

Лекція №27

ВИДИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКА СТАЛІ

Термічною обробкою називається сукупність операцій нагрівання, видержки і наступного охолодження заготовок або готових виробів за певними режимами з метою зміни їх структури і надання їм необхідних властивостей (механічних, фізичних або хімічних).

В основі термічної обробки сталей лежать перетворення, що відбуваються в них при нагріванні і охолодженні.

Перетворення в сталі при нагріванні

З діаграми стану залізо - вуглець видно, що нагрівання сталі до температур нижче лінії *PSK* (точки A_{c1}) не супроводиться будь-якими фазовими перетвореннями. Ці перетворення починаються при переході через точку A_{c1} , коли перліт перетворюється на аустеніт. Перетворення перліту в аустеніт є процесом кристалізаційного типу, тобто починається зародженням і далішим ростом зерен аустеніту.

Утворення зерен аустеніту починається на границях феритних (світлі смуги) і цементитних (темні смуги) часточок перліту. В наступні моменти; відбувається ріст зерен аустеніту, що утворилися раніше, і зародження нових. Процес перетворення закінчується заповненням об'єму, що мав перлітну структуру, безліччю дрібних зерен аустеніту.

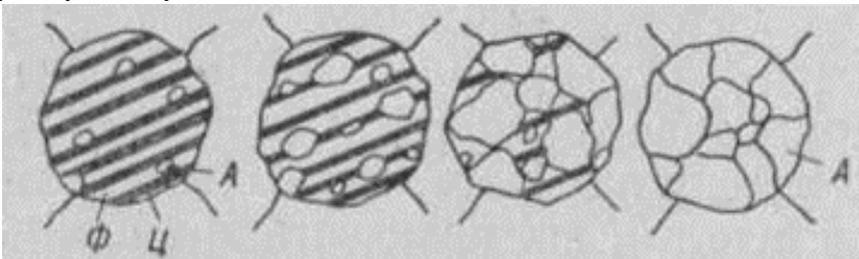
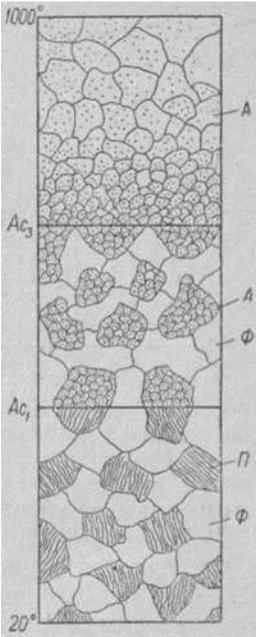


Схема утворення аустенітних зерен

Процес перетворення закінчується заповненням об'єму, що мав перлітну структуру, безліччю дрібних зерен аустеніту.

При нагріванні вище точки A_{c1} в доевтектоїдній сталі ферит, а в заевтектоїдній — цементит розчинюється в аустеніті. В точці A_{c3}



розчинення фериту, а в точці A_{cm} — цементиту закінчується. Вище цих точок сталь складається з одного аустеніту.

Дрібні зерна аустеніту, що утворилися спочатку, з підвищенням температури збільшуються в розмірах — ростуть. Особливо інтенсивний їх ріст при температурах вище точок A_{c3} і A_{cm} . Явище надмірного укрупнення зерна в сталі називається *перегрівом*.

Нагрівання сталі до температур, близьких до лінії солідуса, супроводиться оплавленням й окисленням границь зерен, настає так званий *перепал*.

Перетворення в сталі при охолодженні

При дуже малих швидкостях охолодження сталі в ній утворюються рівноважні структури у відповідності з діаграмою залізо — вуглець. При цьому структура сталі зазнає ряду змін, що закінчуються перетворенням аустеніту в перліт.

При повільному охолодженні аустенітно-перлітне перетворення відбувається при температурі 727°C (точка A_{c1}). Воно починається на границях зерен аустеніту. При цьому утворюються зародки перліту у вигляді кількох пар пластин фериту і цементиту. При дальшому рості зародка (зерна) ці пластини довшують, паралельно їм виникають нові пари пластин.

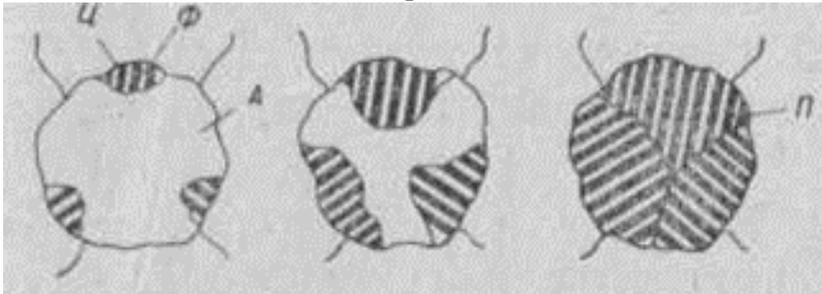


Схема утворення зерен перліту

На кінець перетворення зерна перліту стикаються, зростаються, в результаті весь обсяг колишнього аустенітного зерна заповнюється по різному орієнтованими зернами перліту. Таким чином, аустенітно-перлітне перетворення також належить до процесів кристалізаційного типу.

Оскільки аустенітно-перлітне перетворення розвивається на поверхні зерен аустеніту, то збільшення її довжини приводить до підвищення швидкості зародження, тобто збільшення числа центрів кристалізації. Поверхня зерен у полікристалічній речовині збільшується з зменшенням розміру самих зерен. Тому, чим дрібніше зерно аустеніту в сталі в момент перетворення, тим менші за розміром утворюються з нього зерна перліту.

Ця особливість пояснює ряд явищ, що спостерігаються в структурі сталі при її нагріванні та охолодженні. Так, наприклад, якщо дрібнозернисту доевтектоїдну сталь нагріти і видержати при температурі, яка набагато перевищує точку A_{c3} , то внаслідок росту розміри зерен у ній збільшаться, станеться перегрів сталі. Після охолодження структура перегрітої сталі залишиться такою ж крупнозернистою (з крупних зерен аустеніту утворюються крупні зерна перліту). Сталь з такою структурою має низькі механічні властивості, особливо малу ударну в'язкість.

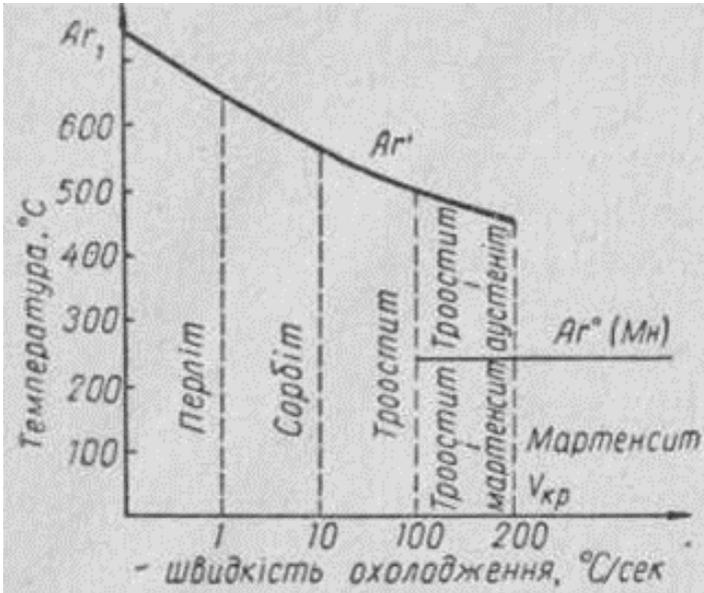
Зі збільшенням швидкості охолодження фазові і дифузійні процеси в сталі уповільнюються, тому процес аустенітного перетворення розвивається по іншому; в результаті утворюються нерівноважні (метастабільні) структури і сталь набуває вже інших властивостей.

Розглянемо процес перетворення аустеніту при різних швидкостях безперервного охолодження. Візьмемо вуглецеву сталь евтектоїдного складу.

При повільному охолодженні аустеніт у сталі зберігається до температури 727°C (точка A_{r_1}).

Збільшення швидкості охолодження викликає зниження критичної точки A_{r_1} тобто переохолодження аустеніту до температур нижче 727°C , які позначаються A_{r_1} . Графік залежності

положення критичної точки A_{r1} від швидкості охолодження наведений на рисунку.



Графік залежності положення критичних точок сталі від швидкості охолодження

При охолодженні з швидкістю до $1 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{сек}$ аустеніт переохолоджується незначно і розпадається з утворенням рівноважної перлітної структури твердістю близько $1500 \text{ Мн}/\text{м}^2$ (НВ150).

Збільшення швидкості охолодження до $10 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{сек}$ приводить до більшого переохолодження аустеніту. За цих умов він розпадається з утворенням феритно-цементитної суміші, але більш дисперсної, ніж перліт. Така структура називається *сорбітом*. Сталь з структурою сорбіту має твердість $2500\text{—}3000 \text{ Мн}/\text{м}^2$ (НВ 250—300).

При швидкості охолодження до $100 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{сек}$ аустеніт в результаті більш глибокого переохолодження розпадається з утворенням найдрібніших, невидимих у оптичний мікроскоп, часточок фериту і цементиту. Така структура називається *трооститом*. Твердість трооститу досягає $4000 \text{ Мн}/\text{м}^2$ (НВ 400).

При дальшому збільшенні швидкості охолодження до $200^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ частина аустеніту в точці A_r' перетворюється на троостит, а частина переохолоджується до більш низької температури $A_r''(\text{Mn})$ і потім перетворюється на *мартенсит*. Тому структура сталі після охолодження з такою швидкістю складається з трооститу (темні ділянки) і мартенситу (ділянки з характерною голчатою будовою).

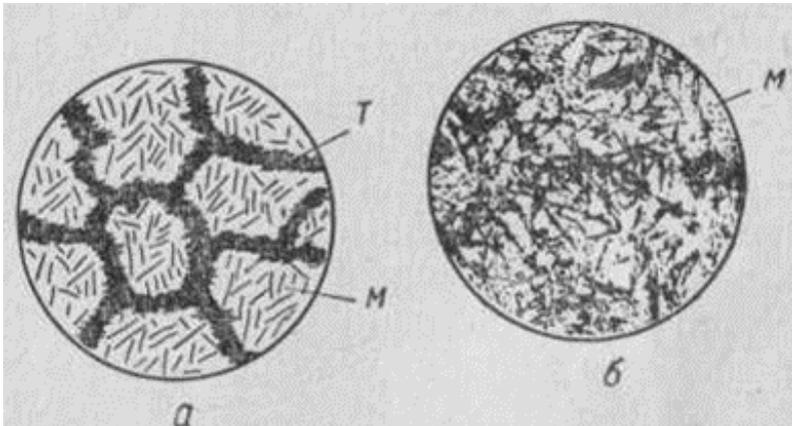


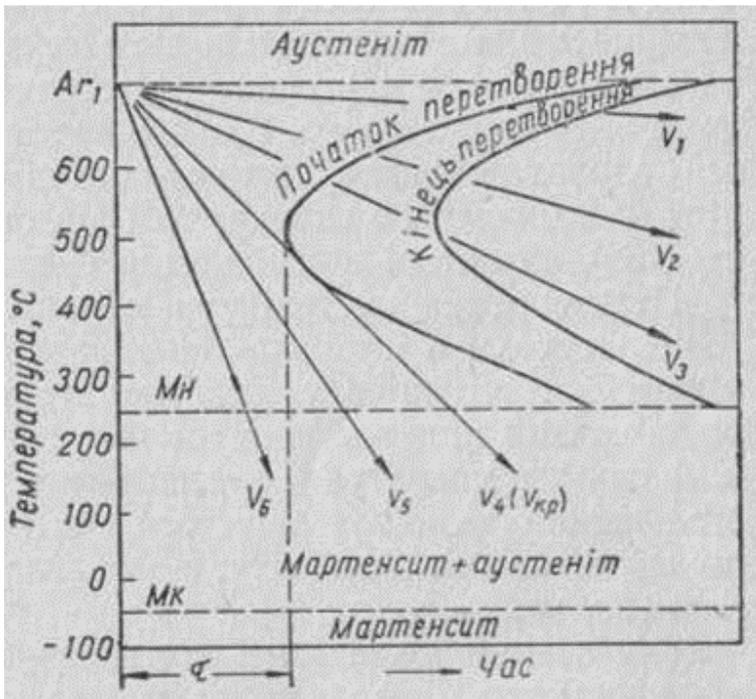
Схема мікроструктур сталі: а — троостит + мартенсит;
б — мартенсит.

При швидкостях охолодження понад $200^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ аустеніт переохолоджується до точки $A_r''(\text{Mn})$ і повністю перетворюється на мартенсит. Як видно з рисунку, температура мартенситного перетворення $A_r''(\text{Mn})$ не залежить від швидкості охолодження. Для евтектоїдної вуглецевої сталі вона становить 240°C .

Аустенітно-мартенситне перетворення супроводжується тільки перегрупуванням атомів з γ - в α -гратку. При цьому весь вуглець залишається в α -гратці, утворюючи пересичений твердий розчин в α -залізі — мартенсит. Внаслідок великого викривлення кристалічної гратки твердість мартенситу досягає $6000 \text{ Мн}/\text{м}^2$ ($\text{HV} 600$).

Мінімальна швидкість охолодження, за якої в сталі відбувається лише мартенситне перетворення, називається *критичною швидкістю охолодження* $V_{\text{кр}}$.

Більш повне уявлення про кінетику розпаду аустеніту дає діаграма ізотермічного перетворення аустеніту, тобто перетворення при сталій температурі. Для її побудови серію зразків з досліджуваної сталі нагрівають вище точки A_{C1} для одержання однорідного аустеніту. Потім по два-три зразки з цієї серії охолоджують до заданих температур (наприклад у розплавлених солях) і за допомогою спеціальних методів визначають при цих температурах початок і кінець розпаду аустеніту в кожному з них. Позначивши одержані результати на полі діаграми і з'єднавши плавною кривою точки початку перетворення, а іншою кривою — точки закінчення перетворень, дістають дві С-подібні криві, які відображають початок і кінець ізотермічного перетворення аустеніту при різних температурах, тобто залежно від ступеня його переохолодження.



Діаграма ізотермічного перетворення аустеніту

Як видно з діаграми, перетворення переохолодженого аустеніту починається через деякий проміжок часу, так званий інкубаційний період. Цей період залежить від ступеня переохолодження аустеніту і спочатку зменшується до певної критичної величини t , а потім знову збільшується.

Діаграму ізотермічного перетворення Аустеніту будують у тих же координатах, що й криві охолодження. Якщо припустити, що зниження температури при охолодженні пропорціональне часу, то криві охолодження стають прямими і в такому вигляді можуть бути нанесені на діаграму ізотермічного перетворення аустеніту. Очевидно, що кут нахилу цих прямих до осі абсцис зі збільшенням швидкості охолодження також збільшуватиметься.

Отже, при швидкостях охолодження $V_1 < V_2 < V_3$, коли прямі, що відповідають їм, перетинають верхні ділянки кривих початку і кінця аустенітного перетворення, в сталі утворюватимуться феритно-цементитні суміші (перліт, сорбіт, троостит).

При швидкості охолодження V_6 аустеніт переохолоджується без змін до температури точки Mn і потім перетворюється на мартенсит. Те ж саме відбувається і при дещо меншій швидкості V_5 . Очевидно також, що мінімальною швидкістю охолодження, яка забезпечує утворення в сталі тільки мартенситу, є швидкість V_4 . Отже, швидкість охолодження V_4 є критичною. З цього випливає, що чим далі (праворуч) від осі ординат розташовується на діаграмі крива початку розпаду аустеніту в сталі даного складу, тим він стійкіший, тим менша швидкість охолодження сталі потрібна для одержання мартенситної структури.

Перетворення аустеніту в мартенсит відбувається не при сталій температурі, а в інтервалі температур: починається в точці Mn і закінчується в точці Mk . Для евтектоїдної вуглецевої сталі точка Mk розташована при температурі мінус 50 °С. Тому при охолодженні до кімнатної температури аустенітно-мартенситне перетворення у цій сталі повністю не завершується і в її структурі поряд з мартенситом присутня частина аустеніту, що не розпався. Такий аустеніт називають *залишковим*.

Положення точок M_n і M_k визначається хімічним складом сталі і від швидкості охолодження не залежить.

Таким чином, структура сталі визначається не тільки хімічним складом, а й умовами нагрівання і охолодження, тобто режимами термічної обробки.

Основні види термічної обробки сталі

Залежно від режимів нагрівання і охолодження термічна обробка поділяється на такі основні види: *відпал, нормалізацію, гартування і відпускання.*

Відпал

Відпал — це операція, за якої сталь нагрівають вище критичних точок, видержують при цій температурі і потім повільно (зазвичай разом з піччю) охолоджують.

Залежно від призначення і температури нагріву відрізняють *дифузійний, повний і неповний відпал.*

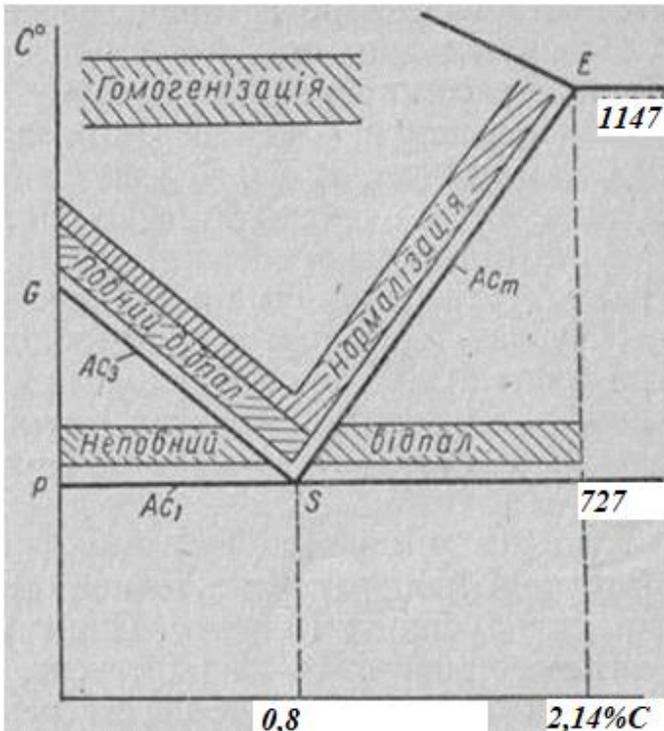


Схема температур нагрівання для різних видів відпалу.

Дифузійному відпалу піддають великі зливки і виливки з метою підвищення їх хімічної однорідності або, інакше, гомогенності. Тому дифузійний відпал також називають *гомогенізацією*.

Для прискорення гомогенізації сталь нагрівають до температури, яка значно перевищує критичні точки, зазвичай до 1100—1150°C, видержують при цій температурі протягом 8—15 год і потім повільно охолоджують.

Повний відпал провадиться при температурі, яка перевищує критичну точку A_{c3} лише на 30—50 °С. Оскільки нагрівання сталі вище точки A_{c3} супроводиться фазовою перекристалізацією, тобто зародженням нових зерен у твердому металі і, отже, здрібненням зерна, то повний відпал дозволяє усунути викликану перегрівом крупнозернистість в сталі, одержати структуру з більш рівномірним розподілом фериту і перліту і зняти внутрішні напруги. При повному відпалі зменшується твердість, підвищується пластичність, а також поліпшується оброблюваність сталі, різанням або тиском. Повному відпалу піддають доевтектоїдну й евтектоїдну сталі.

При *неповному* відпалі сталь нагрівають до температур вище точки A_{c1} , але нижче точок A_{c3} або A_{cm} . При цих температурах відбувається перекристалізація тільки перліту, а надлишкова фаза — ферит у доевтектоїдних і цементит у заевтектоїдних сталях — залишається без змін.

Неповному відпалу піддають поковки і штамповки, оброблені при температурах, які не викликають значного росту зерен. Метою неповного відпалу є зняття внутрішніх напруг в сталі.

Нагрівання заевтектоїдних сталей небагато вище точки A_{c1} (до 730—740° С), видержка при цій температурі і наступне дуже повільне охолодження при переході через точку A_{r1} сприяє сфероїдизації цементиту. Цей процес полягає в роздробленні цементитних пластин перліту й сітки на кулясті (сфероїдальні) зерна з утворенням зернистого перліту. Це легко помітити при порівнянні рис. 7.8,а і рис. 7.8,б. Тому відпал на зернистий перліт інакше називається *сфероїдизацією*.

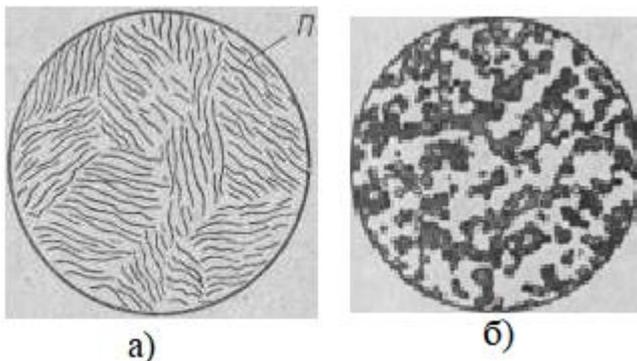


Рис. 7.8 Мікроструктура перліту: а) – пластинчастого; б) - зернистого

Сталі, які мають структуру зернистого перліту, менш тверді, в'язкіші й мають кращу оброблюваність, ніж сталі з структурою пластинчастого перліту.

Нормалізація

Нормалізація є окремим випадком відпалу і полягає в нагріванні сталі на $30\text{—}50^\circ\text{C}$ вище точок A_{c3} або A_{cm} , видержуванні при цій температурі й наступному охолодженні на спокійному повітрі. Таким чином, нормалізація відрізняється від відпалу трохи більшою швидкістю охолодження.

У маловуглецевих сталях (до $0,3\%C$) нормалізація сприяє утворенню більш дрібнозернистої, ніж при відпалі, феритно-перлітної структури.

В середньовуглецевих сталях ($0,3\text{—}0,5\%C$) при нормалізації утворюється сорбітоподібний перліт. Тому в нормалізованому стані ці сталі мають більш високі механічні властивості, ніж у відпаленому.

У заєвтектоїдних сталях нормалізація сприяє знищенню крихкої цементитної сітки по границях зерен.

Для вуглецевих сталей нормалізація звичайно замінює більш тривалий за часом процес відпалу.

Гартування

1. **Гартування** — це операція, за якої сталь нагрівають на $30\text{—}50^\circ\text{C}$ вище точок A_{c1} або A_{c3} , видержують при цій температурі і потім охолоджують з швидкістю вище критичної.

В результаті такої операції в сталі утворюється мартенситна структура, тому твердість і міцність її досягають максимального значення.

Нагрівання при гартуванні необхідне для одержання в сталі структури аустеніту, а швидке охолодження - для запобігання розпаду аустеніту на феритно-цементитні суміші (троостит, сорбіт) і переохолодженню його до температури аустенітно-мартенситного перетворення.

Аустеніт у сталях утворюється при переході через точку A_{c1} . В інтервалі температур між точками A_{c1} і A_{c3} доєвтектоїдні сталі складаються з аустеніту і фериту. При гартуванні від цих температур аустеніт перетворюється на мартенсит, а ферит залишається без змін, тобто відбувається неповне перетворення феритно-аустенітної суміші в мартенсит. Тому таке загартування називається *неповним*. Наявність фериту в загартованій сталі збільшує неоднорідність її структури, а також знижує міцність і твердість. У зв'язку з цим неповне загартування для доєвтектоїдних сталей не застосовується.

Доєвтектоїдні сталі піддають *повному* загартуванню від температури, яка на $30—50^{\circ}\text{C}$ перевищує точку A_{c3} . Після такого загартування структура доєвтектоїдних сталей складається з мартенситу.

Структура заєвтектоїдних сталей після неповного загартування складається з мартенситу і надлишкового цементиту. Оскільки твердість цементиту перевищує твердість мартенситу, то наявність цементиту в загартованій сталі не знижує її твердості і є бажана. Тому заєвтектоїдні сталі піддають неповному загартуванню від температури, яка на $30—50^{\circ}\text{C}$ перевищує точку A_{c1} . Повне загартування для цих сталей навіть шкідливе, тому що супроводжується ростом зерна і вимагає додаткової затрати тепла на нагрівання.

Процес гартування складається з двох операцій: нагрівання й охолодження.

Швидкість нагрівання виробів під загартування залежить від їх розмірів, складності форми, а також хімічного складу сталі. Чим

більші розміри виробів, складніші їх форма і хімічний склад, тим повільніше повинно проводитись нагрівання.

Вирішальним фактором у процесі гартування є швидкість охолодження, тому що зрештою саме вона визначає характер структури, що утворюється в сталі.

Оптимальними умовами гартування є такі, що забезпечують переохолодження аустеніту до температур нижче мінімальної його стійкості ($650\text{—}550^\circ\text{C}$), тобто виключають утворення феритно-дементитних сумішей (трооститу, сорбіту), і запобігають виникненню великих внутрішніх напруг у виробах в момент перетворення аустеніту в мартенсит ($300\text{—}200^\circ\text{C}$). Такі умови можуть бути забезпечені в тому разі, якщо у верхньому інтервалі температур вироби охолоджуються з швидкістю вище критичної, а в нижньому інтервалі — з невеликою швидкістю.

Швидкість охолодження сталі при гартуванні визначається охолоджуючою здатністю гартувального середовища. Як гартувальні середовища найчастіше використовують воду і мінеральне масло.

Вода кімнатної температури охолоджує сталь в інтервалі $650\text{—}550^\circ\text{C}$ з швидкістю вище критичної (примірно $600^\circ\text{C}/\text{сек}$). В цьому полягає її перевага як гартувального середовища. Істотним недоліком води є те, що в момент аустенітно-мартенситного перетворення вона охолоджує сталь також з великою швидкістю (близько $300^\circ\text{C}/\text{сек}$), що призводить до виникнення великих внутрішніх напружень, які викликають жолоблення і навіть розтріскування деталей, що загартовуються.

Мінеральне масло під час аустенітно-мартенситного перетворення охолоджує сталь примірно в 10 раз повільніше, ніж вода. Але у верхньому інтервалі температур воно не забезпечує критичної швидкості охолодження вуглецевих конструкційних сталей і тим самим не дає змоги переохолодити аустеніт до температури мартенситного перетворення. Тому після загартування в маслі ці сталі мають не мартенситну, а трооститно-мартенситну структуру.

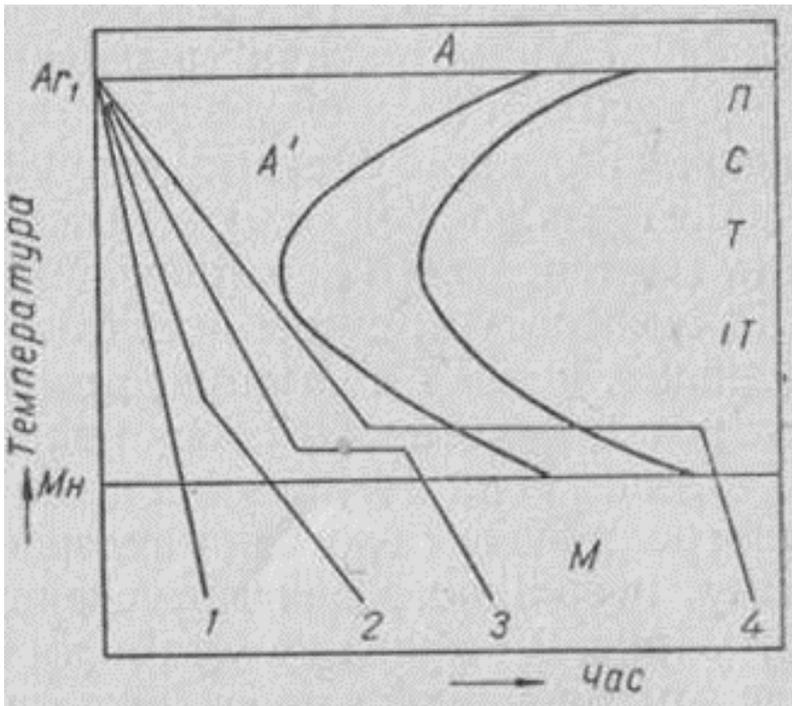
Зі збільшенням вмісту вуглецю або при введенні в сталь легуючих елементів стійкість аустеніту підвищується (криві на діаграмі ізотермічного перетворення зсуваються праворуч). Тому такі сталі вимагають меншої швидкості охолодження при гартуванні. В ряді випадків масло для них є оптимальним гартувальним середовищем.

Залежно від складу сталі, форми і розмірів виробів, що загартовуються, застосовують різні прийоми гартування.

Гартування в одному середовищі виконується зануренням виробу, що загартовується, в охолоджуюче середовище (воду, масло), де він залишається до повного остигання (рис. 7.9, лінія 1).

У зв'язку з простотою виконання цей вид гартування набув найширшого застосування. Проте він має істотний недолік, тому що супроводжується виникненням у виробі, що загартовується, великих внутрішніх напруг.

Гартування в двох середовищах до деякої міри усуває недоліки загартування в одному середовищі. Воно полягає в тому, що нагрітий під загартування виріб спочатку охолоджують з великою швидкістю (звичайно у воді), щоб запобігти передчасному розпаду аустеніту, а потім переносять в інше середовище (наприклад, в масло) для остаточного повільного охолодження при аустенітно-мартенситному перетворенні (рис. 7.9, крива 2). Такий прийом сприяє значному зменшенню внутрішніх напруг у виробі і запобігає його жолобленню. Але й він не позбавлений недоліків, оскільки технічно важко визначити момент перенесення виробу з одного середовища в інше і тому неможливо одержувати стабільні результати термічної обробки партії виробів. Уникнути цих труднощів дає змогу ступінчасте гартування.



Схеми термічних режимів гартування

Ступінчасте гартування провадиться також у дві стадії: після нагрівання виріб спочатку занурюють в охолоджуюче середовище (зазвичай розплавлені солі) з температурою на 150—300° С вище точки *Mn* мартенситного перетворення сталі даного складу, видержують при цій температурі, а потім остаточно охолоджують в маслі чи на повітрі (крива 3). Ступінчастому гартуванню часто піддають невеликі за розмірами вироби перемінного перерізу.

Ізотермічне гартування полягає в охолодженні сталі до температури трохи вище точки *Mn* і видержуванні при цій температурі протягом часу, необхідного для завершення ізотермічного перетворення аустеніту. Оскільки температура гартувального середовища в цьому випадку перевищує температуру мартенситного перетворення *Mn*, то аустеніт при ізотермічному гартуванні розпадається з утворенням голчастого трооститу (ГТ), за твердістю близького до мартенситу, але більш в'язкого. Для вуглецевих сталей цей вид гартування не застосовується. Якщо

вироби повинні мати високу твердість тільки в поверхневих шарах, а в серцевині залишатися в'язкими, їх піддають *поверхневому загартуванню*.

За способом нагрівання виробів поверхнєве гартування поділяють на високочастотне і полумєневе.

При високочастотному гартуванні вироби нагрівають в індукторі (солєноїді), яким проходить струм високої частоти (с. в. ч). Нагрівання з допомогою с. в. ч. основане на тому, що у вміщеному в індуктор виробі індуються так звані вихрові струми, які супроводяться виділенням тепла. Оскільки вихрові струми концентруються у поверхневих шарах, вони викликають поверхнєве нагрівання виробів. Необхідної глибини і температури нагріву поверхневого шару виробу досягають зміною частоти струму і швидкості переміщення індуктора або виробу. Потім нагрітий шар швидко охолоджується водою, яка подається через внутрішні отвори в індукторі, або виріб скидають у гартівну ванну.

Загартування с. в. ч. характеризується високою продуктивністю та економічністю. Цей процес може бути легко автоматизований і включений до загального потоку виробництва.

При полумєневому гартуванні поверхнєві шари нагрівають ацетилено-кисневим полум'ям, яке переміщують з певною швидкістю вздовж виробу, що загартовується. Слідом за пальником подається вода для швидкого охолодження поверхневого шару.

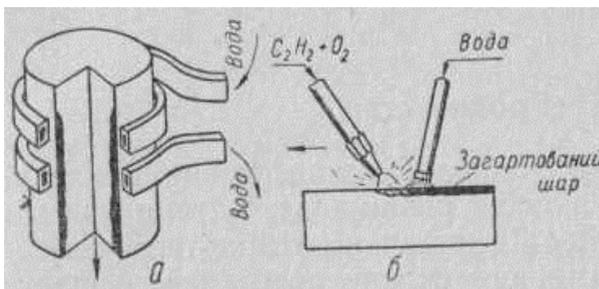
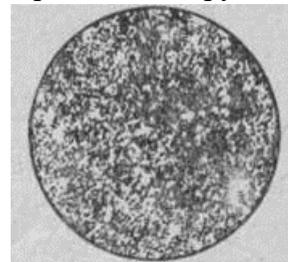


Схема поверхневого гартування:
а – високочастотного; б - полумєневого



Мікроструктура сталі після гартування і високого відпускання (сорбіт)

Полумєневе гартування частіше застосовується у важкому машинобудуванні для гартування великих деталей.

Для одержання мартенситної структури сталь при гартуванні охолоджують з швидкістю вище критичної. Але оскільки внутрішні шари виробу охолоджуються повільніше, ніж зовнішні, з швидкістю меншою критичної, то замість мартенситу в них може утворитися троостит і навіть сорбіт. Глибина мартенситної зони, яка утворюється у виробі, характеризує так звану *прогартовуваність* сталі і є однією з найважливіших її характеристик.

Прогартовуваність залежить від стійкості переохолодженого аустеніту, що в свою чергу визначається хімічним складом сталі. Чим стійкіший аустеніт, тобто чим більше вправо розташовуються С-подібні криві на діаграмі ізотермічного його перетворення, тим менша критична швидкість загартування і тим більша прогартовуваність сталі.

Відпускання

Відпускання загартованих виробів провадиться з метою зменшення в них внутрішніх напруг і твердості, а також підвищення ударної в'язкості і полягає в нагріванні до температури нижче точки A_{c1} . Швидкість охолодження після відпускання для більшості сталей не має особливого значення, тому для прискорення цієї операції як охолоджуюче середовище звичайно застосовують воду або масло.

Залежно від температури нагріву розрізняють ***низьке, середнє і високе відпускання***.

При *низькому відпусканні* (150—250°C) в структурі сталі зберігається мартенсит, але з нього виділяються дуже дрібнодисперсні частки карбіду заліза. У зв'язку з цим внутрішні напруги у виробі зменшуються, трохи підвищується в'язкість; твердість при цьому практично не змінюється.

Низькому відпусканню піддають виробы, які повинні мати високу твердість (наприклад, різальний або вимірювальний інструмент).

Середнє відпускання (350—450°C) супроводиться більш істотними змінами в структурі і властивостях сталі: мартенсит перетворюється в троостит, а тому твердість сталі зменшується примірно до 4000 Mn/m^2 (HB 400), а в'язкість її значно підвищується.

Середньому відпусканню піддають інструменти і деталі машин, які працюють при помірних ударних навантаженнях (штампи, пружини, ресори).

Високе відпускання (500—650° С) веде до утворення сорбїтної структури, що забезпечує повне усунення внутрішніх напруг і найкраще співвідношення міцності і в'язкості сталі при достатній її твердості.

Високому відпусканню піддають вали, шатуни і ін.

Характерною відмінною особливістю структур (трооститу, сорбїту), які утворюються в результаті відпускання, є їх зерниста будова на відміну від пластинчастої будови таких же структур, що одержуються при розпаді аустенїту. Зерниста будова і забезпечує одержання комплексу високих механїчних властивостей у відпущенї сталі.

Контрольні питання

1. Види термічного оброблення сталей і їх призначення.
2. Що розуміють під гартуванням, нормалїзацією, відпалюванням і відпусканням?
3. Температури нагрівання сталей для різних видів термічного оброблення.
4. Що таке повне і неповне гартування?
5. Види відпускання загартованих сталей.
6. Методи нагрівання для поверхневого гартування деталей.
7. Джерела струму для гартування струмами високої частоти.
8. Мікроструктура поверхневого шару і серцевини після гартування СВЧ.
9. Для яких деталей і чому застосовують гартування СВЧ?
10. Як визначають глибину загартованого шару?