

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра "Матеріалознавство та ливарне виробництво"

**МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ**

Методичні рекомендації

до лабораторних робіт для студентів
напряму спеціальності 132 – "Матеріалознавство"

Кропивницький – 2018

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу "Матеріалознавство та термічна обробка зварних з'єднань" для студентів напряму спеціальності 132 – "Матеріалознавство" / Розроб. О.В. Кузик, В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 37 с.

Рецензент: Кириченко А.М. – д.т.н., проф. каф. "МЛВ";

Автори: Кузик О.В. – к.т.н., доц. каф. МЛВ;
Кропівний В.М. – к.т.н., проф. каф. МЛВ;
Кропівна А.В. – к.т.н., доц. каф. МЛВ;
Молокост Л.А. – ст. викл. каф. МЛВ;

Відповідальний за випуск: О.В. Кузик

Затверджено на засіданні
кафедри матеріалознавства та
ливарного виробництва КНТУ
Протокол № 2 від 17.10.2018р.

© Матеріалознавство та термічна обробка зварних з'єднань.
© О.В. Кузик, В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост

ЗМІСТ

стор.

Вказівки до виконання лабораторних робіт.....	
Рекомендації до оформлення звіту.....	
Лабораторна робота № 1. Дослідження властивостей і будови металів.....	
Лабораторна робота №2. Вивчення структури і властивостей вуглецевих сталей у рівновазі.....	
Лабораторна робота № 3. Вивчення структури і властивостей чавунів.....	
Лабораторна робота № 4. Гартування вуглецевих і легованих сталей.....	
Лабораторна робота № 5. Відпускання загартованих сталей.....	
Лабораторна робота № 6. Поверхнєве зміцнення сталі.....	
Лабораторна робота № 7. Вивчення властивостей легованих сталей.....	
Список рекомендованої літератури	

Вказівки до виконання лабораторних робіт

1. Студенти повинні бути підготовлені до лабораторної роботи. Теоретична підготовка перевіряється за допомогою тестів.
2. Перед початком виконання лабораторних робіт 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 опанували досконально принцип їх роботи.
5. За пошкодження обладнання студенти несуть матеріальну відповідальність.
6. Після закінчення роботи студенти повинні прибрати своє робоче місце.

Рекомендації до оформлення звіту

1. Звіт з кожної роботи оформлюється тільки в окремому зошиті в відповідності з установленою схемою для кожної лабораторної роботи: назва і мета роботи, схеми структур в квадратах 30x30 з поясненнями, табличні дані, графіки та висновки. Теоретичні відомості наводити не слід.
2. Оформлений звіт в кінці занять подається викладачеві для перевірки і підпису в разі позитивного тестування і виконання належного об'єму робіт.

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ І БУДОВИ МЕТАЛІВ

Мета роботи: Ознайомитись з основними механічними властивостями металів. Освоїти методику і практику вимірювання твердості, макро- і мікроскопічного аналізу.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Механічні властивості – це характеристики, які визначають поведінку матеріалів (металів) під дією зовнішніх механічних сил. До основних механічних властивостей відносяться: твердість, міцність, пластичність.

Під дією зовнішніх сил у металах відбувається пластична деформація, метал змінює свою форму, розміри. При досягненні певних значень зовнішніх сил метал руйнується. Отже, для кожного металу існує певна межа прикладених зовнішніх сил, до якої він деформується, але зберігає цілість, тобто ще не руйнується. Так і визначають границю (межу) міцності металів, яка являє собою навантаження, що передуює моменту руйнування. Ця характеристика вимірюється в кгс/мм² або МПа позначається $\sigma_{\text{тимч}}$. Здатність металу змінювати форму і розміри без руйнування до певного навантаження характеризує пластичність. Ця характеристика, як і міцність, дуже важлива оскільки дає можливість різним виробам не руйнуватись під дією ударів, вібрацій тощо, а також одержувати такі вироби як різні ємкості, труби, різні профілі прокату, дріт і таке ін. методами пластичної деформації. Показниками пластичності служать відносне видовження (δ) та звуження (ψ), які визначаються при випробовуваннях зразків на спеціальному обладнанні

$$\delta = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100\% \qquad \psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100\%$$

де, L_0 – початкова довжина; F_0 – початковий переріз; L – після руйнування, F – після руйнування.

Твердість – це здатність матеріалу чинити опір вдавлюванню в нього твердого тіла (індентора). Найбільш поширені методи визначення твердості: по Брінеллю (НВ), Роквеллу (HRВ, HRC, HRA), Віккерсу (HV). Значення НВ і HV виражаються в МПа, твердість по Роквеллу в безрозмірних одиницях, які можна перевести в НВ за допомогою таблиць. Між НВ і $\sigma_{\text{тимч.}}$ існує певний зв'язок і для сталі $\sigma_{\text{тимч.}}=(0,33-0,36)$ НВ, для сплавів міді $\sigma_{\text{тимч.}}=0,45\text{НВ}$, алюмінієвих $\sigma_{\text{тимч.}}=0,35\text{НВ}$. Міцність сірого чавуну можна приблизно оцінити за співвідношенням:

$$\sigma_{\text{тимч.}} = \frac{HB - 40}{6}$$

Метод Брінелля полягає в тім, що загартована сталева кулька діаметром 10; 5 або 2,5 мм вдавлюється в поверхню металу під різним навантаженням: 3000, 1000, 750, 250 кгс (або МПа). Діаметр кульки та навантаження (Р) вибирають в залежності від матеріалу. Для незагартованої сталі та чавуну діаметр кульки 10 мм, а Р=3000, або 1000 кгс, для кольорових сплавів Р=1000 або 500 кгс. Потім вимірюють діаметр відбитка, який утворився на поверхні, і по таблицям визначають твердість. Позначення: НВ200.

Метод Роквелла полягає в тім, що вдавлюється загартована сталева кулька Ø 1,58мм, при навантаженні 100 кгс (для порівнянно м'яких металів), або алмазний конус при навантаженнях 60 або 150 кгс (відповідно 600 або 1500 МПа) для твердих металів, наприклад загартованих сталей. Позначення відповідно: HRВ, HRA, HRC.

Методом Віккерса, де індентором служить алмазна піраміда, можна вимірювати твердість дуже тонких шарів металів (десяті долі мм)

2. ВИВЧЕННЯ БУДОВИ МЕТАЛІВ

Для вивчення будови металів застосовують макроскопічний та мікроскопічний метод аналізу.

Макроскопічний метод (макроаналіз) полягає у вивченні будови металів і сплавів неозброєним оком та за допомогою лупи зі збільшенням до 30-40 разів.

Будова металів, вивчена за цим методом, називається **макроструктурою**.

Макроаналіз дозволяє визначити:

а) порушення суцільності металу: усадкові рихлоти, газові пузири 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 будова литва);

в) хімічну неоднорідність розподілу деяких елементів у сплаві (ліквацію);

г) неоднорідність сплаву, викликану термічною, хіміко-термічною або термомеханічною обробками, наприклад, зону цементації, поверхнєве гартування та ін;

д) неоднорідність будови сплаву, викликану його наступною обробкою тиском, - фігури течі металу, волокнистість.

Макроаналіз за зломом. Під час вивчення вигляду злому можна встановити характер руйнування деталей (крихке, в'язке або від втомленості), структурну й хімічну неоднорідність, як наслідок термічної або хіміко-термічної обробки. В площині злому 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 світові промені відбиваються по-різному. Елементи, котрі протравилились більше, будуть темними, а протравлені менше – світлими.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Визначити твердість матеріалів і дані занести в таблицю 1.
2. Вивчити заданий злам металу, дати йому повну характеристику і замалювати.
3. Дослідити макрошліфи заданих деталей, змалювати, вказати спосіб виготовлення (литвом, штампуванням, різанням і т.д.).

4. 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. Результати вимірювання твердості (таблиця 1).
3. Схема злому металу і його характеристика.
4. Ескіз макрошліфа і його характеристика.
5. Схеми мікроструктур досліджених зразків.

ЗАПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке твердість, міцність, пластичність?
2. Для визначення твердості яких матеріалів слід застосовувати метод Брінелля або Роквелла.
3. Дати характеристику крихких зламів.
4. Яка технологія виготовлення макро- і мікрошліфів.
5. Що вивчають методами макро- і мікроаналізу.
6. Які фактори впливають на величину зерна при кристалізації.

Лабораторна робота №2

ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ У РІВНОВАЗІ

- Мета роботи:** 1. Вивчити мікроструктуру вуглецевих сталей та її дефекти.
2. Виявити вплив вуглецю на твердість сталей.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

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 – доевтектоїдними сталями і від 0,8 до 2,14%С – заевтектоїдними 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 доевтектоїдної 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 доєвтектоїдної та вторинного цементиту заєвтектоїдної 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.

ЗАВДАННЯ І 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 доєвтектоїдній сталі, та перліту і цементиту в заєвтектоїдній, визначити кількість вуглецю в сталі, написати її марку і застосування.

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

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

де 0,8 – кількість вуглецю в перліті, а 6,67 – в цементиті (в %), $P_{\text{п}}$ і $P_{\text{ц}}$ 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.

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва роботи.

2. Мета роботи.

1. 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 – доєвтектоїдна (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.

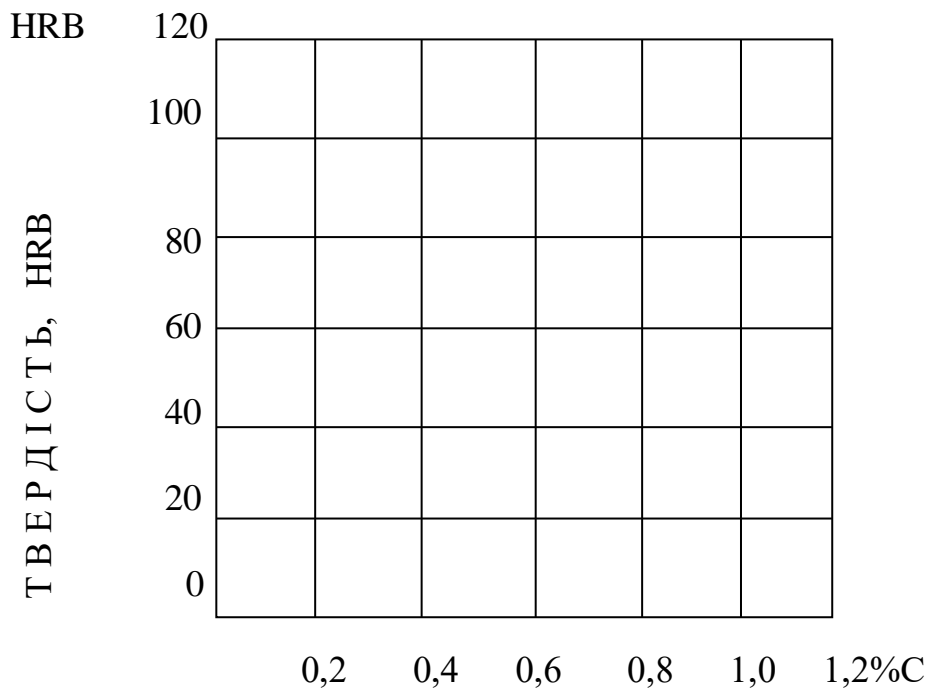
Застосування: вали, вісі, важелі, шатуни.

4. Схеми дефектів мікроструктур (2 зразка), де вказати вид дефекту, причину виникнення і вплив на властивості.

1. Результати вимірювання твердості (табл. і графік) з поясненням впливу вуглецю на твердість сталей.

Таблиця 1 – Результати вимірювання твердості

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



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.

Лабораторна робота № 3

ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАВУНІВ

Мета роботи: 1. Вивчити структуру чавунів під мікроскопом. 2. Навчитись за структурою розподіляти чавуни на білі, сірі, ковкі й високоміцні. 3. Дослідити вплив структури металевої основи на механічні властивості чавунів.

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

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 доєвтектичного методом графітізуючого відпалу.

ПОЗНАЧЕННЯ МАРОК І ЗАСТОСУВАННЯ ЧАВУНІВ

Звичайний сірий чавун позначають буквами СЧ (сірий чавун), а далі число, яке вказує границю міцності при розтягу (кгс/мм^2 , або МПа). Наприклад, СЧ10 означає сірий чавун, 10 кгс/мм^2 – 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 класифікацію і маркування чавунів.
2. Під мікроскопом дослідити мікрошліфи білих і сірих чавунів (без травлення і протравлених), визначити їх тип, структурні складові і застосування.
3. Виміряти твердість зразків (чотири).
4. Виявити вплив структури металевої основи на твердість і міцність чавунів.

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

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

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

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

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Різниця між сталями та чавунами.
2. Які форми графіту можуть бути у чавунів?
3. Яка може бути структура металевої основи чавунів.
4. Які фактори впливають на формування структури чавунів?
5. На які механічні властивості і як впливає форма графіту та структура металевої основи чавунів?
6. Що позначають букви і числа в марках чавунів?
7. Для виготовлення яких деталей застосовують відповідно сірі, ковкі, високоміцні чавуни?
8. З якою метою проводять модифікування чавунів?
9. Методи одержання ковких і високоміцних чавунів.

Лабораторна робота № 4

ГАРТУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ І ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Мета роботи: 1. Ознайомитись з практикою гартування. 2. Дослідити вплив температури нагрівання і швидкості охолодження на структуру і властивості сталей.

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, утворяться структури: мартенсит в доевтектоїдних і евтектоїдних та мартенсит, цементит вторинний і певна кількість залишкового аустеніту в заевтектоїдних.

При нагріванні доевтектоїдних сталей тільки вище т. Ас₁ утвориться структура аустеніт і феррит. При охолодженні аустеніт перетвориться в мартенсит а феррит 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 крупногольчастого мартенситу, збільшення кількості залишкового аустеніту, що приводить до зменшення твердості і підвищення крихкості.

Легуючі елементи впливають на положення критичних точок A_{c1} ; A_{c3} ; A_{cm} : 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 (т. M_p і M_f) до більш низьких значень, що приводить до збільшення кількості залишкового аустеніту. Гартування з температур, вищих за т. A_{c1} називається неповним, а з температур, в вищих за т. A_{c3} або A_{cm} – повним.

Вуглець підвищує загартовуваність сталей, а легуючі елементи на твердість суттєво не впливають. Але практично всі легуючі елементи збільшують прогартуваність 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 $600^\circ\text{C}/\text{с}$., мінеральні масла $150-180^\circ\text{C}/\text{с}$., повітря – $10^\circ\text{C}/\text{с}$.

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 – Визначення оптимальних температур гартування

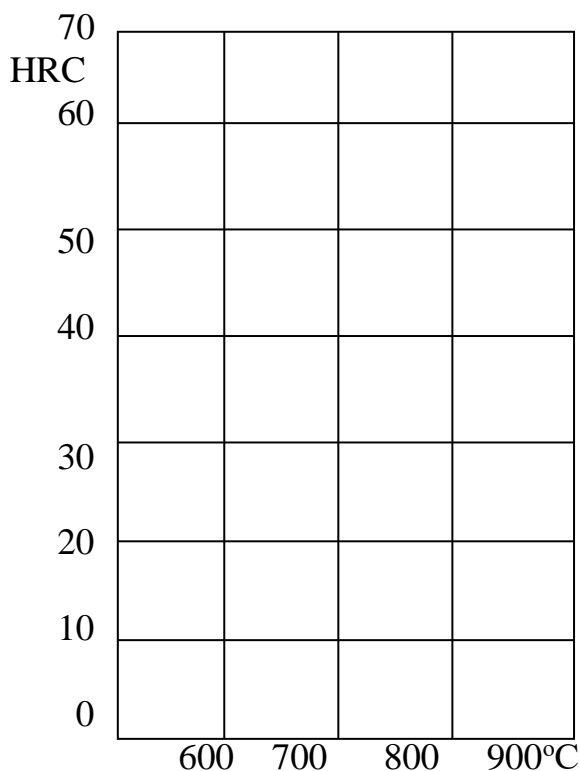
Марка сталі	Характеристика	Первинна	Після гартування з температури, °C		
			770	840	900
45	Твердість, HRB, (HRC)				
	Структура				
У10	Твердість, HRB, (HRC)				
	Структура				

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

Таблиця 2 – Визначення оптимальних середовищ охолодження

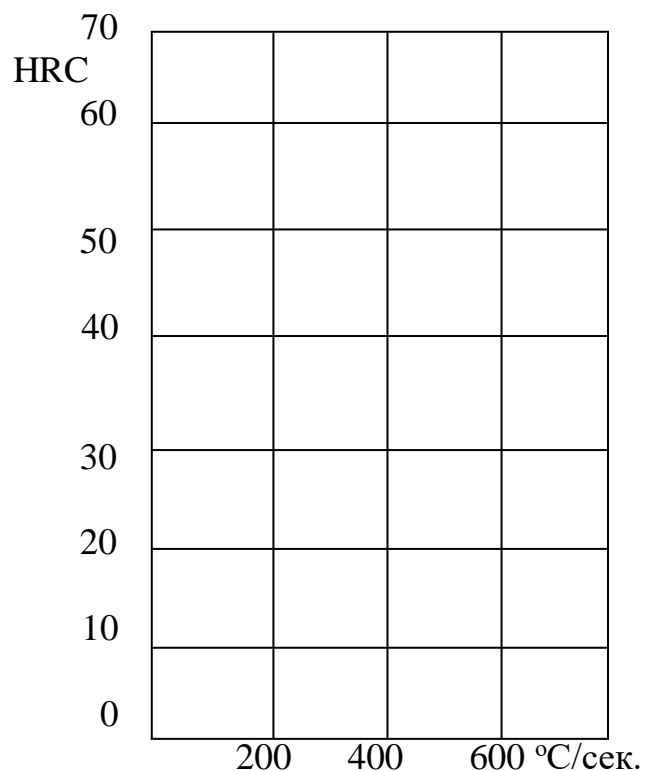
Марка сталі	Оптимальна температура гартування	Середовище і швидкість охолодження					
		Вода, 600°C/с.		Масло, 150°C/с.		Повітря, 10°C/с.	
		HRC	Структура	HRC	Структура	HRC	Структура
У10							
9XC							
40X13							

5. Графіки залежності твердості сталей від температури нагрівання ($^{\circ}\text{C}/\text{с.}$) та швидкості охолодження ($^{\circ}\text{C}/\text{с.}$) (рис. 1, 2).



Температура нагрівання

Рисунок 1



Швидкість охолодження

Рисунок 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?

Лабораторна робота № 5

ВІДПУСКАННЯ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ

Мета роботи: 1. Ознайомитись з відпусканням загартованих сталей. 2. Дослідити вплив температури відпускання на твердість загартованих вуглецевих і легованих сталей. 3. Оцінити теплостійкість інструментальних сплавів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Відпускання – це вид термічної обробки, який полягає в нагріванні загартованих 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 $150...200^{\circ}\text{C}$ мартенсит частково збіднюється на вуглець у вигляді карбідів, напруження і крихкість зменшуються, а твердість практично не змінюється. Утворюється так званий мартенсит відпускання. При температурах $200...300^{\circ}\text{C}$ залишковий аустеніт перетворюється в мартенсит відпускання. Це може привести, при значній його кількості до підвищення твердості і збільшення розмірів. При температурах $300-400^{\circ}\text{C}$ відбувається повний розпад мартенситу на дрібнодисперсну феритно-цементитну (феритно-карбідну) суміш – тростит відпускання. Подальше нагрівання до $500-650^{\circ}\text{C}$ 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 $520...570^{\circ}\text{C}$, а розпад мартенситу починається вище $650...670^{\circ}\text{C}$. Тож властивість сталей зберігати твердість з підвищенням температури називається **теплостійкістю**.

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

При низькому відпусканні ($150...250^{\circ}\text{C}$), 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 ($350...450^{\circ}\text{C}$) утворюється структура троститу відпускання, твердість $40...45$ HRC. Призначається переважно для ресор та пружин з метою надання міцності і пружності.

При високому відпусканні ($500...650^{\circ}\text{C}$) 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 легованих 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 ($-30 \div -70^\circ\text{C}$). Після обробки холодом призначають низьке відпускання для усунення напружень.

ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Виконати відпускання загартованих вуглецевих і легованих 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

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Режими гартування і відповідні структури сталей, які досліджувались (табл. 1).

Таблиця 1

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

4. Підсумки досліджень:

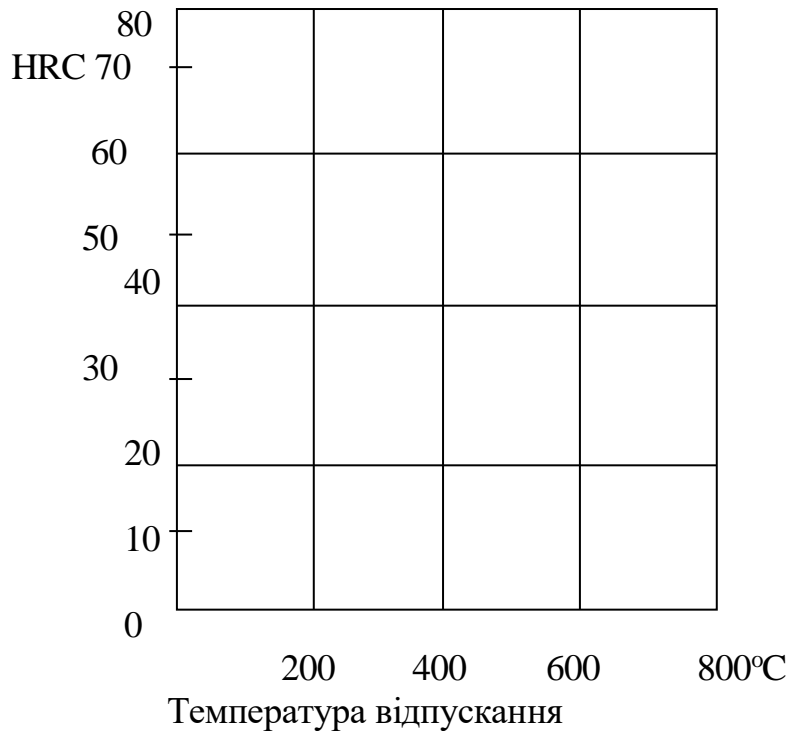
- а) твердість і структури сталей після відпускання (табл. 2).

Таблиця 2 –

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

P18	Твердість, HRC					
	Структура					
BK6	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 № 6

ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛІ

Мета роботи: ознайомитися з основними методами поверхневого зміцнення і вивчити структури після різних видів хіміко-термічної обробки сталей.

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Деякі деталі машин працюють в умовах зношувальності поверхні (наприклад вали, вісі, зубчасті колеса, поршневі пальці, пальці гусеничних траків та ін.). Вони повинні мати високу твердість та зносостійкість поверхні і в'язку середину. Для надання таких властивостей застосовують методи поверхневого та об'ємно-поверхневого зміцнення. Найбільш поширені методи: поверхневе гартування і хіміко-термічна обробка (ХТО)

Поверхневе гартування полягає в нагріванні певним джерелом енергії невеликого (кілька мм) поверхневого шару виробу і наступному охолодженні. Найбільш часто застосовують індукційне нагрівання струмами високої частоти (СВЧ) та полуменеве.

При використанні струменів високої частоти вироби розміщують в спеціальному пристрої – індукторі. Він являє собою один або декілька витків мідної трубки, яка охолоджується водою. Через індуктор проходить струм високої частоти (500-500 000 Гц), який утворює змінне електромагнітне поле. Якщо розмістити в цьому полі сталеву деталь, то в ній індукуються так звані вихрові струми, які мають поверхневий ефект і інтенсивно та швидко нагрівають поверхню. Глибина проникнення струму має зворотню пропорційність від частоти. На практиці при постійній частоті струму глибину нагрівання регулюють часом витримки деталі в індукторі. Охолоджують у воді, або маслі. Оскільки швидкість нагрівання велика $160\div 300^{\circ}\text{C}/\text{с}$, то для забезпечення структурних перетворень сталі необхідно нагрівати вище критичних точок A_{c1} , або A_{c3} на $100\text{-}150^{\circ}\text{C}$.

При полуменовому гартуванні поверхневі шари нагрівають ацетилено-кисневим полум'ям і швидко охолоджують водяним душем. Така технологія не завжди

забезпечує рівномірну по поверхні твердість, вимагає високої кваліфікації робітника і використовується в індивідуальному виробництві.

Хіміко-термічна обробка (ХТО) полягає в дифузійному насиченні поверхневих шарів металів різними хімічними елементами (неметалами або металами) в поєднанні з термічною обробкою, внаслідок чого змінюється хімічний склад, структура і властивості поверхні. Основні види хіміко-термічної обробки: цементация, азотування, нітроцементация та ціанування, борування, сіліціювання, а також дифузійна металізація.

Цементация – це процес насичення поверхні сталей вуглецем. Цементация піддають вуглецеві і леговані сталі з вмістом вуглецю 0,10-0,30%. Насичують вуглецем як в твердому так і газоподібному середовищі (карбюризаторі). Кількість вуглецю в поверхневому шарі після цементация досягає 0,8-1%. Після цементация проводять гартування і низьке відпускання. На поверхні утворюється високовуглецевий мартенсит з твердістю 58-63 HRC, а в середині, в залежності від хімічного складу сталей та розмірів деталей – маловуглецевий мартенсит, або мартенсит і ферит чи сорбіт, з твердістю 20-30 HRC.

Азотування – це процес насичення поверхні сталей азотом. Піддають азотуванню середньовуглецеві (0,35÷0,50%С) леговані сталі, в складі яких є молібден, хром, ванадій, алюміній (наприклад 38Х2МЮА), в середовищі аміаку (NH₃). Перед азотуванням деталі піддають термічному поліпшенню. Температура азотування 520-560°C. Азотований шар має глибину 0,2÷0,6 мм твердість 700-1200 HV, (58-72 HRC), яка зберігається при робочих температурах до 600°C. З підвищенням температури процесу твердість зменшується, але підвищується корозійна стійкість в атмосфері, морській воді.

Застосовують азотування для деталей, які повинні мати високу точність, твердість і зносостійкість як, наприклад, штоки, гільзи циліндрів, зубчасті колеса, розпилювачі, деталі гідромашин та ін.

Ціанування і нітроцементация – це процес одночасного насичення поверхні сталей вуглецем і азотом. При ціануванні використовують розплави солей, які мають в своєму складі групу NaCN, а при нітроцементация – суміш аміаку з газами, які

мають в складі вуглець (СО,СН₄ та ін.). Після ціанування і нітроцементациї проводять гартування і низьке відпускання.

Дифузійна металізація – це процес насичення поверхневих шарів різними металами з метою надання спеціальних фізико-хімічних властивостей. Найбільш поширені види: дифузійне хромування – для корозійної стійкості, окалиностійкості а також і зносостійкості, алітування – для підвищення окалиностійкості. Хромування використовують для пароводяної арматури, клапанів, патрубків, вентилів, а також деталей, які працюють на зношення в агресивних середовищах. Алітування – для деталей газогенераторних машин, клапанів, стійкості проти корозії в атмосфері і морській воді.

ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Дослідити мікроструктури сталей після цементациї, азотування і дифузійного хромування.
2. Заміряти твердість (HRC) зразків після цементациї, гартування і низького відпускання.

СХЕМА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Схеми мікроструктур з вказанням матеріалу, виду ХТО, її призначення та режимів, а також приклади застосування.
4. Підсумки досліджень: визначення глибини цементациї й характеру зміни твердості після комплексної обробки (цементация, гартування, низьке відпускання (див. таблицю).
5. Підсумки роботи.

Мікроструктури після хіміко-термічної обробки (ХТО) з повним описом режимів (три зразки).

Марка сталі.

Вид ХТО, її мета.

Режим ХТО.

Застосування.

Марка сталі	Вид обробки	Твердість	Відстань від поверхні, мм					
			0	1	2	3	4	5
	Цементация, гартування, низьке відпускання	HRC						

Графік зміни твердості (рис. 1).

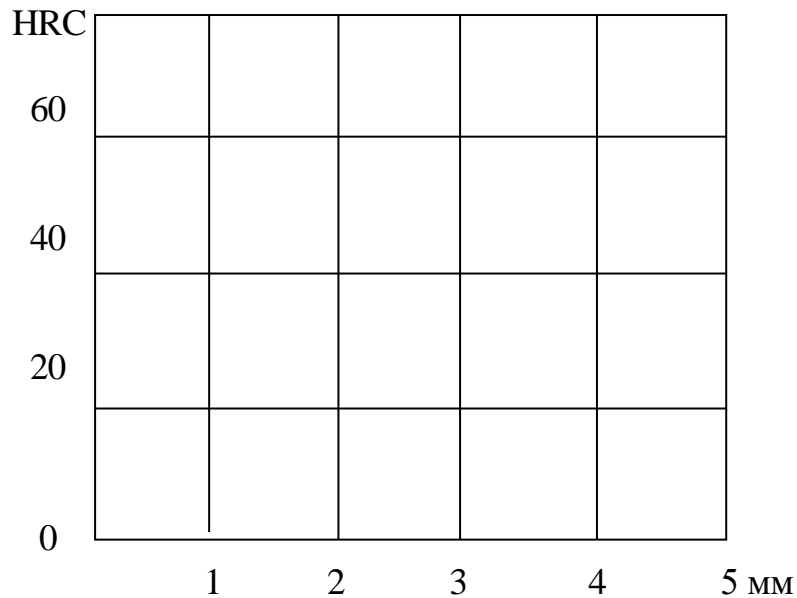


Рис. 1
ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У яких випадках застосовується поверхневе зміцнення?
2. Які існують способи поверхневого гартування?
3. У чому різниця між термічною й хіміко-термічною обробками?
4. Що таке цементация, азотування, нітроцементация?
5. Які фактори впливають на ефективність процесів ХТО?
6. З якою метою проводять дифузійне хромування, алітування?

Лабораторна робота № 7

ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Мета роботи: Навчитися визначати хімічний склад, структуру, властивості легованих сталей та їх призначення.

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

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 прогартуваності. 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, 12ХН3А, 25ХНР.
 - 2.1.2. Середньовуглецеві, які піддаються поліпшенню: 35ХГСА, 40Х, 45Г2.
 - 2.1.3. Ресорно-пружинні: 55С2, 60Г, 60С2ХФА, 65С2ВА.
 - 2.1.4. Шарикопідшипникові: ШХ9, ШХ15 (0,9% і 1,5% хрому відповідно).
 - 2.1.5. 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 $(Fe, Cr)_2O_3$, SiO_2 , Al_2O_3 .

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 перетворюватись в мартенсит деформації за рахунок енергії ударів, що призводить до підвищення твердості й опору зношенню.

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 легуваних 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.		

ЗАВДАННЯ І ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

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: доевтектоїдна 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.

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.

Список рекомендованої літератури

1. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Львів. 2000р.
2. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство / В. Попович, В. Голубець. – Суми. 2002р.
3. Лахтин Ю.М. Материаловедение / Ю.М.Лахтин, В.П.Леоньева.- М.: Машиностроение, 1980.- 493с.
4. Гуляев А.П. Металловедение / А. П. Гуляев. - М.: Металлургия, 1986.- 544с.
5. Арзамасова Б.Н. Материаловедение / Под ред. Б.Н. Арзамасова. М. МГТУ. 2002 г.
6. Сологуб М.А. Технологія конструкційних матеріалів. Навчальний посібник для вузів – К.: Вища школа, 2002. 379.
7. Дальський А.М. Технологія конструкційних матеріалів 1990 352 с.

Навчально-методичне видання

Матеріалознавство та термічна обробка зварних з'єднань

Методичні рекомендації

до лабораторних робіт для студентів
напряму спеціальності 132 – "Матеріалознавство"

О.В. Кузик,

В.М. Кропівний,

А.В. Кропівна,

Л.А. Молокост

Здано до тиражування _____. Підписано до друку _____.

Формат 60x84 1/16(A5). Папір газетний. Ум. друк. арк. 4,0. Тираж 50 прим. Зам.

№ ____/2018 р.

КНТУ, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8.

Тел.: 39-04-55