

Тема: Термічна обробка металів

Мета заняття:

Ознайомлення з основними концепціями термічної обробки металів.

Розуміння впливу термічної обробки на властивості металів.

Вивчення методів термічної обробки та їх використання в промисловості.

План:

## **1. Вступ:**

Металургія завжди відігравала ключову роль у розвитку технологій та промисловості. Одним із найважливіших процесів у металургії є термічна обробка металів, яка спрямована на зміну їхньої структури та властивостей за допомогою нагрівання та охолодження.

У наш час термічна обробка металів стала не лише показником високої технологічної культури виробництва, але й ключовим елементом у досягненні певних властивостей, таких як міцність, твердість, пластичність та стійкість до корозії. Вона знаходить широке застосування у виробництві автомобілів, літаків, машин та інструментів, дозволяючи підвищити їхню надійність та тривалість служби.

***Ознайомлення з термічною обробкою металів та її значенням у промисловості.***

Термічна обробка металів - це комплекс технологічних процесів, які використовуються для зміни структури та властивостей металічних матеріалів шляхом контрольованого нагрівання і охолодження. Цей процес відіграє критичну роль у виробництві металевих виробів, оскільки дозволяє досягти бажаних характеристик матеріалів, таких як міцність, твердість, пластичність та стійкість до корозії.

Значення термічної обробки металів у промисловості важко переоцінити. Ось деякі основні аспекти, що варто врахувати:

**Міцність та Твердість:** Термічна обробка дозволяє змінити структуру металу так, щоб підвищити його міцність та твердість, зробивши його більш стійким до механічних навантажень.

**Пластичність:** Правильно проведена термічна обробка може підвищити пластичність металу, що робить його більш придатним для обробки та формування.

**Стійкість до Корозії:** Деякі методи термічної обробки, наприклад, закалювання та відпускання, можуть підвищити стійкість металу до корозії, роблячи його більш довговічним у різних умовах експлуатації.

**Контроль Мікроструктури:** Термічна обробка дозволяє точно контролювати мікроструктуру металу, що відіграє важливу роль у властивостях матеріалу.

**Усунення Внутрішніх Напружень:** Процеси термічної обробки можуть допомогти усунути внутрішні напруження, які можуть виникати під час виробництва або обробки металу, підвищуючи таким чином його довговічність та міцність.

### ***Пояснення мети та переваг термічної обробки.***

Мета термічної обробки металів полягає у зміні структури та властивостей матеріалу для досягнення певних цілей. Основні цілі термічної обробки включають:

**Підвищення міцності та твердості:** Зміна структури металу під час термічної обробки може призвести до підвищення його міцності та твердості, роблячи його більш стійким до механічних навантажень.

**Покращення пластичності:** Термічна обробка може також підвищити пластичність металу, що робить його більш придатним для обробки та формування у виробництві.

**Усунення внутрішніх напружень:** Процеси термічної обробки дозволяють усунути внутрішні напруження, які можуть виникати під час виробництва або обробки металу, що допомагає підвищити його міцність та довговічність.

**Контроль мікроструктури:** Термічна обробка дозволяє точно контролювати мікроструктуру металу, що відіграє важливу роль у властивостях матеріалу, таких як міцність, твердість та пластичність.

Покращення стійкості до корозії: Деякі методи термічної обробки можуть підвищити стійкість металу до корозії, збільшуючи його довговічність у різних умовах експлуатації.

### ***Переваги термічної обробки металів включають:***

- Підвищення якості та надійності виробів: Термічна обробка дозволяє досягти бажаних властивостей матеріалу, що робить вироби більш якісними та надійними у використанні.
- Можливість використання широкого спектру металів: Термічна обробка може бути застосована до різних типів металів, що розширює можливості їх використання у різних галузях промисловості.
- Ефективне вирішення проблем з виробництва та експлуатації: Термічна обробка може бути використана для вирішення проблем, пов'язаних з міцністю, твердістю, пластичністю або корозійною стійкістю металевих виробів.
- Економія часу та коштів: Правильно проведена термічна обробка може допомогти зменшити час та витрати на виробництво, оскільки вона дозволяє досягти бажаних результатів у виготовленні металевих виробів.

## **2. Основні методи термічної обробки:**

### ***Закалювання.***

Закалювання є одним з основних методів термічної обробки металів і використовується для підвищення міцності та твердості матеріалу. Процес закалювання полягає у нагріванні металевого виробу до високої температури, після чого він раптово охолоджується, часто у середовищі оливи або води.

*Основні кроки процесу закалювання включають:*

**Нагрівання:** Металевий виріб нагрівається до високої температури, яка зазвичай перевищує точку кристалізації металу (точку  $A_c$ ).

**Утримання на температурі:** Після досягнення потрібної температури метал залишають у печі протягом певного часу для забезпечення однорідного нагріву всього об'єму виробу.

**Охолодження:** Після нагрівання металу раптово охолоджують, зазвичай у середовищі оливи або води. Це призводить до швидкого охолодження

поверхні металу, що спричиняє його кристалізацію та формування мартенситної структури, яка забезпечує підвищену міцність та твердість.

Переваги закалювання включають:

- Підвищення міцності та твердості: Закалювання дозволяє підвищити міцність та твердість металу, роблячи його більш стійким до механічних навантажень.
- Усунення внутрішніх напружень: Процес закалювання може допомогти усунути внутрішні напруження, які виникають під час обробки металу, підвищуючи його довговічність та міцність.
- Контроль мікроструктури: Закалювання дозволяє точно контролювати мікроструктуру металу, що відіграє важливу роль у властивостях матеріалу.
- Хоча закалювання дозволяє підвищити міцність та твердість металу, важливо враховувати, що цей процес може також зробити матеріал більш крихким. Тому після закалювання часто використовують процес відпускання, щоб зменшити крихкість та зберегти необхідний баланс міцності та пластичності.

Відпуск.

Відпуск - це один з етапів термічної обробки металів, який використовується для зниження міцності та твердості матеріалу, отриманого в результаті закалювання, з метою покращення його пластичності та зниження крихкості. Основною метою відпуску є зниження внутрішніх напружень та покращення механічних властивостей металу.

Процес відпуску включає наступні кроки:

1. **Нагрівання:** Металевий виріб після закалювання нагрівають до певної температури, яка зазвичай знаходиться у межах від 300°C до 700°C, залежно від типу металу та вимог до його властивостей.
2. **Утримання на температурі:** Після досягнення потрібної температури метал залишають у печі протягом певного часу для забезпечення однорідного нагріву всього об'єму виробу.
3. **Охолодження:** Після закінчення періоду утримання метал поступово охоловають. Швидкість охолодження може бути повільною або швидкою, залежно від бажаних властивостей та товщини виробу.

Переваги відпуску включають:

1. **Зниження крихкості:** Процес відпуску допомагає знизити крихкість металу, що може з'явитися внаслідок закалювання, зберігаючи при цьому необхідну міцність.
2. **Покращення пластичності:** Відпуск забезпечує покращення пластичності та деформованості металу, що робить його більш придатним для обробки та формування.
3. **Усунення внутрішніх напружень:** Процес відпуску допомагає усунути внутрішні напруження, що можуть виникати під час закалювання та призводити до деформацій чи тріщин.
4. **Контроль мікроструктури:** Відпуск дозволяє контролювати мікроструктуру металу, що важливо для забезпечення необхідних механічних властивостей.

Відпуск дозволяє досягти балансу між міцністю та пластичністю металу, що робить його придатним для різноманітних застосувань у промисловості.

Нормалізація.

Нормалізація є одним з методів термічної обробки металів, який використовується для зниження внутрішніх напружень, вирівнювання структури та покращення механічних властивостей металу. Цей процес використовується після розчинення вуглецю в металевій матриці (якщо він присутній), що може виникати в результаті попередніх термічних обробок або обробки металу.

Основні кроки процесу нормалізації включають:

1. **Нагрівання:** Металевий виріб нагрівають до високої температури, зазвичай трохи вище точки  $A_{c3}$  (точка, при якій відбувається повна перетворення гамма-фази в альфа-фазу вуглецю).
2. **Утримання на температурі:** Метал залишають у печі протягом певного часу для забезпечення однорідного нагріву всього об'єму виробу.
3. **Охолодження на повітрі:** Після утримання на певній температурі метал поступово охоловають на повітрі до кімнатної температури.

Головна мета нормалізації полягає в усуненні внутрішніх напружень та вирівнюванні структури металу шляхом перетворення аустеніту (гамма-фази) у ферит та перліт (альфа+гамма-фази). Це дозволяє покращити механічні властивості металу, такі як міцність та пластичність, і зменшити його крихкість.

Переваги нормалізації включають:

1. **Усунення внутрішніх напружень:** Процес нормалізації дозволяє ефективно усунути внутрішні напруження, що можуть виникати в металі під час попередніх термічних обробок або обробки.
2. **Покращення механічних властивостей:** Нормалізація покращує механічні властивості металу, такі як міцність та пластичність, що робить його більш придатним для обробки та використання.
3. **Зниження крихкості:** Процес нормалізації може допомогти знизити крихкість металу, що може бути важливо для деяких застосувань, особливо у виробництві важких конструкцій.

Відпал

Відпал - це процес термічної обробки металів, який використовується для зміни структури та властивостей матеріалу шляхом нагрівання до певної температури, утримання на цій температурі протягом певного часу, а потім поступового охолодження до кімнатної температури. Головна мета відпалу - зміна мікроструктури металу з метою покращення його механічних властивостей та зниження внутрішніх напружень.

Основні кроки процесу відпалу включають:

1. **\*\*Нагрівання:\*\*** Металевий виріб нагрівають до високої температури, яка зазвичай вище точки кристалізації металу, але нижче точки плавлення.
2. **\*\*Утримання на температурі:\*\*** Після досягнення потрібної температури метал залишають у печі протягом певного часу для забезпечення однорідного нагріву всього об'єму виробу. Час утримання залежить від типу металу, його товщини та інших факторів.
3. **\*\*Охолодження:\*\*** Після утримання на певній температурі метал поступово охоловають, зазвичай природним способом до кімнатної температури.

Відпал може бути виконаний у різних режимах, таких як:

- **\*\*М'який відпал:\*\*** Зазвичай застосовується для зменшення внутрішніх напружень та покращення пластичності металу. Температура нагрівання зазвичай близька до, але нижче точки рекристалізації металу.

- **\*\*Середній відпал:\*\*** Використовується для зниження внутрішніх напружень та покращення міцності металу. Температура нагрівання вище точки рекристалізації, але нижче точки плавлення.

- **\*\*Високотемпературний відпал:\*\*** Використовується для покращення механічних властивостей металу, таких як міцність та твердість. Температура нагрівання зазвичай наближається до точки плавлення металу.

Переваги відпалу включають:

1. **\*\*Усунення внутрішніх напружень:\*\*** Відпал допомагає усунути внутрішні напруження, що можуть виникати в металі під час обробки або термічних процесів.
  2. **\*\*Покращення механічних властивостей:\*\*** Відпал може покращити механічні властивості металу, такі як міцність, твердість та пластичність.
  3. **\*\*Зміна мікроструктури:\*\*** Процес відпалу дозволяє змінити мікроструктуру металу з метою досягнення певних властивостей матеріалу.
3. Етапи термічної обробки:

Підготовка металу до обробки.

Підготовка металу до обробки є важливим етапом перед проведенням термічної обробки. Ось деякі основні кроки цього процесу:

1. **Очищення металу:** Перед тим як розпочати будь-який процес термічної обробки, метал повинен бути ретельно очищений від бруду, окалини, жирів та інших забруднень, щоб уникнути контамінації та забезпечити рівномірне нагрівання.
2. **Обрізка та формування:** У деяких випадках метал може бути обрізаний або сформований до бажаної форми перед термічною обробкою. Це може включати різання, виготовлення отворів або будь-які інші механічні операції.
3. **Маркування:** Деякі вироби можуть бути позначені або марковані перед термічною обробкою для подальшої ідентифікації та відстеження.
4. **Контроль розмірів та габаритів:** Перед проведенням термічної обробки слід перевірити розміри та габарити металевого виробу, щоб уникнути можливих деформацій або дефектів.

Після підготовки металу до обробки, можна переходити до нагрівання:

1. **Нагрівання:** Метал нагрівають до потрібної температури, яка залежить від конкретного процесу термічної обробки. Нагрівання може здійснюватися у печах, пічках, плавильних печах або інших спеціальних пристроях.
2. **Утримання на температурі:** Після досягнення потрібної температури метал залишають у печі протягом певного часу для забезпечення однорідного нагріву всього об'єму виробу.

Після завершення термічної обробки можуть застосовуватися додаткові кроки, якщо це необхідно:

1. **Охолодження:** Після утримання на певній температурі метал поступово охолоюють до кімнатної температури. Охолодження може здійснюватися природним чи швидким способом, залежно від вимог процесу.
2. **Відпуск:** Якщо після закалювання металу необхідно покращити його пластичність та зменшити крихкість, може застосовуватися процес відпуску.
3. **Післяобробка:** Після завершення термічної обробки метал може піддаватися додатковій обробці, такій як шліфування, полірування або змащення захисним покриттям.

#### 4. Вплив термічної обробки на властивості металу:

Вплив термічної обробки на властивості металу може бути значним і залежить від конкретного процесу, параметрів обробки та вихідних характеристик металу. Ось як термічна обробка впливає на різні властивості металу:

1. **Міцність:** Термічна обробка може підвищити міцність металу шляхом формування більш жорсткої мікроструктури, такої як мартенсит, та усунення внутрішніх дефектів. Закалювання зазвичай призводить до збільшення міцності металу.
2. **Твердість:** Термічна обробка може підвищити твердість металу, змінюючи його кристалічну структуру та розподіл домішок. Закалювання, наприклад, може збільшити твердість металу, формуючи більш тверді фази, такі як мартенсит.
3. **Пластичність:** Певні види термічної обробки можуть покращити пластичність металу, зменшуючи внутрішні напруження та



розширюючи зону пластичної деформації. Відпуск, наприклад, може покращити пластичність металу, знижуючи його жорсткість.

4. **Опір корозії:** Деякі методи термічної обробки можуть покращити опір металу до корозії шляхом утворення більш стійких захисних шарів на його поверхні. Наприклад, нітрування може збільшити опір корозії, утворюючи азотовмісний шар на поверхні металу.
5. **Мікроструктура:** Термічна обробка має великий вплив на мікроструктуру металу, що визначає його властивості. Наприклад, швидке охолодження під час закалювання може призвести до утворення мартенситної структури, що підвищує міцність, твердість та крихкість металу.

Враховуючи ці властивості, вибір конкретного типу термічної обробки і параметрів процесу залежить від вимог до кінцевого продукту та потрібного балансу між різними механічними властивостями.

## ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Приклад вирішення задачі.

Звичайна задача, пов'язана з термічною обробкою металів, - це розрахунок часу нагріву металевого виробу до певної температури та часу утримання на цій температурі. Одним із типових прикладів є розрахунок часу нагріву та утримання для закалювання сталевого виробу.

Припустимо, що маємо сталевий вал діаметром 50 мм, який необхідно закалити. Температура закалювання для цього типу сталі складає 900°C, а потрібна товщина закалювання - 10 мм. Швидкість охолодження в олії складає 80°C за хвилину.

Щоб розрахувати час нагріву та утримання, врахуємо наступне:

1. **Час нагріву:** Використаємо формулу для розрахунку часу нагріву:

$$t_{\text{наг}} = \frac{\Delta T}{\text{швидкість нагріву}}$$

де  $\Delta T$  - різниця між потрібною температурою закалювання та початковою температурою металу.

2. **Час утримання:** Час утримання на потрібній температурі визначається вимогами технологічного процесу та типом сталі.

Отже, для нашої задачі:

Початкова температура металу  $T_{\text{поч}} = 20^{\circ}\text{C}$

Температура закалювання ( $T_{\text{зак}} = 900^{\circ}\text{C}$ )

Різниця температур ( $\Delta T = T_{\text{зак}} - T_{\text{поч}} = 900 - 20 = 880^{\circ}\text{C}$ )

Швидкість охолодження в олії  $= 80^{\circ}\text{C/хв}$

Тривалість утримання (в даному прикладі припустимо, що це 30 секунд для нашої сталі)

### Розрахунок:

1. Час нагріву:

$$t_{\text{наг}} = \frac{880}{80} = 11 \text{ хв}$$

2. Час утримання: 30 секунд

Отже, загальний час обробки для цієї сталі складає:

$$t_{\text{заг}} = t_{\text{наг}} + t_{\text{утр}} = 11 \text{ хв} + 30 \text{ сек} = 11 \text{ хв} 30 \text{ сек}$$

Це приблизний розрахунок, який може варіюватися в залежності від конкретних умов обробки, типу металу та вимог до якості закалювання. Точний час обробки краще визначати експериментально або за допомогою спеціалізованих програм для моделювання процесів термічної обробки.

Варіанти для виконання:

Варіант	Діаметр вала (мм)	Товщина закалювання (мм)	Початкова температура (°C)	Температура закалювання (°C)
1	50	10	20	900
2	60	12	25	880
3	45	8	18	920
4	55	11	22	890