

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №5
«Визначення оптимальної температури нагрівання під гартування
сталі заданого хімічного складу»

з дисципліни «Технологічні процеси та комплекси зміцнення та
відновлення деталей машин»

для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка»
освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №5 «Визначення оптимальної температури нагрівання під гартування сталі заданого хімічного складу» з дисципліни «Технологічні процеси та комплекси зміцнення та відновлення деталей машин» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл. М.М. Бриков. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 8 с.

Укладач: М.М. Бриков, професор, докт. техн. наук

Рецензент: М.Ю. Осіпов, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: М.М. Бриков, професор, докт. техн. наук

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №5 від 29.11.2024 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №4
від 17.12.2024 р.

ЗМІСТ

1 Мета роботи	4
2 Загальні відомості.....	4
3 Обладнання, прилади та матеріали	7
4 Порядок виконання роботи.....	7
5 Зміст звіту.....	7
6 Контрольні запитання	8
Рекомендована література	8

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити та засвоїти метод експериментального визначення критичних точок сталей та таких режимів гартування, які є оптимальними для сталей певного хімічного складу.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Гартування сталей на мартенсит є, імовірно, найбільш широко використовуваною технологією зміцнення різних деталей машин, а також інструмента. Зміцнення сталей у процесі гартування реалізується за рахунок утворення мартенситу – пересиченого твердого розчину вуглецю в ОЦК гратці заліза.

У рівноважному стані розчинність вуглецю в ОЦК гратці мізерно мала. Так, при кімнатній температурі розчинність становить 0,006 % (мас). Навіть при нагріванні до 727 °С, коли розчинність досягає максимуму, вона становить лише 0,02 %. Вміст же вуглецю в промислово використовуваних сталях, як правило, значно вище. Конструкційні сталі містять до 0,50 – 0,70 %С, а інструментальні – до 1,30 %С (нелеговані) або до 2,20 %С (леговані).

При нагріванні сталей під гартування до температури аустенітизації відбувається перетворення гратки з ОЦК у ГЦК. Оскільки розчинність вуглецю в ГЦК гратці заліза досягає 2,14 %, весь вуглець, що міститься у сталі, може бути переведений у розчин.

Саме гартування сталі відбувається при швидкому охолодженні від температури, при якій весь вуглець перебуває в розчині. У результаті такого швидкого охолодження вуглець не встигає виділитися з розчину, незважаючи на те, що гратка перетерплює зворотне перетворення із ГЦК в ОЦК. У результаті такої операції в ОЦК гратці розчинено набагато більше вуглецю, ніж вона здатна «вмістити» у рівноважному стані. Це приводить до викривлення ОЦК гратки і, як наслідок, значному підвищенню твердості й міцності (до деякого вмісту вуглецю). Викривлена ОЦК гратка заліза, яка пересичена вуглецем понад межу рівноважної розчинності,

називається мартенситом.

Температура нагрівання під гартування залежить від хімічного складу сталі. Для доєвтектоїдних сталей необхідно забезпечити перехід в однофазну область, тобто нагріти до температур вище 1 або 2 для сталей з концентрацією вуглецю C_1 і C_2 відповідно (рис. 2.1). Для евтектоїдної сталі C_e перехід в однофазну область здійснюється при перегріві вище температури 3. Заєвтектоїдні сталі в однофазну область не нагрівають, щоб не знижувати твердість після гартування за рахунок підвищеної кількості залишкового аустеніту, а також для уникнення появи високовуглецевого мартенситу, який володіє низькою міцністю. Так, наприклад, сталь складу C_4 необхідно перегріти вище температури 7 (те ж, що 3, тобто 727°C).

Перегрів вище критичних температур 1, 2, 3, 7 при нагріванні під гартування необхідний з кількох причин:

– критичні точки є точками рівноваги. Для перебудови ґратки необхідний деякий перегрів;

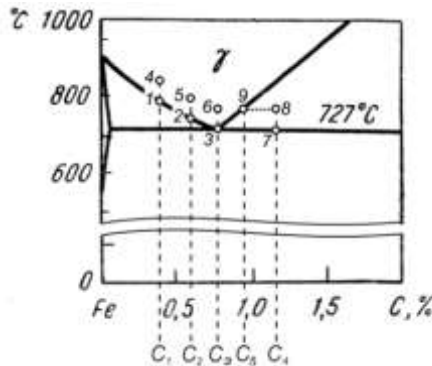


Рисунок 2.1 – Температура нагрівання під гартування сталей різного хімічного складу на діаграмі залізо-вуглець

– положення критичних точок залежить від вмісту вуглецю й інших елементів, які неминуче присутні в сталі. Навіть у сталях однієї марки вміст вуглецю й легувальних елементів коливаються в межах допуску, тому критичні точки в загальному випадку також є змінними;

– температура в процесі термообробки вимірюється з деякою погрішністю.

Зазначені причини приводять до того, що в практиці термічної обробки є прийнятним перегрівати сталі при нагріванні під гартування на 30-50 °С вище передбачуваних критичних крапок. На рис. 2.1 це крапки 4, 5, 6, і 8 для сталей відповідного состава.

Однак, перегрів сталей вище критичних точок на 30 °С, а тим більше на 50 °С, приводить до небажаних явищ. Особливо небезпечним є перегрів для заєвтектоїдних сталей. Наприклад, для сталі складу C_4 ($\approx 1,2\%C$) перегрів до температури 8 приводить до збільшення вмісту вуглецю в мартенситі після гартування з 0,8 % (при мінімальному перегріві) до 0,9 % (точка 9, див. рис. 2.1). Це викликає різке падіння міцності деталей і збільшення гартівних деформацій. Таким чином, перегрів необхідно доводити до мінімальних значень, бажано не більше 20 °С.

Для цього необхідно точно визначити критичні точки саме тої сталі (звичайно в межах однієї плавки), вироби з якої надходять на гартування. Роблять це в такий спосіб.

На зразках досліджуваної сталі проводять серію пробних гартувань при зміні температури з малим кроком, наприклад 5 °С, у районі передбачуваної критичної точки. Причому, починають гартувати від температури, що свідомо нижче критичної. Після кожного гартування вимірюють твердість зразків. Таким чином, у результаті експерименту одержують деяку залежність твердості від температури нагрівання під гартування.

Гартування від температури, яка є меншою за критичну, не дозволяє одержати необхідну твердість сталі. Але вже перегрів на 5-10 °С вище критичної точки дозволить після гартування одержати високу твердість. Тут на залежності буде спостерігатися різкий стрибок твердості, що і буде індикатором того, що критичну точку пройдено.

Визначена в такий спосіб критична температура, як правило, відрізняється від температури, відомої за довідковими даними. Для надійності процесу термообробки можна додати до визначеної критичної температури приблизно 10 °С. Така температура нагрівання під гартування й буде оптимальною для даної сталі.

Наведений спосіб визначення критичних точок дозволяє використати навіть неповірені термопари й вимірювальні пристрої, важливо лише, щоб вони не вносили значних випадкових погрешностей, тобто давали стабільні показання при підтримці

температури на одному рівні.

Аналогічним способом можна визначити й критичні точки при гартуванні евтектоїдних і доевтектоїдних сталей. Природно, що вигляд залежностей твердості від температури тут буде дещо іншим.

3 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ ТА МАТЕРІАЛИ

Зразки сталі У12.

Електрична піч опору.

Термопара ХА в комплекті з вимірювальним приладом.

Твердомір Вікерса.

Абразивна полотнина різної зернистості для підготовки зразків до виміру твердості.

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Провести гартування зразків досліджуваної сталі при нагріванні до різних температур у діапазоні 710 – 740 °С.

Виміряти твердість зразків.

Побудувати залежність твердості від температури нагрівання під гартування.

Визначити критичну точку для даної сталі.

Визначити оптимальну температуру нагрівання під гартування для даної сталі.

5 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по роботі повинен містити опис способу визначення критичних точок сталей методом пробних гартувань, залежність твердості від температури гартування досліджуваної сталі, значення критичної точки досліджуваної сталі, а також температуру, що є

рекомендованою для нагрівання під гартування.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому складається фізична сутність процесу гартування сталей на мартенсит?
2. Чому при нагріванні сталей під гартування необхідний перегрів вище критичних точок?
3. Яка температура перегріву є загальноприйнятною в практиці термообробки?
4. Чому такий перегрів є небезпечним для заєвтектоїдних сталей?
5. Чому критичні точки змінюються в межах однієї марки сталі?
6. Подайте схематично залежності твердості від температури нагрівання під гартування для доевтектоїдної і евтектоїдної сталі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Матеріалознавство. Навчальний посібник: навчально-методичний комплекс для студентів денної і заочної форм навчання / А.В. Галико, О.В. Кузик, В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост. – Кіровоград: КОД, 2015.
2. Di Schino, A.; Testani, C. Heat Treatment of Steels. *Metals* 2021, 11 (8), 1168. <https://doi.org/10.3390/met11081168>.
3. Wei, Y.; Yu, X.; Su, Y.; Wang, Y.; Yan, G.; Yang, Y. Effect of Different Thermal Treatment Temperatures on Dimensional Stability and Mechanical Properties of M50 Steel. *Journal of Materials Research and Technology* 2022, 17, 3047–3054. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.02.060>.