**Лекція**

**Термічна обробка залізовуглецевих сплавів**

 З метою підготовки структури сталевих заготовок, надання потрібних вимог міцності, твердості та пластичності чи формування певного комплексу характеристик, в умовах виробництва застосовують різні види та технології термічної та хіміко-термічної обробки.

Основними видами термічної обробки, що по-різному змінюють структуру та властивості сталій і які призначають в залежності від потреб до напівфабрикатів (виливки, поковки, прокат тощо) чи готових виробів, є відпалювання, нормалізація, гартування та відпущення.

**Відпалювання.**

В залежності від температури нагріву, умов охолодження та отриманих структури і властивостей застосовують різні види відпалювання, схеми яких дані на рис. 1.



*Рисунок 1. – Діаграма стану Fe – Fe3C з температурними інтервалами відпалювання.*

* + 1. – *гомогенізація*. Використовують для литих заготовок з легованої сталі, з метою зменшення дендритної чи внутрішньокристалічної ліквації, яка збільшує схильність сталі до крихкого зламу, знижує пластичність і в’язкість. Нагрівають до t ~ 1100 – 1200°С, охолоджують до 800°С в печі а далі на повітрі.
		2. – *низькотемпературне відпалювання для зниження твердості та рекристалізаційне відпалювання*. Відпущення для зниження твердості нерівноважної структури після прокатки використовують для високолегованих сталей. При цьому покращується оброблюваність, за рахунок сфероїдизації карбідів. Рекристалізаційне відпалювання використовують як проміжну операцію для знімання наклепу при холодному деформуванні. Режим: нагрівають до t ~ 650 – 700°С, охолоджують на повітрі.
		3. – *відпалювання для знищення напружень*. Цьому виду відпалювання піддають виливки, зварені вироби, деталі після обробки різанням, правки, в яких виникають внутрішні (залишкові) напруження. Режим: до t ~ 550 – 650°С, охолодження разом з піччю.
		4. – *повне відпалювання з фазовою перекристалізацією*. Цей вид відпалювання є підготовчою термічною обробкою. Відпалу піддають виливки, поковки, сортовий і фасонний прокат, труби, листи тощо для зниження міцності, твердості, покращення оброблюваності середньовуглецевої та високовуглецевої сталі , подрібнення зерна, усунення структурної неоднорідності та внутрішніх напружень. Режим: нагрівання до t ~ АС3 + (30 – 50°С), охолодження разом з піччю.
		5. – *нормалізація доевтектоїдних сталей*. Цей вид відпущення часто заміняє гартування з відпущенням. Нормалізація визиває повну фазову перекристалізацію, тому отримана структура є дисперсною, що збільшує опір крихкому руйнуванню, знижує поріг холодноламкості; забезпечує гарну оброблюваність; дозволяє отримати оптимальне сполучення міцності і пластичності вуглецевих та легованих сталей. Режим: нагрівання до t ~ АС3 + (50 – 70°С), охолодження прискорене, на повітрі чи обдувом.
		6. – нормалізація заевтектоїдних сталей застосовується для усунення цементитної сітки;
		7. – *сфероїдизація*. Застосовують для заевтектоїдних вуглецевих та легованих сталей з метою отримання зернистої (сфероїдальної) форми перліту, замість пластинчатої. Сталь з зернистим перлітом має трохи меншу твердість і міцність, але набуває гарної оброблюваності різанням, тобто можливе використання великих швидкостей різання і отримання високої чистоти поверхні. Режим: нагрівання до t ~ 750 – 780°С, охолодження до 620 – 680°С в печі, а далі на повітрі.
		8. – *неповне відпалювання*. Використовують для покращення оброблюваності різанням конструкційних вуглецевих та легованих сталей. Режим: нагрів до t ~ АС1 + 50°С, охолодження до 600°С разом з піччю, а даль на повітрі.

 **Гартування та відпущення сталі.**

 Гартування полягає в нагріві сталі на 30 – 50°С вище лінії АС3 для доевтектоїдних сталей чи вище лінії АС1 для заевтектоїдних сталей; витримці для завершення фазових перетворень и подальшому охолодженню зі швидкістю більшою за критичну. Для вуглецевих сталей охолодження проводять частіше у воді, а для легованих – в маслі чи інших середовищах. Щоб зменшити крихкість і напруження, що викликаються гартуванням, і отримати потрібний комплекс механічних властивостей, сталі після гартування обов’язково піддають відпущенню.

Конструкційні сталі в основному піддають гарту для підвищення міцності, твердості, отримання достатньої в’язкості, інструментальні сталі гартують з метою надання твердості, різальних властивостей, зносостійкості.

Вибір температурного режиму при гартування залежить від хімічного складу сталі, структури та кінцевого комплексу вимог, які ставляться до неї.

Доевтектоїдні сталі нагрівають на 20 – 30°С вище точки АС3. В цьому разі сталь з вихідною структурою Ф + П(Ф+Fe3C) набуває гомогенну структуру аустеніту, яка при охолодженні з надкритичною швидкістю перетворюється в мартенсит (рис 2).

Заевтектоїдні сталі нагрівають при гартуванні до t ~(30 – 50°С) + А1, при цьому в структурі крім аустеніту зберігається деяка кількість цементиту. Після охолодження структура сталі буде складатися з мартенситу і нерозчинених часток карбідів, які мають високу твердість.

Леговані сталі нагрівають до температур більших за звичайні, для більш повного розчинення легуючих елементів і отримання легованого аустеніту.



*Рисунок 2 – Схема гартування сталі*

Тривалість нагріву при гартування повинна забезпечувати прогрівання виробу по перерізу і завершення фазових перетворень, але не повинна приводити до зростання зерен і зневуглецювання поверхневих шарів сталі. З метою запобігання останнього застосовують нагрівання в захисній чи інертній атмосфері.

Охолодження при гартуванні повинно забезпечити отримання структури мартенситу в межах потрібного перерізу виробу, при цьому не повинно визивати гартувальних дефектів: тріщин, деформацій, викривлення та високих залишкових напружень. Швидкість охолодження повинна бути над критичною в інтервалі температур Аr1 – MН для придушення розпаду аустеніту в області перлітного перетворення і уповільненою при охолодженні в інтервалі температур МН – МК (висока швидкість небажана бо приводить до різкого збільшення залишкових напружень і навіть до утворення тріщин).

В залежності від швидкості охолодження при розпаді аустеніту можуть утворюватися також дисперсні ферито-цементитні структури – сорбіт, троостит.

Завершальною операцією гартування є відпущення, в результаті якого сталь отримує потрібні структуру і властивості. Крім того знешкоджуються внутрішні напруження, що виникають при гарті.

Відпущення полягає в нагріванні загартованої сталі до температур нижчих АС1, тривалій витримці при заданій температурі і подальшому повільному охолодженні.

Температура та швидкість охолодження мають суттєвий вплив на формування остаточної структури. За цією ознакою розрізняють три види відпущення: низькотемпературне (низьке), середньо температурне (середнє) і високотемпературне (високе) (рис. 3).



*Рисунок 3. – Види відпущення.*

*Низькотемпературне (низьке) відпущення* проводять з нагріванням до 250 °С. При цьому знижується внутрішня напруга, мартенсит гарту переходить у відпущений мартенсит, підвищується міцність і небагато поліпшується в'язкість, без помітного зниження твердості. Застосовують для загартованих сталей (0,5—1,3 %С), які після низького відпущення зберігають твердість в межах HRC 58—63, а отже, високу зносостійкість. Проте такий виріб (якщо око не має в'язкої серцевини) не витримує значних динамічних навантажень.

Низькотемпературному відпущенню піддають ріжучий і вимірювальний інструмент з вуглецевих і низьколегованих сталей, а також деталі, що зазнали поверхневий гарт, цементацію, ціанування або нітроцементацію. Тривалість відпущення зазвичай 1—2,5 годин, а для виробів великих перетинів і вимірювальних інструментів призначають більш тривалішу витримку.

*Средньотемпературне (середнє) відпущення* виконують при 350—500 °С і застосовують головним чином для пружин і ресор, а також для штампів. Таке відпущення забезпечує високу межу пружності, межу витривалості і релаксаційну стійкість. Структура стали після середнього відпущення – троостит відпущення або троосто-мартенсит; твердість становить HRC 40—50.

*Високотемпературне (високе) відпущення* проводять при 500—680 °С. Структура стали після високої відпущення – сорбіт відпущення. Високе відпущення створює якнайкраще співвідношення міцності і в'язкості стали.

Гартування з високим відпущенням в порівнянні з нормалізованим або відпаленим станом одночасно підвищує σто і σ02, δ і ψ , а також KCU*.* Термічну обробку, що складається з гартування і високого відпущення, називають *поліпшенням*.

Поліпшенню піддають середньовуглецеві (0,3 – 0,5 %С) конструкційні стали, до яких пред'являються високі вимоги до межі текучості, межі витривалості і ударної в'язкості. Поліпшення значно підвищує конструктивну міцність стали, зменшуючи чутливість до концентраторів напруги, роботу розвитку тріщини, знижує температуру верхнього і нижнього порогу холодноламкості.

Відпущення при 550 – 600 °С протягом 1 – 2 годин майже повністю знімає залишкові напруження, що виникли при гартуванні. Залежно від габаритних розмірів виробу тривалість високого відпущення складає 1,0 – 6 годин.

Гартуванню з високим відпущенням (600 – 700°С) піддають низьковуглецеву і низьколеговану товстолистову сталь,це підвищує її опір крихкому руйнуванню і зменшує схильність до старіння.

**Термомеханічна обробка.**

Термомеханічна обробка – це сукупність операцій деформації, нагріву і охолодження, в результаті яких формування остаточної структури і властивостей матеріалу відбувається в умовах збільшеної щільності і оптимального розподілу дефектів будови, створених пластичною деформацією.

В залежності від температури, при яких здійснюють деформацію і температури рекристалізації металу розрізняють високотемпературну (ВТМО) і низькотемпературну (НТМО) термомеханічну обробку.

При ВТМО сплав нагрівають до температур фазових перетворень у твердий розчин і деформують зі ступенем пластичної деформації 30 – 50%. Після деформації одразу проводять гартування, щоб уникнути розвитку рекристалізації.

По другому способу НТМО, сплав деформують в температурній зоні нижчій за температуру рекристалізації і фазових перетворень, ступінь пластичної деформації складає 75 – 95%. Гартування проводять одразу після деформації і виконують обов’язкове низькотемпературне відпущення.

ТМО дозволяє одночасно отримати дуже високу міцність з забезпеченням гарної пластичності. Також при цьому підвищується ударна в’язкість, тріщиностійкість, знижується поріг холодноламкості і крихкість.

**6. Хіміко-термічна обробка.**

*Хіміко-термічна обробка* (*ХТО*) – термічна обробка металів та сплавів в хімічно активних середовищах для зміни хімічного складу, структури і властивостей в поверхневих шарах.

Механізм ХТО включає:

* утворення в оточуючому середовищі (чи в окремому об’ємі) високої концентрації дифундуючого елемента в атомарному (іонізованому) стані;
* адсорбцію атомів (іонів) на поверхні матеріалу з утворенням хімічних зв’язків між іонами дифундуючого елемента і основного сплаву;
* дифузію адсорбованих атомів від поверхні в глибину оброблюваного матеріалу.

Концентрація активного елементу зменшується від поверхні в глибину металу. При цьому утворюється міцний легований поверхневий шар з поступовим переходом до основного металу.

Технологія ХТО найбільш результативна у випадку, коли дифундуючий елемент і основний метал взаємодіють з утворенням хімічних з'єднань чи твердих розчинів.

ХТО обробку металів класифікують: по виду дифундую чого елемента і по способу дифузійного насичення.

В залежності від насичуючого елементу виділяють такі види ХТО:

* цементація – насичення вуглецем – дозволяє збільшити працездатність виробів, що в процесі експлуатації витримують значні статичні, динамічні і перемінні навантаження а також абразивне зношення;
* азотування – азотом – підвищує твердість поверхневого шару (більш ніж цементація), його зносостійкість, границю витривалості і опір корозії в таких середовищах як пар, повітря, вода;
* нітроцементація – вуглецем і азотом одночасно;
* борірування – бором в певних середовищах – підвищує жаростійкість, корозійну стійкість, зносостійкість і твердість;
* силіціювання – кремнієм – збільшення корозійної стійкості в морській воді, азотній, сірчаній та соляній кислотах;
* алітірування – алюмінієм – для збільшення корозійної стійкості, та окалиностійкості;
* цинкування – цинком – для збільшення стійкості в атмосфері, воді, бензині та інших середовищах;
* нікелювання – нікелем – забезпечує підвищену стійкість проти газової корозії, окалиностійкість, високу корозійну стійкість та зносостійкість; хромування – хромом (аналогічно нікелюванню).

По способу дифузійного насичення застосовують:

* занурення в розплав;
* насиченням з розплавлених солей з електролізом чи без нього; насичення з сублімованої фази шляхом випаровування; насиченням з газової фази.

Хіміко-термічна обробка заклечається в нагріванні виробів до заданої температури і твердому, газовому чи рідкому середовищі, що легко виділяє дифундуючий елемент в атомарному стані, витримці при цій температурі та охолодженні з визначеною швидкістю.

На відзнаку від термічної обробки ХТО змінює не тільки структуру, але й хімічний склад поверхневих шарів сплаву, що дозволяє в більш широких межах змінювати властивості сплавів.

Хіміко-термічна обробка дозволяє збільшити поверхневу міцніть, твердість, опір поверхні ударнім навантаженням, зносостійкість, корозійну стійкість, окалиностійкість, жаростійкість.