

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної роботи

з навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки»

для студентів денної та заочної форм навчання

за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 19.02.2026 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2026

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» / уклад.: О. Є. Бармін, Г. А. Федоренко. – Харків : НТУ «ХП», 2026. – 66 с.

Укладачі: О. Є. Бармін
Г. А. Федоренко

Рецензент: В. В. Дмитрик

Кафедра «Матеріалознавство»

ВСТУП

Самостійна робота студента (СРС) – це навчальна діяльність студента, яка планується та виконується за завданням під методичним керівництвом і контролем викладача, але без його прямої участі. Самостійна робота студента, яка є суттєвим елементом навчального процесу поряд з аудиторним навчанням, набуває великого значення, особливо в умовах навчання відповідно до вимог до навчального процесу. СРС формує навички безперервної освіти та самостійної діяльності взагалі, що є конче необхідним у будь-якій професійній діяльності, виробляє здатність самостійно приймати оптимальні рішення.

Програмою навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки» передбачено виконання самостійної позааудиторної роботи студентів. Під час вивчення запропонованих питань студенти вчаться працювати з літературними та нормативними джерелами інформації, узагальнювати та стисло викладати вивчене. Запропоновані форми виконання самостійної роботи сприяють формуванню творчого відношення до навчання.

Процес виконання самостійної позааудиторної роботи студентів можна умовно поділити на два етапи:

- 1) пошук та опрацювання рекомендованої літератури;
- 2) узагальнення обробленої інформації у вигляді схем, конспектів, планів-характеристик, тез, таблиць; виконання лабораторних робіт.

Для виконання самостійної роботи студентам рекомендована література з навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки».

В процесі опрацювання літератури бажано робити нотатки на окремих аркушах паперу або в електронному вигляді. При цьому необхідно зазначити відомості про літературні джерела: автора, назву, видавництво, рік видання, сторінки. Зазначені дані необхідно занести до переліку використаної літератури.

1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Згідно з освітньою «Прикладне матеріалознавство, новітні технології та комп'ютерний дизайн матеріалів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» передбачена самостійна робота з навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки».

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» складені відповідно до навчального плану та робочої програми вивчення навчальної дисципліни .

Метою самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки» є закріплення теоретичних знань, розвиток навичок самостійної роботи зі спеціальною літературою, оволодіння і поглиблення практичного досвіду з вирішенням поставлених завдань, а також формування навичок самостійного творчого пошуку, інтерпретації та використання інформації для вирішення окремих практичних питань.

Самостійна робота студента є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Самостійна робота студента включає: вивчення лекційного матеріалу; опрацювання рекомендованої літератури; вивчення основних термінів та понять за темами навчальної дисципліни ; підготовку до практичних занять, тестування, проміжний та підсумковий контроль; виконання індивідуального завдання (розрахункового завдання); контрольну перевірку кожним студентом особистих знань за допомогою питань для самоконтролю.

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Тема 1. ВСТУП.

Мета лекції

1. Ознайомитися із значенням термічної обробки металів у забезпеченні підвищення ефективності промислового виробництва, історичним аспектом розвитку теорії та технології термічної обробки, фазовими перетвореннями в металах та металевих сплавах, основними теоретичними положеннями фазових перетворень (термодинамікою процесу утворення зародків нових фаз та закономірностями їх зростання).

План лекції (навчальні питання):

- 1.1. Значення термічної обробки металів у забезпеченні підвищення ефективності промислового виробництва.
- 1.2. Історичний аспект розвитку теорії та технології термічної обробки.
- 1.3. Фазові перетворення в металах та металевих сплавах.
- 1.4. Основні теоретичні положення фазових перетворень (термодинаміка процесу утворення зародків нових фаз та закономірності їх зростання).

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Фазові перетворення в сталях.

Рекомендована література: [1–3].

Питання і завдання

1. Що ви розумієте під терміном «термічна обробка»?
2. З яких основних етапів складається кожен вид термічної обробки?
3. Перелічити основні види термічної обробки?
4. Пояснити призначення термічної обробки.

5. Які критичні точки на діаграмі залізо-вуглець Ви знаєте?
6. Яке фізичне явище контролює утворення аустеніту?

Тема 2. УТВОРЕННЯ АУСТЕНІТУ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з механізмами і кінетикою утворення аустеніту, впливом легуючих елементів, характеру структури та швидкості нагріву на кінетику утворення аустеніту.

2. Ознайомитися з розміром зерна аустеніту в сталі, зростанням зерна аустеніту з підвищенням температури нагріву, кінетикою зростання спадководрібнозернистих та спадковокрупнозернистих сталей, впливом легуючих елементів та інших факторів на схильність зерна сталі до зростання.

План лекції (навчальні питання):

2.1. Механізм і кінетика утворення аустеніту.

2.2. Вплив легуючих елементів, характеру структури та швидкості нагріву на кінетику утворення аустеніту.

2.3. Розмір зерна аустеніту в сталі.

2.4. Зростання зерна аустеніту з підвищенням температури нагріву.

2.5. Кінетика зростання спадководрібнозернистих та спадковокрупнозернистих сталей.

2.6. Вплив легуючих елементів та інших факторів на схильність зерна сталі до зростання.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Структурна спадковість при утворенні аустеніту.
2. Початкове, природне та дійсне зерно.

Рекомендована література: [2–5].

Питання і завдання

1. Пояснити діаграму ізотермічного утворення аустеніту.
2. Пояснити етапи утворення аустеніту.
3. Що таке початкове зерно аустеніту?
4. Як впливає температура нагріву на величину зерна?
5. Пояснити різницю між перегрівом та перепалом.
6. Охарактеризувати вихідне, початкове, дійсне і спадкове зерно.
7. Пояснити утворення аустеніту при нагріві сталі.
8. Механізм утворення зародків аустеніту.
9. Кінетика зростання аустенітного зерна і зародка при перліто-аустенітному перетворенні.
10. Вплив вихідної структури і хімічного складу на швидкість перліто-аустенітного перетворення.
11. Пояснити схему зростання зерна в спадково-крупнозернистій і дрібнозернистій сталях.

Тема 2. УТВОРЕННЯ АУСТЕНІТУ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з методами виявлення та оцінки розміру зерна в сталі, вплив розміру зерна на властивості сталей, фазовим переходом $\alpha \rightarrow \gamma$ та зміною розміру зерна, технологічними засобами для здрібнення зерна (нагрів вище A_{c3} точки “В” Чернова, термоциклування та ін.).

План лекції (навчальні питання):

- 2.7. Методи виявлення та оцінки розміру зерна в сталі.
- 2.8. Вплив розміру зерна на властивості сталей.
- 2.9. Фазовий перехід $\alpha \rightarrow \gamma$ та зміна розміру зерна.
- 2.10. Технологічні засоби для здрібнення зерна (нагрів вище A_{c3} точки “В” Чернова, термоциклування та ін.).

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Рекомендована література: [2–5].

Питання і завдання

1. Вплив величини зерна на властивості сталі.
2. Вплив вихідної структури на схильність зерна до зростання.
3. Сутність різних методів виявлення величини зерна.
4. Принцип побудови стандартної шкали зернистості.
5. Технологічні засоби здрібнення зерна.

Тема 3. ПЕРЕТВОРЕННЯ АУСТЕНІТУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ. (ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ).

Мета лекції

1. Ознайомитися з термодинамікою та дифузійними умовами розпаду аустеніту, трьома основними перетвореннями.
2. Ознайомитися з ізотермічними перетворенням переохолодженого аустеніту, С-діаграмами евтектоїдних до- та заевтектоїдних сталей.

План лекції (навчальні питання):

- 3.1. Термодинаміка та дифузійні умови розпаду аустеніту.
- 3.2. Три основні перетворення.
- 3.3. Ізотермічне перетворення переохолодженого аустеніту.
- 3.4. С-діаграми евтектоїдних до- та заевтектоїдних сталей.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Методика вивчення розпаду аустеніту.

Рекомендована література: [3–5].

Питання і завдання

1. Як впливає швидкість охолодження на ступінь переохолодження та характер продуктів розпадань переохолодженого аустеніту?
2. Які три перетворення зазнає переохолоджений аустеніт, температурний інтервал та загальна характеристика цих перетворювань?
3. Як та які фактори впливають на стійкість переохолодженого аустеніту?
4. З використанням яких методів будуються діаграми ізотермічного розпадань переохолодженого аустеніту (С-діаграми)?
5. Які параметри термообробки сталі можна оцінити з використанням С-діаграм?
6. Чим відрізняються структури сталей після охолодження на повітрі та разом з піччю?
7. Розмістити охолоджувальні середовища за ступенем збільшення їх охолоджувальної здатності.

Тема 3. ПЕРЕТВОРЕННЯ АУСТЕНІТУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ. (ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ).

Мета лекції

1. Ознайомитися з квазіевтектоїдом та умовами його утворення, впливом легуючих елементів на ізотермічне перетворення аустеніту.
2. Ознайомитися з перетворенням аустеніту при безперервному охолодженні, термодинамічними (анізотермічними) діаграмами розпаду аустеніту, вуглецевих та легуваних сталей.

План лекції (навчальні питання):

- 3.5. Квазіевтектоїд та умови його утворення.
- 3.6. Вплив легуючих елементів на ізотермічне перетворення аустеніту.
- 3.7. Перетворення аустеніту при безперервному охолодженні.
- 3.8. Термодинамічні (анізотермічні) діаграми розпаду аустеніту, вуглецевих та легуваних сталей.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Пізнавальна та практична цінність ізотермічних та термокінетичних діаграм.
2. Приклади використання діаграм для призначення температурно-часових параметрів технологічних процесів.

Рекомендована література: [3–5].

Питання і завдання

1. Що таке квазіевтектоїд?
2. Умови утворення квазіевтектоїда.
3. Вплив легуючих елементів на перетворення аустеніту при ізотермічному охолодженні.
4. Використання ізотермічних та термокінетичних діаграм для призначення режимів термічної обробки.

Тема 4. ПЕРЛІТНЕ (ДИФУЗІЙНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ) АУСТЕНІТУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з механізмом та кінетикою перлітного перетворення, структурами: перліт, троостит, властивостями продуктів перлітного розпаду вуглецевих та легованих сталей, впливом легуючих елементів на перлітне перетворення.

План лекції (навчальні питання):

- 4.1. Механізм та кінетика перлітного перетворення.
- 4.2. Структури: перліт, троостит.
- 4.3. Властивості продуктів перлітного розпаду вуглецевих та легованих сталей.

4.4. Вплив легуючих елементів на перлітне перетворення.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Умови охолодження при перлітному перетворенні. Відпал. Нормалізація. Сорбітизація.

Рекомендована література: [5–7].

Питання і завдання

1. Що таке перліт?
2. Охарактеризувати будову і властивості структур перлітного типу.
3. Пояснити механізм та кінетику перетворення $A \rightarrow P$ при охолодженні сталей.
4. Пояснити вплив швидкості охолодження на формування структури та властивостей у виливках та поковках сталі 45.
5. Який вплив мають легуючі елементи на перлітне перетворення?
6. Яку назву можуть мати ферито-цементитні суміші, які утворюються з аустеніту у процесі охолодження ?

Тема 5. ВІДПАЛ СТАЛЕЙ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з ціллю та різноманітностями: гомогенізаційним, рекристалізаційним та зменшуючим напруження відпалом, основними параметрами відпалу I роду, температурами нагріву та час видержки, прикладами режимів окремих видів відпалу, відпалом II роду, метою та його різноманітностями: повним та неповним відпалом доєвтектоїдних сталей, відпалом на зернистий перліт заєвтектоїдних сталей.

План лекції (навчальні питання):

5.1. Ціль та різноманітності: гомогенізаційний, рекристалізаційний та зменшувачий напруження відпал.

5.2. Основні параметри відпалу I роду, температури нагріву та час видержки.

5.3. Приклади режимів окремих видів відпалу.

5.4. Відпал II роду.

5.5. Мета та його різноманітності: повний та неповний відпал доевтектоїдних сталей, відпал на зернистий перліт заевтектоїдних сталей.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Нормалізація, мета нормалізації для різних груп вуглецевих та легованих сталей.

Рекомендована література: [3, 5, 8].

Питання і завдання

1. Яку термічну обробку називають відпалом I і II роду?
2. Різновиди відпалу I і II роду.
3. Яке призначення повного відпалу і для яких сталей він проводиться?
4. Особливості відпалу легованих сталей.
5. Який відпал називається ізотермічним?
6. Призначення нормалізації залежно від складу сталі.
7. Які цілі попередньої термічної обробки?
8. Перетворення в сталях при нагріві та охолодженні.
9. Роль дифундування та алотропії у процесі відпалу.
10. Місце відпалу в технологічному процесі термічної обробки.

Тема 6. МАРТЕНСИТНЕ (БЕЗДИФУЗІЙНЕ) ПЕРЕТВОРЕННЯ АУСТЕНІТУ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з основними особливостями мартенситного перетворення, зрушуючим механізмом перебудови решітки.

План лекції (навчальні питання):

6.1. Основні особливості мартенситного перетворення.

6.2. Зрушуючий механізм перебудови решітки.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Додаткова деформація при мартенситному перетворенні.

Рекомендована література: [3, 5, 9].

Питання і завдання

1. Що таке аустеніт та мартенсит?
2. Особливості мартенситного перетворення.
3. Що таке мартенситне перетворення, і чому воно вважається бездифузійним?
4. Які основні характеристики кристалічної структури мартенситу?
5. Чим відрізняється мартенситне перетворення від дифузійних фазових перетворень?
6. Які основні механізми перетворення аустеніту в мартенсит?

Тема 6. МАРТЕНСИТНЕ (БЕЗДИФУЗІЙНЕ) ПЕРЕТВОРЕННЯ АУСТЕНІТУ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з кінетикою мартенситного перетворення, температурним інтервалом $M_n - M_k$, впливом вуглецю та легуючих елементів на інтервал $M_p - M_k$. (Мартенситною діаграмою), стабілізацією аустеніту, впливом деформації на мартенситне перетворення, структурою та властивостями мартенситу, морфологічними типами мартенситу: пластинковим та пакетним (рейковим) мартенситом.

План лекції (навчальні питання):

- 6.3. Кінетика мартенситного перетворення.
- 6.4. Температурний інтервал $M_n - M_k$
- 6.5. Вплив вуглецю та легуючих елементів на інтервал $M_p - M_k$. (Мартенситна діаграма).
- 6.6. Стабілізація аустеніту.
- 6.7. Вплив деформації на мартенситне перетворення.
- 6.8. Структура та властивості мартенситу.
- 6.9. Морфологічні типи мартенситу: пластинковий та пакетний (рейковий) мартенсит.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Природа високої міцності продуктів мартенситного перетворення.

Рекомендована література: [3, 5, 9].

Питання і завдання

1. Структура мартенситу після гартування.
2. Вплив температури нагріву на перетворення мартенситу.

3. Як впливає швидкість охолодження на утворення мартенситу?
4. Які типи мартенситу можуть утворюватися залежно від складу сталі?
5. Що таке температура початку (M_p) і завершення (M_f) мартенситного перетворення?
6. Як легуючі елементи впливають на температуру M_p і M_f ?
7. Який зв'язок між рівнем напружень у матеріалі та мартенситним перетворенням?
8. Що таке залишковий аустеніт, і як його кількість впливає на властивості сталі?
9. Як твердість і міцність сталі змінюються під час утворення мартенситу?
10. Які методи використовуються для дослідження мартенситної структури?
11. Як мартенситне перетворення впливає на пластичність та ударну в'язкість сталі?

Тема 7. ГАРТУВАННЯ СТАЛІ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з метою гартування, вибором температур нагріву під гартування для вуглецевих та легованих сталей, нагрівальними середовищами та їх характеристикою, умовами охолодження при гартуванні.
2. Ознайомитися з внутрішніми напруженнями та засобами гартування: гартуванням з підстужуванням, гартуванням у двох середовищах, східчастим та ізотермічним гартуванням.

План лекції (навчальні питання):

- 7.1. Мета гартування.
- 7.2. Вибір температур нагріву під гартування для вуглецевих та легованих сталей.
- 7.3. Нагрівальні середовища та їх характеристика.
- 7.4. Умови охолодження при гартуванні.
- 7.5. Внутрішні напруження та засоби гартування: гартування з підстужуванням, гартування у двох середовищах, східчасте та ізотермічне гартування.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Охолоджувальні середовища та їх характеристики. Критична швидкість охолодження ($V_{кр}$), фактори які впливають на ($V_{кр}$).

Рекомендована література: [1–12].

Питання і завдання

1. Що таке гартування та яка його мета?
2. Який принцип вибирання температури нагріву під гартування?
3. Що таке критична швидкість охолодження ?
4. Проаналізувати режим проведення гартування для доевтектоїдної сталі.
5. Пояснити режим проведення гартування для заевтектоїдних сталей.
6. Визначити режим проведення гартування для сталей наступних марок Сталь 40, У11, ВСт4пс, Сталь 20, У15. 38.

Тема 7. ГАРТУВАННЯ СТАЛІ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з бейнітним (проміжним) перетворенням, особливостями кінетики перетворення, будовою та властивостями структури бейнітного типу.

Ознайомитися із загартованістю та прогартовуваністю сталей – як основними технологічними характеристиками сталей, які визначають вибір матеріалу для конкретних виробів.

План лекції (навчальні питання):

- 7.6. Бейнітне (проміжне) перетворення.
- 7.7. Особливості кінетики перетворення.
- 7.8. Будова та властивості структури бейнітного типу.

7.9. Загартованість та прогартовуваність сталей.

7.10. Загартованість та прогартовуваність – основні технологічні характеристики сталей, які визначають вибір матеріалу для конкретних виробів.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Фактори визначаючі загартовуваність та прогартовуваність сталей.
2. Критерії та методи визначення прогартовуваності.

Рекомендована література: [3, 5, 10].

Питання і завдання

1. Що таке бейніт?
2. Структура та властивості бейніту.
3. Поняття про загартовуваність сталі, від чого вона залежить.
4. Прогартовуваність сталей та від чого вона залежить.
5. Вплив критичної швидкості гартування на прогартовуваність сталі.
6. Як впливає прогартовуваність на структуру та механічні властивості виробу з конструкційних марок сталей ?
7. Методи визначення прогартовуваності сталі.
8. Сутність торцевого методу визначення прогартовуваності сталі. Методика користування номограмою для визначення прогартовуваності.

Тема 8. ВІДПУСК ЗАГАРТОВАНОЇ СТАЛІ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з метою відпуску, структурними перетвореннями при відпуску, впливом легуючих елементів на кінетику перетворення при відпуску, властивостями відпущеної сталі, відпускнуо крихкістю та засобами її запобігання.

План лекції (навчальні питання):

- 8.1. Мета відпуску.
- 8.2. Структурні перетворення при відпуску.
- 8.3. Вплив легуючих елементів на кінетику перетворення при відпуску.
- 8.4. Властивості відпущеної сталі.
- 8.5. Відпускна крихкість та засоби її запобігання.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Вибір технологічних параметрів відпуску залежно від складу сталі та умов роботи деталей.

Рекомендована література: [3, 5, 9].

Питання і завдання

1. Який вид термічної обробки називають відпуском?
2. Пояснити призначення відпуску?
3. Охарактеризувати види відпуску?
4. Пояснити перетворення які відбуваються у сталях при низькотемпературному, середньо температурному та високотемпературному відпусках.
5. Пояснити призначення відпуску.
6. Перелічити види відпуску.
7. Проаналізувати фізичну сутність перетворень при низькотемпературному відпуску.
8. Які основні процеси відбуваються із загартованою сталлю при середньо-температурному відпуску.
9. Перелічити структурні стани відпущеної сталі.
10. Як змінюється степінь тетрагональності решітки мартенситу при підвищенні температури відпуску?
11. Чим відрізняються структури мартенситу, троститу, сорбіту та перліту відпуску від подібних структур отриманих з аустеніту при охолодженні.

Тема 9. СТАРІННЯ МЕТАЛЕВИХ СПЛАВІВ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з різноманітністю процесів, узагальнених терміном «старіння», технологічним процесом старіння, засобом стабілізації структури, властивостей та розмірів загартованих та низьковідпущених сталей, старінням – засобом зміцнення металевих сплавів.

План лекції (навчальні питання):

- 9.1. Різноманітність процесів, узагальнених терміном «старіння».
- 9.2. Технологічний процес старіння.
- 9.3. Засіб стабілізації структури, властивостей та розмірів загартованих та низьковідпущених сталей.
- 9.4. Старіння – засіб зміцнення металевих сплавів.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Природне та штучне старіння (дисперсійне твердіння).
2. Теорія старіння.
3. Дисперсійнотвердіючі сталі.
4. Мартенситностаріючі сталі.

Рекомендована література: [5, 8–11].

Питання і завдання

1. Який вид термічної обробки називається старінням ?
2. На які види поділяють старіння сплавів за температурою цього процесу ?
3. Пояснити фізичну сутність процесу природного старіння сплавів.
4. Проаналізувати основні стадії штучного старіння сплавів.
5. Охарактеризувати поняття – зони Гінье і Престона.

6. Пояснити сутність штучного старіння.
7. Пояснити вплив старіння на властивості сплавів.

Тема 9. СТАРІННЯ МЕТАЛЕВИХ СПЛАВІВ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з обробкою загартованих сталей холодом, залишковим аустенітом в загартованих сталях, режимами та ефектом обробки холодом в залежності від положення **крапок** M_p , M_s , M_k , термомеханічною обробкою сталі (ТМО), спадкоємністю при фазових перетвореннях, механізмами зміцнення при ТМО (ВТМО, НТМО, ТМІЗО, ПТМО та інш.), їх технологічними та економічними особливостями.

План лекції (навчальні питання):

- 9.5. Обробка загартованих сталей холодом.
- 9.6. Залишковий аустеніт в загартованих сталях.
- 9.7. Режими та ефект обробки холодом залежно від положення **крапок** M_p , M_s , M_k .
- 9.8. Термомеханічна обробка сталі (ТМО).
- 9.9. Спадкоємність при фазових перетвореннях.
- 9.10. Механізм зміцнення при ТМО (ВТМО, НТМО, ТМІЗО, ПТМО та інш.), їх технологічні та економічні особливості.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Використання ТМО у промисловості.

Рекомендована література: [5, 8–11].

Питання і завдання

1. Яка мета обробки сталей холодом?

2. Причини виникнення залишкового аустеніту в загартованих сталях.
3. Суть, мета та способи механічного зміцнення?
4. У чому полягає ефект зміцнення поверхневою пластичною деформацією?
5. Як обчислити ступінь пластичної деформації за стандартною формулою?
6. На яку глибину при ППД зміцнюється мікроструктура?
7. Методи термомеханічної обробки сталі?

Тема 10. ПОВЕРХНЕВЕ ГАРТУВАННЯ СТАЛІ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з різними способами забезпечення поверхневого гартування, сталями для поверхневого гартування та їх попередньою термічною обробкою, видами поверхневого гартування.

План лекції (навчальні питання):

- 10.1. Різні способи забезпечення поверхневого гартування.
- 10.2. Сталі для поверхневого гартування та їх попередня термічна обробка.
- 10.3. Види поверхневого гартування.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Гартування з нагрівом СВЧ.
2. Особливості структурних перетворень.
3. Властивості після гартування СВЧ.

Рекомендована література: [5, 6, 8, 12].

Питання і завдання

1. Що таке поверхнєве гартування, і в чому полягає його основна мета?
2. Які основні методи поверхневого гартування сталі існують, і які їх переваги?
3. Суть поверхневого гартування струмами високої частоти?
4. Охарактеризувати сутність методу поверхневого гартування.
5. Як впливають температура і тривалість нагріву на глибину та якість загартованого шару?
6. Які типи сталі найкраще підходять для поверхневого гартування і чому?
7. Як поверхнєве гартування впливає на зносостійкість, міцність і пластичність сталі?
8. У яких галузях застосовуються деталі, піддані поверхневому гартуванню, і які вимоги до них висуваються?

Тема 11. ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЧАВУНА.

Мета лекції

1. Ознайомитися з особливостями фазових перетворень в чавуні при нагріві, відпалом та гартуванням чавунів, температурно-часовими параметрами цих обробок.

План лекції (навчальні питання):

- 11.1. Особливості фазових перетворень в чавуні при нагріві.
- 11.2. Відпал та гартування чавунів, температурно-часові параметри цих обробок.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Поверхнєве гартування та хіміко-термічна обробка чавуна.

Рекомендована література: [3, 5, 9].

Питання і завдання

1. Які сплави називаються чавунами?
2. Як класифікуються чавуни за кольором?
3. Назвіть види сірих чавунів за мікроструктурою.
4. Які форми графітних включень існують у сірих чавунах?
5. Які металеві матриці можуть бути у сірих чавунах?
6. Пояснити специфічні особливості термічної обробки чавунів.
7. Перелічити основні види термічної обробки сірих чавунів.
8. Які види відпалу сірих чавунів ви знаєте.
9. Проаналізувати призначення та режими проведення різних видів відпалу чавунів.
10. Охарактеризувати призначення та режим проведення гартування чавунів
11. Що таке графітизація?

3. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Що таке повний відпал?

- a. операція термічної обробки, що полягає в нагріві сталі вище верхньої критичної точки A_3 наступним повільним охолодженням (з піччю)
- b. операція термічної обробки, що полягає в нагріві сталі вище верхньої критичної точки A_3 наступним охолодженням на повітрі
- c. операція термічної обробки, що полягає в нагріві сталі вище верхньої критичної точки A_3 наступним повільним охолодженням (з піччю)
- d. операція термічної обробки, що полягає в нагріві сталі вище верхньої критичної точки A_3 наступним повільним охолодженням на повітрі
- e. термічна обробка, що полягає в нагріві загартованої сталі нижче A_1 з метою зниження твердості

2. Яку структуру має сталь 30 після повного відпалу?

- a. перліт
- b. перліт + цементит
- c. перліт + ферит
- d. ферит + цементит
- e. перліт зернистий

3. Вказати температуру повного відпалу доевтектоїдної сталі.

- a. A_3
- b. $A_3 + 30-50$ °C
- c. $A_1 + 30-50$ °C
- d. $A_3 + 100$ °C
- e. $A_3 + 150$ °C

4. Вказати температуру повного відпалу сталі 45 ($A_3 = 820$ °C).

- a. 750 °C
- b. 800 °C
- c. 850 °C
- d. 900 °C
- e. 950 °C

5. Як охолоджуються деталі після операції відпалу?

- a. на повітрі
- b. з піччю до кімнатної температури
- c. із піччю до 400 °С, потім у воді
- d. на повітрі до 400 °С, потім у воді

6. У яких випадках застосовується неповний відпал?

- a. для вирівнювання хімічного складу сталей
- b. для перерозподілу фериту у структурі
- c. для перекристалізації перліту
- d. для усунення смугастості у структурі
- e. для отримання структури зернистого перліту

7. Вказати температуру неповного відпалу доевтектоїдної сталі.

- a. $A_1 + 30-50$ °С
- b. $A_3 + 130-150$ °С
- c. $A_3 + 30-50$ °С
- d. A_3
- e. A_1

8. Вказати температуру неповного відпалу сталі 30..

- a. $A_1 + 30-50$ °С
- b. A_3
- c. $A_3 + 30-50$ °С
- d. $A_1 + 130-150$ °С
- e. A_1

9. Чим відрізняється ізотермічний відпал від звичайного повного відпалу?

- a. швидкістю нагріву
- b. температурою нагріву
- c. швидкістю охолодження
- d. наявністю другої видержки в області температур $A_1-50-100$ °С
- e. наявністю видержки при температурі 300–400 °С

10. Яка основна перевага ізотермічного відпалу порівняно із звичайним повним?

- a. отримання більш дрібнозернистої структури
- b. скорочення часу термічної обробки
- c. більше зниження твердості
- d. більше усунення хімічної неоднорідності
- e. підвищення твердості

11. Яку обробку необхідно зробити шестірні із сталі 45, щоб виправити перегрів?

- a. поверхневе гартування
- b. рекристалізаційний відпал
- c. неповний відпал
- d. нормалізацію
- e. гомогенізаційний відпал

12. З якою метою проводять повний відпал сталевих штампувальних заготовок?

- a. для усунення хімічної неоднорідності та поліпшення оброблюваності різанням
- b. для зниження гартувальних напружень і поліпшення оброблюваності різанням
- c. для здрібнення зерна та усунення хімічної неоднорідності
- d. для здрібнення цементитної складової структури та покращення оброблюваності різанням
- e. для здрібнення зерна, зняття напружень та поліпшення оброблюваності різанням

13. Вказати мету сфероїдизуючого відпалу:

- a. отримання структури зернистого перліту
- b. отримання більш рівноважної феритно-перлітної структури
- c. зниження рівня залишкових напружень
- d. зміна фізичних властивостей
- e. підвищення твердості

14. Якою термічною обробкою можна отримати зернисту форму карбїду?

- a. повним відпалом
- b. ізотермічним відпалом
- c. сфероїдизуючим відпалом
- d. гомогенїзуючим відпалом
- e. рекристалїзаційним відпалом

15. Яку обробку необхідно зробити заевтектоїдної сталї, щоб усунути крихку цементитну сїтку за межами зерна?

- a. повний відпал
- b. неповний відпал
- c. рекристалїзаційний відпал
- d. відпал на зернистий перліт
- e. гомогенїзуючий відпал

16. Як називається відпал, режим якого можна відобразити схемою?

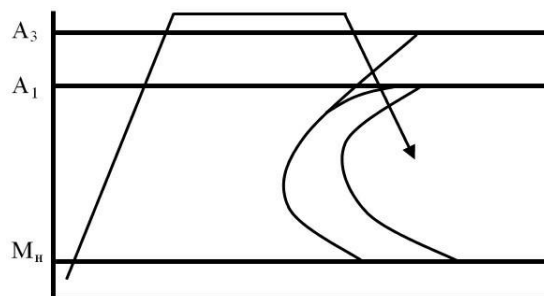


Рисунок 3.1 –

- a. повний
- b. неповний
- c. ізотермічний
- d. сфероїдизуючий
- e. рекристалїзаційний

17. Як називається відпал, режим якого можна відобразити схемою?

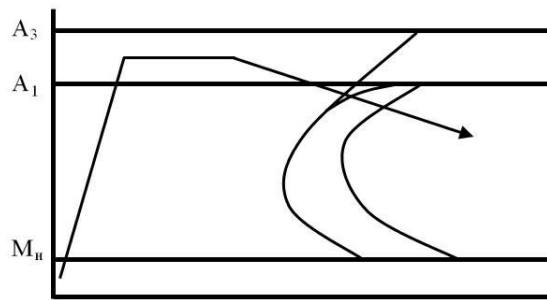


Рисунок 3.2 –

- a. повний
- б. неповний
- с. ізотермічний
- д. сфероїдизуючий
- е. рекристалізаційний

18. Як називається відпал, режим якого можна відобразити схемою?

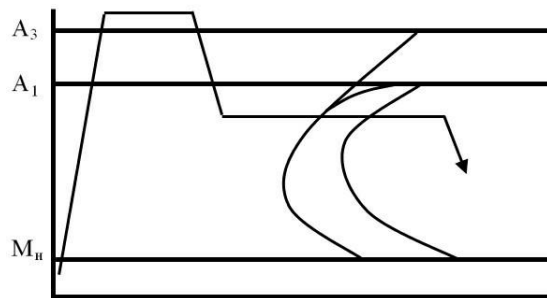


Рисунок 3.3 –

- a. повний
- б. неповний
- с. ізотермічний
- д. сфероїдизуючий
- е. рекристалізаційний

19. Що таке нормалізація?

- a. операція, що полягає в нагріві сталі вище верхньої критичної точки A_3 на 30–50 °С з охолодженням на повітрі;
- б. термічна обробка, при якій сталь нагрівають вище за точку A_3 на 200–250 °С з наступним охолодженням на повітрі

- c. термічна обробка, при якій сталь нагрівають вище за точку A_1 на $30-50\text{ }^\circ\text{C}$ та охолоджують на повітрі
- d. нагрів сталі вище A_3 з подальшим охолодженням з піччю
- e. нагрів загартованої сталі нижче A_1 з подальшим охолодженням на повітрі

20. Вказати режим нормалізації сталі 40:

- a. нагрів $A_3 + 30-50\text{ }^\circ\text{C}$ + охолодження у маслі
- b. нагрів $A_3 + 30-50\text{ }^\circ\text{C}$ + охолодження у печі
- c. нагрів $A_1 + 30-50\text{ }^\circ\text{C}$ + охолодження у маслі
- d. нагрів $A_3 + 30-50\text{ }^\circ\text{C}$ + охолодження на повітрі
- e. нагрів $A_1 + 30-50\text{ }^\circ\text{C}$ + охолодження на повітрі

21. Вказати температуру нагріву для доевтектоїдної сталі при нормалізації:

- a. $A_3 + 30-50\text{ }^\circ\text{C}$
- b. $A_1 + 30-50\text{ }^\circ\text{C}$
- c. $A_1 + 130-150\text{ }^\circ\text{C}$
- d. $A_3 + 130-150\text{ }^\circ\text{C}$
- e. $A_3 - 130-150\text{ }^\circ\text{C}$

22. Як охолоджують деталі за нормалізації?

- a. з піччю до $500\text{ }^\circ\text{C}$, потім у воді
- b. з печі до $500\text{ }^\circ\text{C}$, потім на повітрі
- c. на повітрі
- d. спочатку на повітрі, потім у воді
- e. спочатку на повітрі, потім у маслі

23. Чи можна замінювати відпал нормалізацією?

- a. можна, якщо твердість після нормалізації не погіршує обробки різанням
- b. можна, для маловуглецевих сталей, якщо твердість після нормалізації не вища, ніж після відпалу
- c. можна для середньовуглецевих сталей, якщо твердість після нормалізації нижче
- d. не можна, тому що виходить велика відмінність механічних властивостей

е. не можна, тому що сильно знижується твердість сталі

24. Вказати температуру нагріву при нормалізації сталі 45.

- а. $A_3 + 30-50$ °С
- б. $A_1 + 30-50$ °С
- в. $A_1 + 130-150$ °С
- г. $A_3 + 130-150$ °С
- е. $A_3 - 130-150$ °С

25. Чим відрізняється структура відпаленої доевтектоїдної сталі від структури нормалізованої сталі?

- а. в нормалізованому стані сталь має більш дисперсну ферито-цементитну суміш.
- б. у нормалізованому стані сталь має грубу ферито-цементитну суміш.
- в. немає різниці
- г. величиною зерна перліту
- е. величиною зерна фериту

26. Який із дефектів після термообробки є невиправним?

- а. перегрів
- б. викривлення
- в. окислення поверхні
- г. твердість вийшла вищою, ніж на кресленні деталі
- е. перепал

27. Для яких виробів чи напівфабрикатів застосовують гомогенізуючий відпал?

- а. сортовий прокат
- б. холоднодеформований дрiт і стрічка
- в. сталеві виливки великих фасонних виливків
- г. штамповані заготовки деталей машин
- е. механічно оброблені деталі

28. Вказати температури гомогенізуючого відпалу.

- а. $A_3 + 30-50$ °С
- б. $A_1 + 30-50$ °С
- в. $A_1 + 130-150$ °С

- d. $A_3 + 130-150\text{ }^\circ\text{C}$
- e. $A_3 - 130-150\text{ }^\circ\text{C}$

29. Вказати недоліки структури сталей після гомогенізуючого відпалу:

- a. велика кількість фериту, що знижує твердість
- b. крупнозерниста структура
- c. неоднорідність структури
- d. утворення цементитної сітки навколо зерен фериту
- e. утворення феритної сітки навколо зерен перліту

30. Яким чином можна усунути хімічну неоднорідність виливків?

- a. повним відпалом
- b. неповним відпалом
- c. рекристалізаційним відпалом
- d. гомогенізаційним відпалом
- e. нормалізацією

31. Що таке гартування сталі?

- a. термічна обробка, що складається з операції нагріву до температур нижче A_1 видержки та швидкого охолодження
- b. термічна обробка, що складається з нагріву вище температури A_3 на $130-150\text{ }^\circ\text{C}$, видержки та швидкого охолодження
- c. термічна обробка, що складається з нагріву вище температури A_3 на $30-50\text{ }^\circ\text{C}$, видержки та швидкого охолодження
- d. термічна обробка, що складається в нагріві, сталі вище від критичної точки A_3 з повільним охолодженням на повітрі.
- e. термічна обробка, що складається з нагріву вище температури A_3 на $30-50\text{ }^\circ\text{C}$. видержки, швидкого охолодження до температури нижче A_1 на $30-50\text{ }^\circ\text{C}$, тривалої видержки і подальшого швидкого охолодження до кімнатної температури.

32. Що таке мартенсит?

- a. пересичений розчин вуглецю в α -залізі
- b. твердий розчин вуглецю в α -залізі
- c. твердий розчин вуглецю в γ -залізі
- d. дисперсна суміш фериту з цементитом

е. пересичений розчин вуглецю в γ -залізі

33. Що спільного між решітками фериту та мартенситу?

- а. обидві решітки гексагональні
- б. обидві решітки гранецентровані
- с. обидві решітки кубічні
- д. обидві решітки об'ємноцентровані
- е. обидві решітки тетрагональні

34. Скільки вуглецю максимально може розчинитись у мартенсіті?

- а. 0,025 %
- б. 0,006 %
- с. 4,3 %
- д. 0,8 %
- е. 2,14 %

35. Вказати структуру доевтектоїдної конструкційної сталі після правильно проведеного гартування:

- а. сорбіт
- б. троостит
- с. троостит з мартенситом
- д. мартенсит
- е. мартенсит із цементитом

36. Вказати структуру сталі 50 після правильно проведеного гартування:

- а. сорбіт
- б. мартенсит із трооститом
- с. мартенсит
- д. мартенсит із феритом
- е. аустеніт

37. Яка температура гартування заевтектоїдної вуглецевої сталі?

- а. $A_1 + 30-50$ °C
- б. $A_{cm} + 30-50$ °C
- с. $A_3 + 30-50$ °C
- д. $A_{cm} + 130-150$ °C

e. $A_1 - 30 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$

38. Вказати температуру гартування доевтектоїдної сталі

a. $A_1 - 30 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$

b. $A_3 + 30 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$

c. $A_1 + 130 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$

d. $A_3 + 130 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$

e. $A_3 - 30 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$

39. Вказати температуру гартування сталі 45 (точка $A_3 = 820 \text{ }^\circ\text{C}$).

a. $750 \text{ }^\circ\text{C}$

b. $850 \text{ }^\circ\text{C}$

c. $950 \text{ }^\circ\text{C}$

d. $780 \text{ }^\circ\text{C}$

e. $1000 \text{ }^\circ\text{C}$

40. Для яких сталей застосовується повне гартування?

a. для сталей із вмістом вуглецю $0,1 - 0,4 \%$

b. для сталей із вмістом вуглецю $0,5 - 1,0 \%$

c. для сталей із вмістом вуглецю $0,8 - 1,3 \%$

d. для сталей із вмістом вуглецю $0,1 - 0,7 \%$

e. для сталей із вмістом вуглецю $0,5 - 1,0 \%$

41. Для яких сталей застосовується неповне гартування?

a. для сталей із вмістом вуглецю $0,1 - 0,4 \%$

b. для сталей із вмістом вуглецю $0,4 - 0,8 \%$

c. для сталей із вмістом вуглецю $0,8 - 1,3 \%$

d. для сталей із вмістом вуглецю $0,1 - 0,7 \%$

e. для сталей із вмістом вуглецю $0,5 - 1,0 \%$

42. Чому між температурами гартування A_1 і A_3 твердість доевтектоїдної сталі різко зростає?

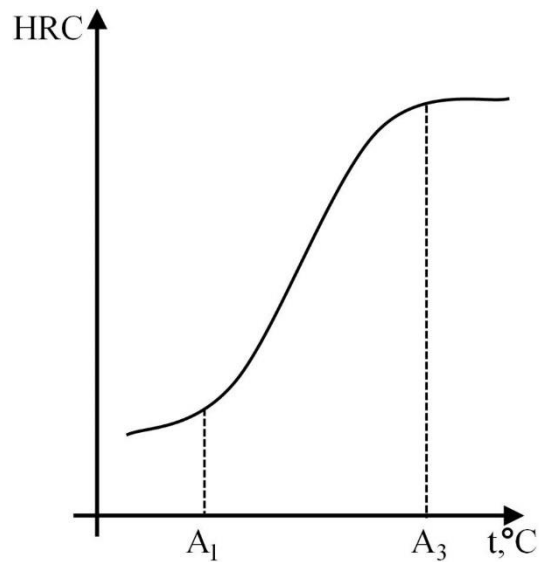
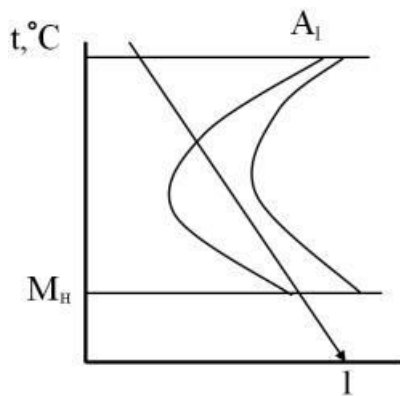


Рисунок 3.4 –

- a. зменшується кількість перліту та збільшується кількість мартенситу
- b. зменшується кількість залишкового аустеніту та збільшується кількість мартенситу
- c. збільшується кількість аустеніту та зменшується кількість трооститу
- d. зменшується кількість фериту та збільшується кількість мартенситу
- e. зменшується кількість перліту та збільшується кількість фериту

43. Яка швидкість гартування є критичною?



a.

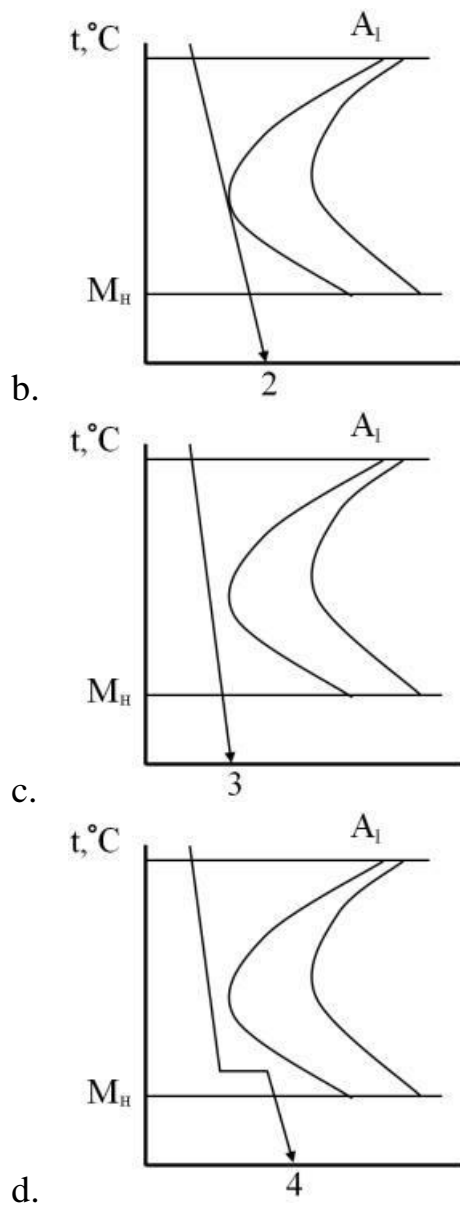


Рисунок 3.5 –

е. на рисунках не представлена критична швидкість

44. Яка структура вийде у доевтектоїдній сталі після гартування, якщо вона недогріта?

- a. мартенсит із феритом
- b. мартенсит з аустенітом
- c. троостит з феритом
- d. мартенсит із трооститом
- e. мартенсит із цементитом

45. Що може бути причиною низької твердості після гартування осі діаметром 5 мм, зробленої зі сталі 40?

- a. перегрів
- b. перепал
- c. великі внутрішні напруження
- d. сильне викривлення
- e. недогрів

46. Вказати температуру видержки при ізотермічному гартуванні сталі:

- a. $A_3-30-50$ °C
- b. M_p
- c. $M_p-50-100$ °C
- d. $M_p + 50-100$ °C
- e. $A_1-30-50$ °C

47. Вказати структуру, отриману в результаті правильно проведеного ізотермічного гартування сталі 65:

- a. мартенсит + троостит голчастий
- b. мартенсит + ферит
- c. троостит голчастий
- d. троостит голчастий + сорбіт
- e. бейніт

48. Яка температура є оптимальною для гартування сталі 35 ($A_3 = 830$ °C)?

- a. 780 °C
- b. 830 °C
- c. 900 °C
- d. 860 °C
- e. 920 °C

49. Назвати спосіб гартування, представлений схемою:

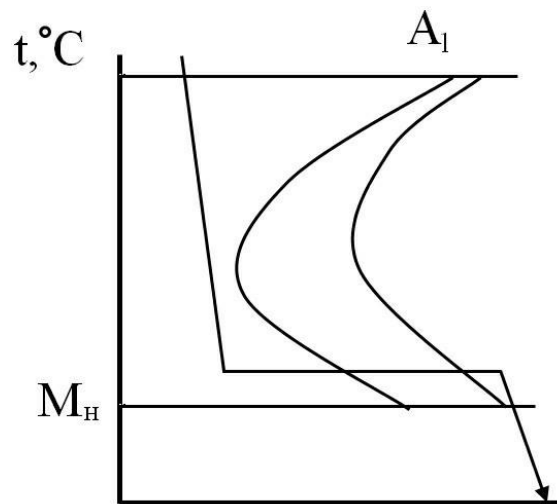


Рисунок 3.6 –

- a. ізотермічне гартування
- b. в одному охолоджувачі
- c. ступінчасте гартування
- d. гартування у двох середовищах
- e. гартування з підстуджуванням

50. Назвати спосіб гартування, представлений схемою:

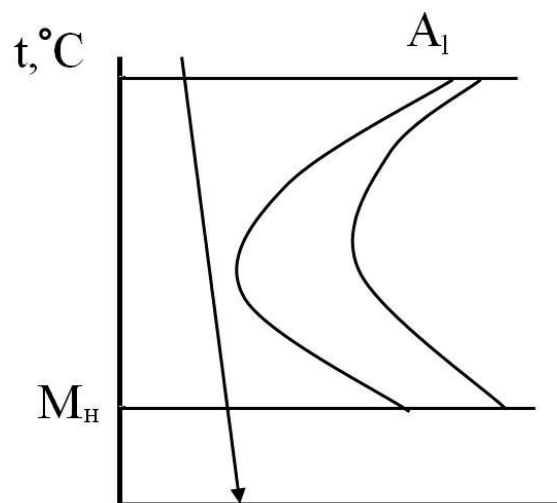


Рисунок 3.7 –

- a. ізотермічне гартування

- b. в одному охолоджувачі
- c. ступінчасте гартування
- d. гартування у двох середовищах
- e. гартування з підстуджуванням

51. Назвати спосіб гартування, представлений схемою:

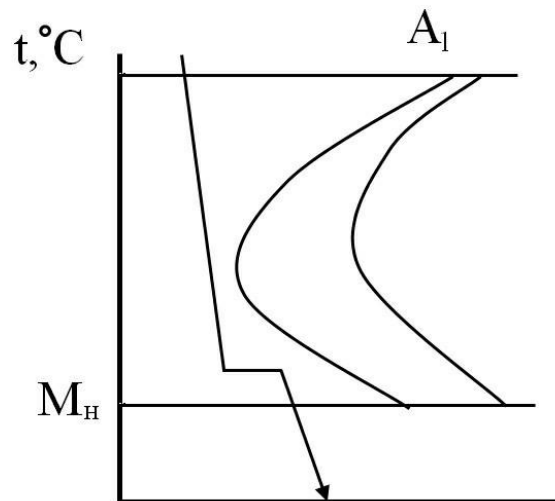


Рисунок 3.8 –

- a. ізотермічне гартування
- b. в одному охолоджувачі
- c. ступінчасте гартування
- d. гартування у двох середовищах
- e. гартування з підстуджуванням

52. Назвати спосіб гартування, представлений схемою:

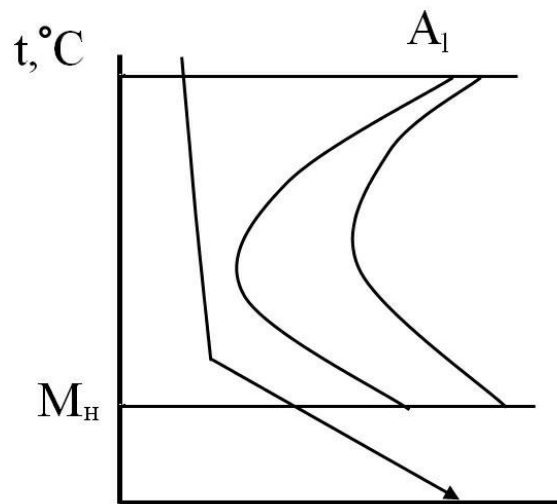


Рисунок 3.9 –

- a. ізотермічне гартування
- b. в одному охолоджувачі
- c. ступінчасте гартування
- d. гартування у двох середовищах
- e. гартування з підстуджуванням

53. Назвати спосіб гартування, представлений схемою:

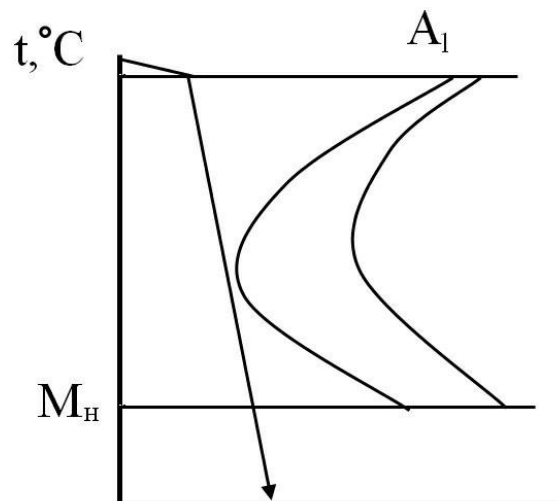


Рисунок 3.10 –

- a. ізотермічне гартування
- b. в одному охолоджувачі

- c. ступінчасте гартування
- d. гартування у двох середовищах
- e. гартування з підстуджуванням

54. Яка температура нагріву під гартування мітчика зі сталі У13?

- a. 700 °C
- b. 720 °C
- c. 760 °C
- d. 860 °C
- e. 900 °C

55. Яка структура вийде в сталі У13 після гартування з оптимальною температурою та критичною швидкістю охолодження?

- a. троостит із цементитом
- b. мартенсит із цементитом
- c. мартенсит
- d. мартенсит із трооститом
- e. мартенсит із феритом

56. Вказати структуру вуглецевих інструментальних сталей після правильно проведеного гартування:

- a. троостит
- b. мартенсит + цементит
- c. мартенсит
- d. бейніт
- e. мартенсит + ферит

57. Що може бути причиною низької твердості після гартування валу діаметром 10 мм із сталі 50? Температура нагріву під гартування була обрана правильно і часу нагріву було достатньо.

- a. перепал
- b. перегрів
- c. швидкість охолодження при гартуванні була нижчою за критичну
- d. відбулося сильне окислення поверхні деталі
- e. швидкість охолодження при гартуванні була значно вища за критичну

58. Який із дефектів після гартування сталі є безперечно невиправним?

- a. перегрів
- b. перепал
- c. окислення поверхні
- d. викривлення
- e. м'які плями

59. Яку твердість мають високовуглецеві інструментальні сталі після гартування?

- a. 40–45 HRC
- b. 45–55 HRC
- c. 30–35 HRC
- d. 60–65 HRC
- e. 55–60 HRC

60. Яку твердість мають конструкційні сталі (з вмістом C = 0,5–0,6 %) після правильно проведеного гартування?

- a. 40–45 HRC
- b. 45–55 HRC
- c. 30–35 HRC
- d. 60–65 HRC
- e. 55–60 HRC

61. Що таке загартовуваність?

- a. здатність сталей отримувати загартований шар із мартенситною структурою
- b. здатність сталі до отримання максимальної твердості при гартуванні
- c. здатність сталі отримувати високу твердість та міцність по всьому перетину деталі
- d. здатність сталі отримувати найвищу в'язкість

62. Від чого залежить загартовуваність:

- a. від кількості легуючих елементів
- b. швидкості охолодження
- c. вмісту вуглецю
- d. складу сталі

63. У якої сталі загартовуваність вища?

- a. У12
- b. 55Г
- c. У10А
- d. 30ХГТ
- e. 45

64. У якої сталі загартовуваність нижче?

- a. У12
- b. 12Х2Н4А
- c. 60С2
- d. 30ХГТ
- e. У8

65. В яких одиницях вимірюється загартовуваність?

- a. %
- b. мм
- c. одиницях твердості
- d. безрозмірна

66. Як впливають легуючі елементи на загартовуваність?

- a. сильно збільшують
- b. слабо збільшують
- c. абсолютно не змінюють
- d. знижують

67. Яка сталь має найвищу загартовуваність?



Рисунок 3.11 –

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

68. Що таке прогартовуваність?

- a. глибина загартованої зони, тобто здатність сталі отримувати загартований шар із мартенситною структурою
- b. здатність сталі до отримання максимальної твердості на поверхні виробу
- c. здатність сталі до отримання максимальної твердості у серцевині виробу
- d. здатність сталі до найвищої в'язкості

69. Яка структура приймається за границю загартованої зони?

- a. 100 % мартенситу
- b. 50 % мартенситу + 50 % трооститу
- c. 90 % мартенситц
- d. 50 % сорбіту + 50 % трооститу

70. У яких одиницях вимірюється прогартовуваність?

- a. мм
- b. HB
- c. HRC
- d. %
- e. безрозмірна

71. Від чого залежить твердість напівмартенситної зони ?

- a. від кількості легуючих елементів
- b. розміру деталі
- c. швидкості охолодження
- d. кількості вуглецю
- e. форми деталі

72. З якою величиною зерна аустеніту сталь має більшу прогартовуваність?

- a. з дрібним зерном

- b. з великим зерном
- c. з різнозернистою структурою
- d. величина зерна не впливає на прогартовуваність

73. У якої зі сталей прогартовуваність більша?

- a. 30
- b. Ст. 3
- c. 30ХГ
- d. 30Х

74. У якої сталі найвища прогартовуваність



Рисунок 3.12 –

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

75. Як впливає стійкість переохолодження аустеніту на прогартовуваність?

- a. не впливає
- b. збільшує
- c. зменшує

76. Як впливає підвищення критичної швидкості гартування на прогартовуваність?

- a. не впливає
- b. збільшує
- c. зменшує

77. Який із елементів зменшує прогартовуваність?

- a. Ni
- b. Al
- c. W
- d. Mo
- e. Cr

78. Що таке критичний діаметр?

- a. мінімальний діаметр циліндричного прутка, який прогартовується наскрізь у цьому охолоджувачі
- b. максимальний діаметр циліндричного прутка, який прогартовується наскрізь в даному охолоджувачі
- c. максимальний діаметр зразка, у якого після загартування на поверхні структура мартенситу, у серцевині – 10 % мартенситу та 90 % – трооститу

79. Який елемент збільшує прогартовуваність?

- a. Al
- b. Co
- c. Mn

80. Як впливає температура гартування на прогартовуваність?

- a. підвищення температури гартування зменшує прогартовуваність
- b. підвищення температури загартування збільшує прогартовуваність
- c. температура гартування не впливає на прогартовуваність

81. У якій з цих сталей прогартовуваність більша?

- a. У12
- b. 40Х
- c. 5ХНМ
- d. Ст. 5

82. З якої температури необхідно загартовувати сталь У8, щоб отримати найбільшу прогартовуваність?

- a. 780 °С
- b. 950 °С
- c. 800 °С
- d. 850 °С

е. 900 °С

83. З якої температури необхідно загартовувати сталь 40ХН, щоб отримати найбільшу прогартовуваність?

- а. 780 °С
- б. 750 °С
- в. 800 °С
- г. 850 °С
- е. 900 °С

84. У якому середовищі деталь прогартується на більшу глибину?

- а. холодна вода
- б. масло
- в. гаряча вода
- г. солоня вода

85. Який із графіків відображає залежність твердості мартенситу (або напівмартенситної зони) від вмісту вуглецю в сталі?

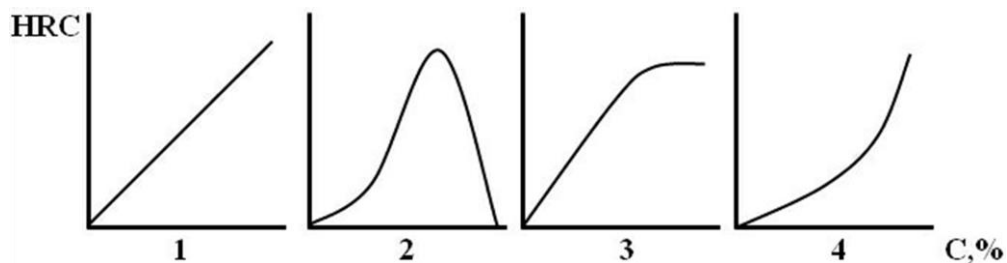


Рисунок 3.13 –

- а. 1
- б. 2
- в. 3
- г. 4

86. З яким балом зерна сталь має найбільшу прогартовуваність?

- а. 1–2
- б. 2–4
- в. 7–8

d. 4–6

87. Чим досягається наскрізна прогартовуваність великих деталей?

- a. багаторазовим гартуванням
- b. все перераховане
- c. застосуванням для їх виготовлення легованих сталей
- d. обробкою після гартування холодом

88. Що в маркуванні сталей означають літери «ПП»?

- a. підвищена прогартовуваність
- b. знижена прогартовуваність
- c. вміст у сталі легуючого елемента – Pb

89. У якій з цих сталей прогартовуваність менше?

- a. 40
- b. 40X
- c. 40ПП
- d. 40ХНМ

90. Як впливає швидкість охолодження при гартуванні на прогартовуваність?

- a. збільшення швидкості охолодження зменшує прожарюваність
- b. збільшення швидкості охолодження збільшує прогартовуваність
- c. швидкість охолодження не впливає на прогартовуваність

91. Що таке відпуск?

- a. термічна обробка, що полягає в нагріві загартованої сталі нижче температури A_1 та повільному охолодженні
- b. термічна обробка, що полягає в нагріві загартованої сталі вище температури A_1 та швидкому охолодженні
- c. термічна обробка, що полягає в нагріві загартованої сталі вище температури A_3 та повільному охолодженні
- d. термічна обробка, що полягає в нагріві загартованої сталі вище за температуру A_3 і швидкому охолодженні.

92. Мета відпуску:

- a. зниження гартувальних напружень, отримання більш рівноважної структури
- b. підвищення твердості сталі, зниження напружень
- c. виправлення крупнозернистості сталі
- d. усунення ліквацій, зниження напружень
- e. отримання перліту зернистого

93. Вказати температуру низького відпуску для вуглецевих сталей:

- a. 150–250 °C
- b. 250–450 °C
- c. 400–500 °C
- d. 300–500 °C

94. Вказати структуру, що отримується в доевтектоїдних сталях після правильно проведеного гартування та низького відпуску:

- a. перліт зернистий
- b. сорбіт
- c. троостит
- d. мартенсит відпуску
- e. мартенсит відпуску + цементит

95. Вказати структуру, одержувану в заевтектоїдних сталях після правильно проведеного гартування та низького відпуску:

- a. перліт зернистий
- b. сорбіт
- c. троостит
- d. мартенсит відпуску
- e. мартенсит відпуску + цементит

96. Вказати структуру сталі після середнього відпуску:

- a. перліт зернистий
- b. сорбіт
- c. троостит
- d. мартенсит відпуску
- e. мартенсит відпуску + цементит

97. Вказати структуру сталі після високого відпуску:

- a. перліт зернистий
- b. сорбіт
- c. троостит
- d. мартенсит відпуску
- e. мартенсит відпуску + цементит

98. Мета низького відпуску

- a. підвищення твердості сталі
- b. отримання високої в'язкості та отримання високої пружності
- c. зняття гартувальних напружень та отримання високої пружності
- d. зняття гартувальних напружень та отримання високої зносостійкості
- e. підвищення пластичності сталі

99. Вказати температуру середнього відпуску:

- a. 150–250 °C
- b. 350–500 °C
- c. 500–600 °C
- d. 150–180 °C
- e. 600–750 °C

100. Вказати температуру високого відпуску:

- a. 150–250 °C
- b. 350–500 °C
- c. 500–650 °C
- d. 650–750 °C
- e. 750–850 °C

101. Мета середнього відпуску:

- a. підвищення твердості сталі
- b. отримання високої в'язкості та отримання високої пружності
- c. зняття гартувальних напружень та отримання високої пружності
- d. здрібнення зерна та зняття гартувальних
- e. підвищення пластичності сталі

102. Мета високого відпуску:

- a. підвищення твердості сталі

- b. отримання високої в'язкості та отримання високої пружності
- c. зняття гартувальних напружень та отримання високої пружності
- d. здрібнення зерна та зняття гартувальних

103. Що таке сорбіт відпуску?

- a. механічна суміш аустеніту та цементиту
- b. твердий розчин вуглецю в α -залізі
- c. механічна суміш фериту та цементиту
- d. механічна суміш фериту та перліту
- e. механічна суміш мартенситу та фериту

104. Що таке троостит відпуску?

- a. механічна суміш аустеніту та цементиту
- b. твердий розчин вуглецю в α -залізі
- c. дисперсна механічна суміш фериту та цементиту
- d. пересичений твердий розчин вуглецю в γ -залізі
- e. дисперсна механічна суміш мартенситу та фериту

105. Яка структура є найбільш дисперсною ферито цементитною сумішшю?

- a. ферит
- b. троостит
- c. мартенсит
- d. сорбіт
- e. перліт

106. Як змінюються властивості сталі зі збільшенням температури відпуску?

- a. збільшується твердість, знижується пластичність
- b. збільшується пружність та твердість
- c. збільшується пластичність, в'язкість, зменшується твердість та міцність
- d. збільшується в'язкість та міцність
- e. збільшується твердість і в'язкість

107. Що відбувається з феритом цементитною сумішшю при підвищенні температури відпуску?

- a. збільшується дисперсність ферито цементитної суміші
- b. зменшується дисперсність ферито цементитної суміші
- c. дисперсність суміші не змінюється
- d. ферито цементитна суміш із пластинчастої переходить у зернисту

108. При якому відпуску виходить найвища в'язкість сталі?

- a. при низькому відпуску
- b. при середньому відпуску
- c. при високому відпуску
- d. в'язкість не змінюється

109. Що таке покращення?

- a. гартування та низький відпуск
- b. гартування та середній відпуск
- c. гартування та високий відпуск
- d. нормалізація
- e. неповний відпуск

110. Яку термічну обробку необхідно дати фрезі?

- a. гартування та низький відпуск
- b. гартування та середній відпуск
- c. гартування та високий відпуск
- d. покращення
- e. гартування

111. Спосіб отримання сорбіту відпуску?

- a. гартування та низький відпуск
- b. гартування та середній відпуск
- c. гартування та високий відпуск
- d. неповний відпал
- e. зотермічне гартування

112. Спосіб отримання трооститу відпуску?

- a. гартування та низький відпуск
- b. гартування та середній відпуск

- c. гартування та високий відпуск
- d. покращення
- e. ізотермічне гартування

113. Яка твердість у трооститу?

- a. HRC 30–35
- b. HRC 40–45
- c. HRC 50–55
- d. HRC 20–25
- e. HRC 60–65

114. Яка твердість у сорбіту?

- a. HRC 30–35
- b. HRC 40–45
- c. HRC 50–55
- d. HRC 20–25
- e. HRC 60–65

115. У яких сталях проявляється відпускна крихкість першого роду?

- a. у вуглецевих сталях
- b. у всіх сталях
- c. у сталях легованих хромом, манганом, нікелем
- d. у сталях легованих молібденом, вольфрамом

116. У яких сталях проявляється відпускна крихкість другого роду?

- a. у вуглецевих сталях
- b. у всіх сталях
- c. у сталях легованих хромом, манганом, нікелем
- d. у сталях легованих молібденом, вольфрамом

117. За яких температур відпуску проявляється відпускна крихкість першого роду?

- a. 150–250 °C
- b. 250–350 °C
- c. 350–450 °C
- d. 450–550 °C
- e. 550–650 °C

118. За яких температур відпуску проявляється відпускна крихкість другого роду?

- a. 100–200 °С
- b. 200–300 °С
- c. 300–400 °С
- d. 400–500 °С
- e. 500–650 °С

119. Чим викликана відпускна крихкість другого роду?

- a. розпадом аустеніту залишкового
- b. розпадом мартенситу
- c. утворенням ξ -карбіду
- d. сегрегаціями фосфору та інших домішок на границях зерен
- e. утворенням бейніту

120. Чим викликана відпускна крихкість першого роду?

- a. розпадом аустеніту залишкового
- b. розпадом мартенситу
- c. утворенням ξ -карбіду
- d. сегрегаціями фосфору та інших домішок на границях зерен
- e. утворенням бейніту

121. Які види виділень можуть утворюватися при старінні?

- a. усі перелічені
- b. зони Гінье-Престона
- c. кристали метастабільної фази
- d. кристали стабільної фази

122. З яких технологічних операцій складається зміцнювальна термічна обробка старіючих сплавів?

- a. відпал + старіння + гартування
- b. відпал + старіння
- c. гартування + старіння
- d. старіння + гартування

123. Яку термічну обробку проводять для забезпечення технічної пластичності старіючих сплавів?

- a. відпал або гартування
- b. старіння або відпал
- c. гартування або старіння

124. Яку температуру гартування вибрати (із запропонованих) для старіючого сплаву з концентрацією компонентів c ?

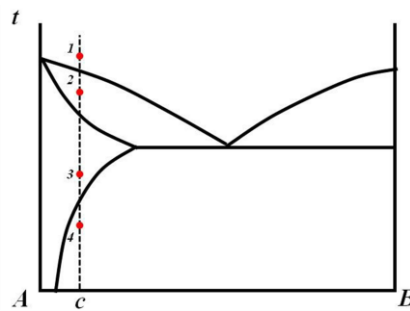


Рисунок 3.14 –

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

125. Виберіть які сплави можуть бути піддані старінню виходячи зі структурних діаграм стану?

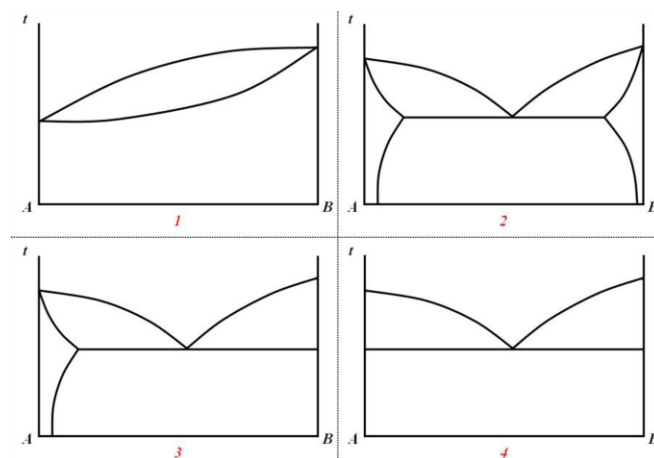


Рисунок 3.15 –

- a. 1,2
- b. 2,3
- c. 3,4
- d. 1,4

126. Які сталі називають мартенситно-старіючими?

- a. сталі, у яких мартенситно-перлітне перетворення протікає при природному старінні
- b. сталі, в яких мартенсит утворюється як наслідок гартування та старіння
- c. безвуглецеві високолеговані сплави, що зміцнюються після гартування та старіння внаслідок виділення інтерметалідних фаз
- d. високолеговані аустенітні сталі, що зміцнюються гартуванням і подальшою термомеханічною обробкою з великими ступенями обтиснення

127. Що таке зони Гіньє-Престона?

- a. метастабільний ϵ -карбід, що утворюється при відпуску
- b. малі обсяги твердого розчину з підвищеною концентрацією розчиненого компонента, що зберігають решітку розчинника
- c. метастабільні фази, що утворюються в розчинах, з решітками, відмінними від решітки розчину, але мають з ним когерентну границю
- d. стабільні дисперсні фази, що виділилися із старенних твердих розчинів

128. Як залежить максимально досяжна міцність старіючих сплавів від температури старіння?

- a. міцність не залежить від температури старіння
- b. чим вища температура, тим вища міцність
- c. чим вища температура, тим нижча міцність
- d. міцність досягається гартуванням, старіння ж тільки знімає напруження, що виникли при гартуванні

129. Як залежить максимально досяжна твердість старіючих сплавів від температури старіння?

- a. твердість не залежить від температури старіння
- b. чим вища температура, тим вища твердість
- c. чим вища температура, тим нижча твердість

d. твердість досягається гартуванням, старіння ж тільки знімає напруження, що виникли при гартуванні

130. Чим пояснити, що в старіючих сплавах при штучному старінні після досягнення максимальної міцності настає знеміцнення?

- a. виділенням стабільної фази
- b. утворенням зон Гін'є-Престона
- c. розпадом мартенситної структури
- d. упорядкування твердого розчину

131. Що називають відновленням для природно зістарених сплавів?

- a. перехід сплаву в свіжозагартований стан під дією короткочасного нагріву
- b. перехід спотвореної під дією гартувальних напружень кристалічної решітки у рівноважний стан
- c. для зістарених сплавів відновлення – це синонім відпалу
- d. перехід пластично деформованої кристалічної решітки у рівноважний стан

132. Чим пояснюється явище відновлення для зістарених сплавів?

- a. виділенням стабільних фаз
- b. виділенням метастабільних фаз
- c. розчиненням зон Гін'є-Престона
- d. усуненням спотворень кристалічної решітки

133. Сплави з якою концентрацією компонентів можуть бути піддані старінню?

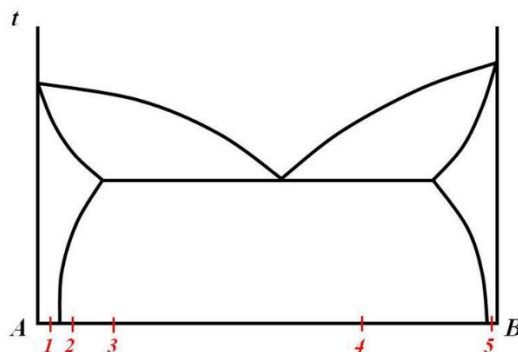


Рисунок 3.16 –

- a. 1, 2, 3
- b. 2, 3, 4
- c. 3, 4, 5
- d. 1, 5

134. Як впливає тривалість видержки при штучному старінні на міцність старіючих сплавів?

- a. міцність не залежить від тривалості видержки при штучному старінні
- b. чим більший тривалість видержки, тим вища міцність
- c. чим більший тривалість видержки, тим нижча міцність
- d. міцність досягається гартуванням, старіння ж тільки знімає напруження, що виникли при гартуванні
- e. зі збільшенням видержки міцність спочатку зростає, потім знижується

135. Як впливає тривалість видержки при штучному старінні на твердість старіючих сплавів?

- a. твердість не залежить від тривалості видержки при штучному старінні
- b. чим більший тривалість видержки, тим вища твердість
- c. чим більший тривалість видержки, тим нижча твердість
- d. твердість досягається гартуванням, старіння ж тільки знімає напруження, що виникли при гартуванні
- e. зі збільшенням видержки твердість спочатку зростає, потім знижується

136. Що таке перестарювання?

- a. це старіння сплаву при більш високих температурах або триваліших видержках, ніж звичайне старіння; з метою отримання більш рівноважного структурного стану та великих пластичності та в'язкості сплаву у поєднанні з підвищеною твердістю та міцністю
- b. це старіння сплаву за більш низьких температур або менш тривалих видержках, ніж звичайне старіння; з метою отримання більш рівноважного структурного стану та великих пластичності та в'язкості сплаву у поєднанні з підвищеною твердістю та міцністю
- c. це старіння сплаву при більш високих температурах або триваліших видержках, ніж звичайне старіння; з метою отримання максимальної міцності (твердості) та пластичності сплаву

d. це старіння сплаву, який не був підданий гартуванню з метою отримання високої твердості і міцності в поєднанні з великою пластичністю і в'язкістю сплаву

137. Сплави з якою концентрацією компонентів можуть бути піддані старінню?

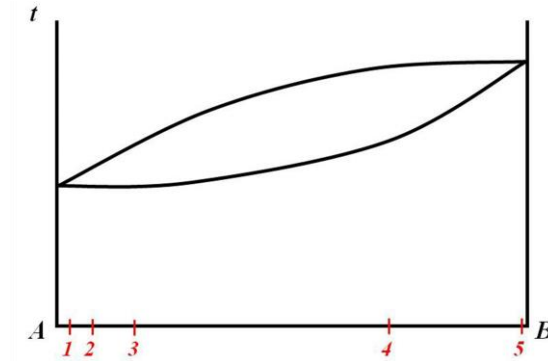


Рисунок 3.17 –

- a. 1, 2
- b. 2, 3
- c. 3, 4
- d. 4, 5
- e. дані сплави не можуть бути піддані старінню

138. Залежність міцності від тривалості старіння визначити, як співвідносяться між собою температури старіння.

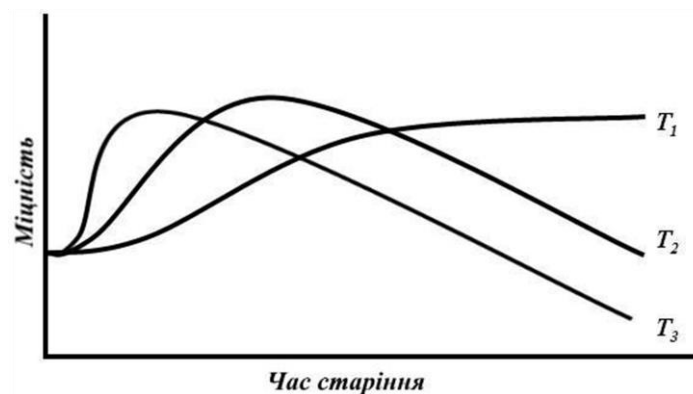


Рисунок 3.18 –

- a. $T_1 > T_2 > T_3$
- b. $T_1 < T_2 < T_3$
- c. $T_3 < T_2 < T_1$
- d. $T_2 > T_3 > T_1$

139. Для оцінки орієнтовних температур старіння існує формула М.В. Захарова: $T_{стар} = (0,5-0,6)T_{пл}$ [°K]. Оцініть температури старіння для сплаву з $t_{пл}=727$ °C

- a. 363,5–436,2 °C
- b. 90,5–163,2 °C
- c. 227–327 °C
- d. 500–600 °C

140. Залежність твердості від тривалості старіння визначити, як співвідносяться між собою температури старіння.

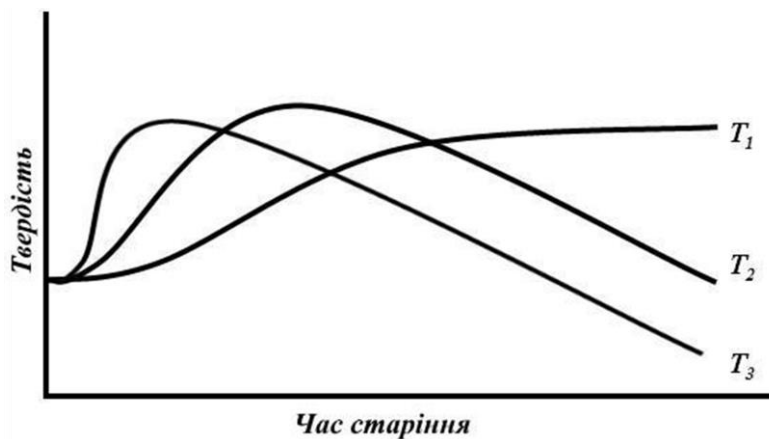


Рисунок 3.19 –

- a. $T_1 > T_2 > T_3$
- b. $T_1 < T_2 < T_3$
- c. $T_3 < T_2 < T_1$
- d. $T_2 > T_3 > T_1$

141. Яку температуру старіння вибрати (із запропонованих) для старіючого сплаву з концентрацією компонентів с?

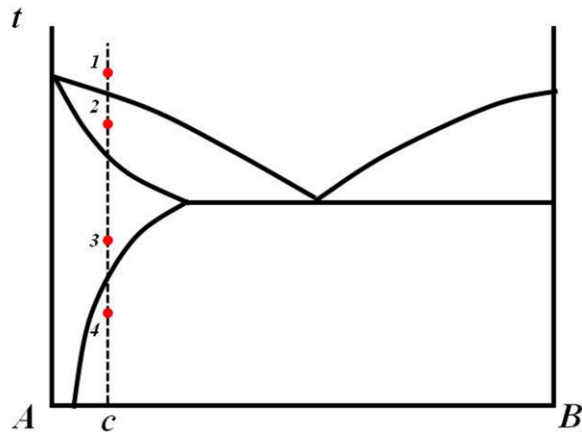


Рисунок 3.20 –

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

142. З якою метою проводять обробку відновлення старіючих сплавів?

- a. з метою відновлення пластичності перед пластичною деформацією
- b. з метою відновлення твердості перед обробкою різанням
- c. з метою відновлення міцності перед пластичною деформацією
- d. з метою подальшого гартування та старіння

143. Залежність пластичності від тривалості старіння визначити, як співвідносяться між собою температури старіння.

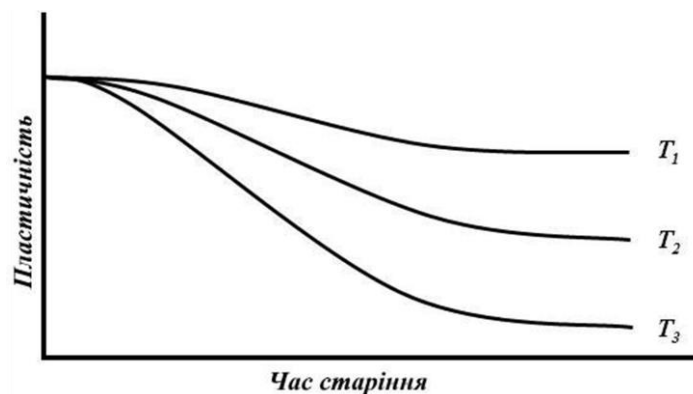


Рисунок 3.21 –

- a. $T_1 > T_2 > T_3$
- b. $T_1 < T_2 < T_3$
- c. $T_3 < T_2 < T_1$
- d. $T_2 > T_3 > T_1$

144. Чому не всі старіючі сплави можуть бути піддані природному старінню?

- a. через низьку температуру, якої недостатньо для розвитку дифузійних процесів
- b. через низьку температуру відбувається неконтрольований розпад метастабільного пересиченого розчину
- c. через низьку температуру не досягаються максимальні пластичні властивості сплаву
- d. будь-який старіючий сплав може бути підданий природному старінню

145. З якою метою проводять гартування сплаву перед старінням

- a. з метою одержання метастабільного пересиченого твердого розчину
- b. з метою підвищення твердості та міцності
- c. з метою отримання оптимальних механічних властивостей

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Технічне регулювання та контроль на підприємстві : підручник / А. М. Должанський, О. С. Максакова, К. О. Чорноіваненко, Т. А. Аюпова, Н. В. Полякова, О. А. Бондаренко, І. М. Ломов; за ред. А. М. Должанського. Дніпро : Свідлер А.Л., 2023. Т. 2 : Технології та дефекти продукції металургії. 632 с. URL: <https://crust.ust.edu.ua/bitstreams/d0c75f11-88e5-433e-bf1c-1541e384b5a7/download>
2. Гапонова О. П., Говорун Т. П. Інженерне матеріалознавство : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2024. 403 с. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/98383/3/Haponova_materialoznavstvo.pdf
3. González J. I. V., Fernández-González D., González L.F.V. Physical metallurgy and heat treatment of steel. Springer, 2023. 343 p.
4. Дегула А. І., Харченко Н. А. Сучасні тенденції в матеріалознавстві : конспект лекцій. Суми : Сумський державний університет, 2024. 137 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/98331/1/Dehula.pdf>
5. Вакуленко І. О. Конспект лекцій з дисципліни «Термічна обробка металів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 132 Матеріалознавство, за освітньо-професійною програмою «Матеріалознавство» всіх форм навчання. Кам'янське : ДДТУ, 2024. 121 с. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/28/5-28-k154.pdf>
6. Погребна Н. Е., Куцова В. З., Котова Т. В. Способи зміцнення металів. Навч. посіб. Дніпро : НМетАУ, 2021. 89 с. URL: http://nmetau.edu.ua/file/sposobi_zmitsnennya_metaliv.pdf
7. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство, розділ Матеріалознавство : Навч. посіб. / Л. Г. Бодрова, Г. М. Крамар, Я. О. Ковальчук, І. В. Коваль. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 157 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41575/1/ba.pdf>
8. Гожій С. П. Основи фізико-технічних та хіміко-термічних процесів для підвищення ресурсу виробів машинобудування. Навч. посіб. з вибіркової компоненти «Основи фізико-технічних та хіміко-термічних процесів для під-

вищення ресурсу виробів машинобудування» для студентів галузі знань 13 Механічна інженерія, спеціальностей 131 Прикладна механіка усіх форм навчання. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,89 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 104 с. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/24f7ac44-4cd2-4c07-b567-95c119263dd5/download>

9. Кондрашев П. В. Матеріалознавство. Конспект лекцій : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. – Електронні текстові дані. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 98 с. URL:

https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/57993/3/Konspekt_lektsiy%CC%86_material_oznavstvo_2023.pdf

10. Кондрашев П. В. Технологія конструкційних матеріалів. Конспект лекцій : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг пакувань та пакувального обладнання» спеціальності 131 Прикладна механіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,14 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 174 с. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/99170f52-83ca-4248-b475-a34415eee306/download>

11. Матеріалознавство. Лаб. практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування / П. В. Кондрашев, Ю. В. Ключников, О. Т. Сердітов, Д. А. Лесик. – Електронні текстові дані. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 55 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/54657/1/Materialoznavstvo_Laboratornyi_praktykum.pdf

12. Дробот О. С. Теорія і технологія термічної обробки : методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство». Хмельницький : ХНУ, 2022. 35 с. URL: https://tam.khmnmu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/37/teoriya_to_drobot_22.pdf

13. Кодекс етики академічних взаємовідносин та доброчесності Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» СУЯ ХПІ-ВЗЯОД-МР/10.1:2023. URL: <https://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/wp-content/uploads/sites/43/2024/04/Kodeks-etyky-akademichnyh-vzayemovidnosyn-ta-dobrochesnosti-Natsionalnogo-tehnichnogo-universytetu-Harkivskyj-politehnicnyj-instytut-.pdf>

14. СТЗВО-ХПІ-3.01-2021. Система стандартів з організації навчального процесу. Текстові документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання / Є. Сокол, Р. Мигущенко, С. Радогуз, В. Пильов, С. Хазієва,

Г. Крупа. – На заміну СТЗВО-ХПІ-3.01-2018 ; [чинний з 2022-01-01]. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 52 с. URL: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2021/12/STZVO-HPI-3.01-2021-SSONP.-Tekstovi-dokumenti-u-sferi-navchalnogo-protsesu.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>

Додаткова література

1. Застосування спеціалізованого програмного забезпечення в матеріалознавстві та термічній обробці металів та сплавів : метод. посіб. / Р. В. Подольський, О. І. Бабаченко, Г. А. Кононенко, Н. С. Романова, А. О. Сафронова, Е. С. Клемешов, Україн. держ. ун-т науки і технол. Дніпро : 2022. 66 с. URL: https://nmetau.edu.ua/file/metodichniy_posibnik_podolskiy_ta_in_.pdf

2. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство» Розділ «Технологія конструкційних матеріалів» для здобувачів бакалаврського ступеня вищої освіти за спеціальностями 131 «Прикладна механіка» (групи МП) 133 «Галузеве машинобудування» (групи ММ) 274 «Автомобільний транспорт» (групи МА) 208 «Агроінженерія» (групи МГ). Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. 108 с. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/44831/1/Lab_rob_TKM_2024.pdf

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. <https://studfiles.net/>

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ.....	5
3. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ.....	24
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	62
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	62
ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ.....	64

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки»
для студентів денної та заочної форм навчання
за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

Укладачі :

БАРМІН Олександр Євгенович
ФЕДОРЕНКО Ганна Анатоліївна

Відповідальна за випуск проф. Субботіна В. В.
Роботу до видання рекомендувала проф. Пономаренко О. І.

В авторській редакції

План 2026 р., поз. 249

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Електронне видання