату 2. Тип верстату 3. Розмірна характеристика верстату

3. Головним рухом на токарних верстатах є:

1. Поступальний рух інструменту, що закріплюється на супорті.
2. Обертальний рух заготовки, що закріплюється на шпинделі.
3. Поступальний рух інструменту, що закріплюється в пінолі задньої бабки.

4. Які типи токарних різців існують?

1. Розточувальні, фасонні, різьбові.
2. Фасонні, спіральні, складові.
3. Підрізні, чистові, ліві.

5. Які бувають різці за напрямом поздовжньою подачі?

1. Праві та ліві.
2. Прямі, відогнуті.
3. Праві

Змістовий контроль № 2

ВАРІАНТ 1

1. Дати визначення фериту
 1. Твердий розчин вуглецю в гамма-залізі
 2. Твердий розчин вуглецю в альфа-залізі
 3. Хімічна сполука заліза з вуглецем

2. До якого класу за структурою відноситься сталь 45?
 1. Доевтектоїдного
 2. Евтектоїдного
 3. Заевтектоїдного

3. Що означає літера “А” в позначенні сталь У12А?
 1. Автоматна
 2. Містить азот
 3. Високоякісна

4. Як впливає графіт на механічні властивості чавунів?
 1. Підвищує твердість і міцність
 2. Зменшує твердість і міцність
 3. Підвищує пластичність і ударну в'язкість

5. Як отримують у високоміцних чавунах кулясту форму графіту?
 1. Модифікуванням магнієм
 2. Відпалом білого чавуну
 3. Швидким охолодженням

ВАРІАНТ 2

2. До якого класу за структурою відноситься сталь ХВГ?
 1. Доевтектоїдного
 2. Евтектоїдного
 3. Заевтектоїдного

3. З якою метою до сталі 20Х13 доданий хром?
 1. Надати пластичність
 2. Надати стійкість проти корозії
 3. Підвищити твердість

3. Які з наведених хімічних елементів надають сталям теплостійкість?
 1. W, Мо
 2. Mn, Si
 3. Pb, Al

4. Яку сталь слід застосовувати для штампів холодного деформування?
 1. Сталь 20ХНЗА
 2. 40Х13
 3. Х12М

5. Яку сталь слід застосовувати для швидкорізального інструменту?
 1. Р6М5
 2. 9ХС
 3. 40ХН2А

ВАРІАНТ 3

1. Дати визначення мартенситу
 5. Хімічна сполука заліза з вуглецем
 6. Перенасичений твердий розчин вуглецю в альфа-залізі
 7. Високодисперсна суміш фериту і цементиту

2. Призначити термічну обробку для виправлення структури перегріву в доевтектоїдних сталях
 4. Повний відпал
 5. Неповний відпал
 6. Рекристалізаційний відпал

3. Яка температура буде оптимальною при гартуванні сталі У10?
1. $A_{cm} + 40^{\circ}C$
 2. $A_{c3} + 40^{\circ}C$
 3. $A_{c1} + 40^{\circ}C$
4. Якій термічній обробці слід піддавати ресори?
1. Гартуванню і низькому відпусканню
 2. Гартуванню і середньому відпусканню
 3. Гартуванню і високому відпусканню
5. Для яких сталей застосовується цементація як метод зміцнення?
1. Маловуглецевих
 2. Середньовуглецевих
 3. Високовуглецевих

ВАРІАНТ 4

1. Вказати сплав на основі міді
1. Бр А10
 2. Д16
 3. АМц
2. Вказати антифрикційний матеріал для підшипників ковзання
1. Л96
 2. Б86
 3. АК8
3. Який матеріал використовується для виготовлення виробів методом лиття?
1. ЛО74-1
 2. АМг3
 3. АЛ4
4. Вказати термореактивну пластмасу (реактопласт)
1. Гетинакс
 2. Поліетилен
 3. Полістирол
5. Вказати порошковий антифрикційний матеріал
1. ЕХЗ
 2. БрОГр9-3
 3. Г13Л

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін.; За ред. М. А. Сологуба. -2-ге вид., перероб. і допов. – К.: Вища шк., 2002. – 374 с.
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. Хільчевський В.В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навч. посібник / В.В. Хільчевський, С.Є. Кондратюк, В.О. Степаненко, К.Г. Лопатько. – К.: Либідь, 2002. – 328 с.
5. Матеріалознавство: підручник / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян, Е.І. Плешаков; за ред. проф. С.С. Дяченко. – Харків: ХНАДУ, 2007. – 440 с.
6. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Підручник / В.Ф. Ясюк, П.П. Тонкоглас, В.В. Мартинюк. – К.: Вища освіта, 2005. – 528 с.
7. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів / В.В. Атаманюк. – К: Кондор, 2006. – 528 с.
8. Матеріалознавство. Навчальний посібник: навчально-методичний комплекс для студентів денної і заочної форм навчання / А.В. Галико, О.В. Кузик, В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост – Кіровоград: КОД, 2015. – 168 с.
9. Клименко В. М. Технологія конструкційних матеріалів. Частина перша. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво : навчальний посібник / Клименко В. М., Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 97 с.
10. Клименко В. М. Технологія конструкційних матеріалів. Частина друга. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво :

навчальний посібник / Клименко В. М., Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 154 с.

11. Практикум з технології виробництва конструкційних матеріалів: Навчально-методичний посібник / Кузик О.В., Рябець С.І., Царенко О.М.; Центральноукраїнський національний технічний університет. – Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2023. – 86 с.

12. Технологія основних виробництв. Методичні вказівки до проведення практичних занять. /Укл.Кропівний В.М., Кропівна А.В., Молокост Л.А. Кіровоград, 2010, -52 с.

13. Куцова В.З. Алюміній та сплави на його основі / В.З. Куцова, Н.Е. Погребна та ін.- Дніпропетровськ: Пороги, 2004. - 108с.

14. Конструкційні та функціональні матеріали : навч. посіб. у 2 ч. ; Ч. 1. Основи фізики твердого тіла. Конструкційні матеріали / [Бабак В. П., Байса Д. Ф., Різак В. М. і ін.]. – К. : Техніка, 2004. – 344 с.

15. Большаков В.І., Береза О.Ю., Харченко В.І. Прикладне матеріалознавство. – РВА «Дніпро-VAL», 2000. – 290с

*Кузик Олександр Володимирович
Молокост Людмила Анатоліївна
Босий Микола Вікторович*

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

для студентів денної та заочної форми навчання

освітня програма 208 Агроінженерія

Підписано до друку _____

Формат 60x90/16. Папір офсет.

Друк різнограф. Ум.др.арк. Тираж 100 Зам. №