**Практична робота № 14**

**Гартування та відпуск**

**Мета роботи:** вивчення методики призначення режимів загартування і відпуску; набуття практичних навичок проведення різних операцій термічної обробки; дослідження впливу вмісту вуглецю і температури відпуску на твердість загартованої сталі.

**Теоретичні відомості**

1. Гартування.

Конструкційні сталі піддають гартуванню і відпуску для підвищення міцності і твердості, отримання високої пластичності, в’язкості і високої зносостійкості, а інструментальні – для підвищення твердості і зносостійкості.

Верхня межа температур нагріву для заевтектоїдних сталей обмежується, оскільки приводить до зростання зерна, що знижує міцність і опір крихкому руйнуванню.

Основними параметрами є температура нагрівання і швидкість охолодження. Тривалість нагріву залежить від нагрівального пристрою.

За температурою нагрівання розрізняють види гартування:

– **повне**,з температурою нагріву на 30…50 °С вище за критичну температуру А3

.

Застосовують його для доевтектоїдних сталей. Зміни структури сталі при нагріванні і охолодженні відбуваються за схемою:

.

Неповне гартування доевтектоїдних сталей недопустиме, оскільки в структурі залишається м’який ферит. Зміни структури сталі при нагріванні і охолодженні відбуваються за схемою:



– **неповне** з температурою нагріву на 30…50 ° С вище за критичну температуру А1



Застосовується для заевтектоїдних сталей. Зміни структури сталі при нагріванні і охолодженні відбуваються за схемою:

.

Після охолодження в структурі залишається цементит вторинний, який підвищує твердість і зносостійкість ріжучого інструменту.

Після повного гартування заевтектоїдних сталей одержують дефектну структуру грубоголчатого мартенситу.

Заевтектоїдні сталі перед гартуванням обов’язково піддають відпалу – сфероїдизації, щоб цементит мав зернисту форму.

**2. Способи гартування.**

Залежно від форми виробу, марки сталі і потрібного комплексу властивостей застосовують різні способи охолодження (рис. 1).



Рис. 1. Режими гартування

**2.1. Гартування в одному охолоджувачі (V1).**

Нагріту до потрібної температури деталь переносять в охолоджувач і повністю охолоджують. Як охолоджуюче середовище використовують:

- воду – для крупних виробів з вуглецевих сталей;

- масло – для невеликих деталей простої форми з вуглецевих сталей і виробів з легованих сталей.

Основний недолік – значні гартувальні напруги.

**2.2. Гартування в двох сферах або переривчасте (V2).**

Нагрітий виріб заздалегідь охолоджують в більш різкому охолоджувачі (вода) до температури ~ 3000 °C і потім переносять в більш м’який охолоджувач (масло).

Переривчасте гартування забезпечує максимальне наближення до оптимального режиму охолоджування. Застосовується в основному для гартування інструментів.

Недолік: складність визначення моменту перенесення виробу з одного середовища в іншу.

**2.3. Ступінчасте гартування (V3).**

Нагрітий до необхідної температури виріб поміщають в охолоджуюче середовище, температура якого на 30...50 °Свище за точку Мн і витримують протягом часу, необхідного для вирівнювання температури по всьому перетину. Час ізотермічної витримки не перевищує періоду стійкості аустеніту при заданій температурі.

Як охолоджуюче середовища використовують розплавлені солі або метали. Після ізотермічної витримки деталь охолоджують з невисокою швидкістю. Спосіб використовується для дрібних і середніх виробів.

**2.4. Ізотермічне гартування (V4).**

Відрізняється від ступінчастого гартування тривалістю витримки при температурі вище Мн, в області проміжного перетворення. Ізотермічна витримка забезпечує повне перетворення переохолодженного аустеніту в бейніт. При проміжному перетворенні легованих сталей окрім бейніту в структурі зберігається аустеніт залишковий. Структура, що утворилася, характеризується поєднанням високої міцності, пластичності і в’язкості. Разом з цим знижується деформація через гартувальні напруги, зменшуються і фазові напруги. Як охолоджуюче середовища використовують розплавлені солі і луги. Застосовуються для легованих сталей.

**2.5. Гартування з самовідпуском.**

Нагріті вироби поміщають в охолоджуюче середовище і витримують до неповного охолодження. Після витягування виробу, його поверхневі шари повторно нагріваються за рахунок внутрішньої теплоти до необхідної температури, тобто здійснюється самовідпуск. Застосовується для виробів, які повинні поєднувати високу твердість на поверхні і високу в’язкість в серцевині (інструменти ударної дії: молотки, зубила).

3. Відпуск.

Відпуск є кінцевою термічною обробкою.

Метою відпуску є підвищення в’язкості і пластичності, зниження твердості і зменшення внутрішніх напружень загартованих сталей.

З підвищенням температури нагріву міцність звичайно знижується, а пластичність і в’язкість зростають. Температуру відпуску вибирають, виходячи з необхідної міцності конкретної деталі.

Розрізняють три види відпуску

1. **Низький відпуск** з температурою нагріву Тн = 150…300 °С.

В результаті його проведення частково знімаються гартувальні напруження. Одержують структуру – мартенсит відпуску.

Проводять для інструментальних сталей; після гартування струмами високої частоти; після цементації.

2. Середній відпуск з температурою нагріву Тн = 300…450 °С.

Одержують структуру – троостит відпуску*,* яка поєднує високу твердість 40…45HRC з доброю пружністю і в’язкістю. Використовується для виробів типу пружин, ресор.

3. Високий відпуск з температурою нагріву Тн = 450…650 °С.

Одержують структуру, яка поєднує достатньо високу твердість і підвищену ударну в’язкість (оптимальне поєднання властивостей) – сорбіт відпуску.

Використовується для деталей машин, що витримують ударні навантаження.

Комплекс термічної обробки, що включає гартування і високий відпуск, називається **поліпшенням.**

4. Відпускна крихкість.

Звичайно з підвищенням температури відпуску ударна в’язкість збільшується, а швидкість охолодження не впливає на властивості. Але для деяких сталей спостерігається зниження ударної в’язкості. Цей дефект називається **відпускною крихкістю**(рис. 2).



Рис. 2. Залежність ударної в’язкості від температури відпуску

**Відпускна крихкість І роду**спостерігається при відпуску в області температур біля 300 °С. Вона не залежить від швидкості охолодження.

Це явище позв’язане з нерівномірністю перетворення мартенситу відпуску. Процес протікає швидше поблизу границь зерен в порівнянні з об’ємами всередині зерна. На границях спостерігається концентрація напружень, тому границі крихкі.

Відпускна крихкість І роду “необоротна“, тобто при повторних нагріваннях тих же деталей не спостерігається.

**Відпускна крихкість II роду**спостерігається в легованих сталях при повільному охолодженні після відпуку в області 450…650 °С*.*

При високому відпуску по границях зерен відбувається виділення дисперсних включень карбідів. Зона поблизу границь збідняється легуючими елементами. При подальшому повільному охолодженні відбувається дифузія фосфору до границь зерна. Зони поблизу границь збагатились фосфором, при цьому знижуються міцність і ударна в’язкість. Цьому деекту сприяють хром, марганець і фосфор. Зменшують схильність до відпускної крихкості II роду молібден і вольфрам, а також швидке охолодження після відпуску.

Відпускна крихкість II роду “оборотна“, тобто при повторних нагріваннях і повільному охолодженні тих же сталей в небезпечному інтервалі температур дефект може повторитися.

Сталі, схильні до відпускної крихкості II роду, не можна використовувати для роботи з нагріванням до 650 °С без подальшого швидкого охолодження.