

Новочасне гартування сталі та двоверстова купіль.

Термічна обробка надає сталям убагороднені прикмети.

Гартування у водяній купелі, що має кімнатну температуру, хоч надає сталям найвищу твердість, згідно міцність, одночасно переводить сталь в стан найбільшого напруження і найбільшої крихкості. Щоби усунути оці напруження, а разом й надмірну крихкість, інструмент по загартуванні дещо відгартують, а то значить — наново ogrивають протягом деякого часу в температурах „кольорів відгартування“, т. з. в розмірно низьких температурах.

Конструкційні сталі відгартують в розмірно значно вищих температурах. При так високім відгартуванні (одначе в температурах пониже температури алотропових перемін) ми доцільно тратимо дещо міцности й твердості, щоби натомісь сильно зискати на тягучости та здобути добру відпорність на динамічні обтяження. Таким способом дістають в конструкційних сталях високу міцність, а разом і добру відпорність на удари.

Віддавна шукають способу, аби оба ці процеси (гартування та відгартування) получить в одно; аби замісь двох ogrивань, обі чинности доконувати по однім ogrиванню. Довго спроби ріжних дослідників були без більшого практичного висліду, аж ось американським металознавцям Е. S. Davenport'ові та Е. С. Bain'ові*) пощастило найти залежність будови сталі, і тим самим — її властивостей, від швидкості, з якою охолоджувано сталь від температури гартування та від температури гартівничої купелі і від часу, що його протягом перебувала гартована проба в гартівничій купелі. Інакше, вище згадаві дослідники нашли залежність будови й властивостей гартованої проби від температури середовища, в якій відбувається розпад австеніту, та від часу потрібного теоретично й зужитого практично на цей розклад.

*) Transact. Am. Soc. for. Metals 1934 ст. 289-310.

На рис. I представлено в логаритмічній шкалі уклад „S“ Bain'a, де буквою S_1 означено криву початку, а S_2 — кінець розкладу австеніту для вуглястої сталі з евтектоїдальним вмістом вугля (коло 0,9% C) для всіх практично можливих температур оточення, почавши від температури трохи нижчої від температури алотропової переміни (721°) аж до звичайних температур.

З перебігу цих кривих робимо висновок, що повільне охолодження сталі, оґрітої до температур тривалого стану фази „ γ “, дозволяє на закінчення розпаду австеніту в температурах близьких і лише трохи нижчих від температури алотропової переміни ($\sim 715^\circ$), що доводить до найбільше зрівноваженої структури — перліту з пересічною твердістю 170° Вг. (крива „7“*).

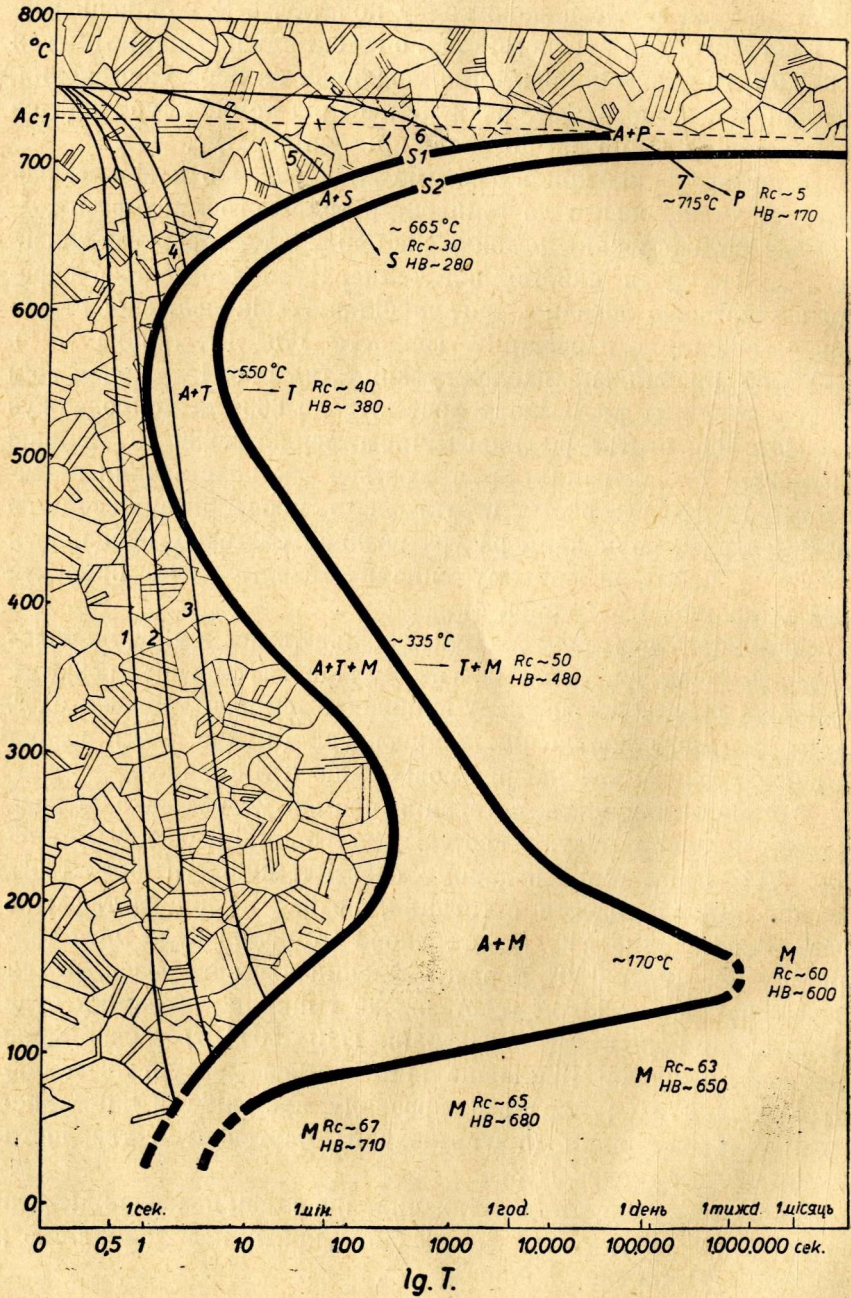
Дещо прискішене охолодження (на рис. I — крива „5“) обнижує температури розпаду австеніту до 665° та допроваджує до сорбітичної структури з пересічною твердістю 280° Вг. Дальше прискішене охолодження причинюється до повставання підзагартованої „троститової“ структури з пересічною твердістю 380° Вг. В разі, коли температура розпаду австеніту обнизилася до 335° , в цьому останньому випадку твердість буде виносити 480° Вг. (на рис. I. — крива 4).

Швидкість розкладу австеніту збільшується в міру, як обнижується температура оточення, в якому відбувається оцей розклад. Найбільша швидкість розкладу відповідає температурі около 540° . В міру дальшого обниження температури (нижче 540°) розпад австеніту відбувається що раз повільніше й лінивіше.

Оскільки швидкість остигання австеніту була така велика, що унеможливила розпад австеніту в горішнім обсягу температур ($721-540^\circ$), тоді і в даному обсязі температур ($540-150^\circ$), при тій самій швидкості остигання, розпад не відбудеться; це є обсяг „безвладности“. Однак скоро оточення буде мати температуру нижчу як 150° , перехолоджений австеніт розпадається майже зараз, а наслідком такої наглої і швидкої переміни буде мартензитична структура, найтвердша ($710-600^\circ$ Вг) та найбільше напружена і крихка. Найдовше відбувається переміна в температурі около 170° C; продуктом розпаду австеніту в цій температурі буде зістарілий (відгартований) мартензит з твердістю заледве 600° Вг (крива N 3).

Найменшу швидкість остигання, що однак дозволяє дістати мартензитичну структуру, називаємо „критичною швидкістю“; вона означена на рис. I кривою „2“.

*) Крива „7“ відповідає грубозернистому перлітові; крива „6“ — дрібнозернистому перлітові.



Вичерк „S“ Bain'a розважаємо як підставу новочасної термічної обробки. Цей вичерк дозволяє згори усталити вислід гартування в так названих „гарячих купілях“, окреслює швидкість розпаду австеніту на кожному температурному поземі, його характер, початок і кінець, будову, ступінь аномальности будови та фізичні властивости (твердість, міцність).

Представлений на рис. I вичерк „S“ відноситься тільки для „нормальних“ сталей, т. з. грубозернистих, що глибоко гартуються. Сталі дрібнозернисті, які часто бувають „анормальні“, гартуються плитко та від вищих температур. Розпад австеніту відбувається в них значно легше й швидче, ніж в грубозернистих сталях, а цементит виказує нахил до коагуляції. Криві S_1 і S_2 для дрібнозернистих сталей пересунуться вліво, т. з. до більших швидкостей, та до гори, т. з. до трохи вищих температур; крім цього, обі криві будуть зближені до себе, що вказує на прискішений розклад австеніту у цих сталях. Зменшений вміст вугля (сталі маловуглясті!) ділає аналогічно, т. з. пересуває криві S_1 і S_2 вліво; натомість присутність більшости спеціальних домішок (хром, нікель, манган, вольфрам, ванад, молібден і т. н.) пересуває криві S_1 і S_2 вправо, т. з. утруднює розпад австеніту (твердого розтвору!).

Кожда стопова й нестопова домішка зменшує критичну швидкість остигання; виняток кобальт, який ділає навпаки!

Розважаючи вичерк Bain'a приходимо до внеску, що ідеальним осередком до гартування булаб купіль, яка посідала б найбільшу швидкість охолодження в обсягу легкого розпаду австеніту, т. з. до температури, означеної на вичерку II буквою В (відтинок АВ кривої ABD₀). Дальший розклад австеніту мав би відбуватися в температурах „повільного“ розкладу (т. з. 200—150°) т. з. як найповільніше (відтинок BD₀).

Опрацьовано до нині два варіанти:

а) сходкове гартування, крива $AB_1V_2C_2$ згл. $AB_1V_2D_2$ т. з. швидке охолодження гартованої проби в купелі о температурі t_1 перетримання проби в гартівничій купелі, доки проба не осягне температури t_1 , а тоді розпад австеніту відбувається або в часі дальшого остигання у воді (+ 20°, крива B_2C_2), або в часі дальшого остигання на повітрі (крива B_2D_2).

б) ізотермічне гартування; крива $AB_1V_3C_3$ зглядно $AB_1V_3D_3$ що різниться від попереднього тим, що гартована проба остає в гартівничій купелі при температурі t_1 аж майже до цілковитого розкладу австеніту, т. з. достаточо довго. Тому що

температура t_1 міститься в обсягу температур найбільшої повільності розпаду австеніту, а темпо розпаду австеніту, як і темпо кожної фізико-хімічної реакції, затримується в міру наближення до кінця реакції, то практично закінчують ізо-гартування в часі десь на ліво від точки B_3 , а кінець розпаду остального австеніту відбувається в часі остигання в дещо нижчих температурах, де швидкість розкладу австеніту знова є дуже велика.

Вичерк II представляє схематично перебіги остигання сталевих проб в різних гартівничих середовищах.

Крива ABC згідно B_2C_2 і B_3C_3 представляє остигання у воді.

Крива AMNO представляє остигання в олійовій купелі.

Крива АК представляє остигання у воді + 6% клею.

Крива AP, згідно B_1D_1 ; B_2D_2 ; B_3D_3 представляє остигання на повітрі.

Крива ABD₀ представляє остигання у комбінованій купелі (води на олії).

Крива AEE₁ представляє остигання в емульзії 60% у воді.

Стрілка „x“ означає зміни в швидкостях остигання гартуваних сталевих проб в гартівничій купелі, наколи емульзія тяжкої (вертничої) олії у воді буде збільшуватися від 0% (крива ABC) до 60% вертничої олії (крива AMNO). Стрілка „y“ означає зміни в швидкостях остигання гартуваних сталевих проб, коли вміст столярського клею у воді буде збільшуватися від 0% до 6%, згідно вміст пектиніту або іншої органічної субстанції (колоїду). Додатки до води кухонної соли (кислоти), ділають відворотно, т. з. збільшують швидкості остигання гартуваних проб.

Черткована крива „S₁“ означає для кожної температури гартуючого осередку початок розпаду австеніту для сталі чисто вуглистої з евтектоїдальним вмістом вугля; крива „S₂“ означає кінець розпаду австеніту.

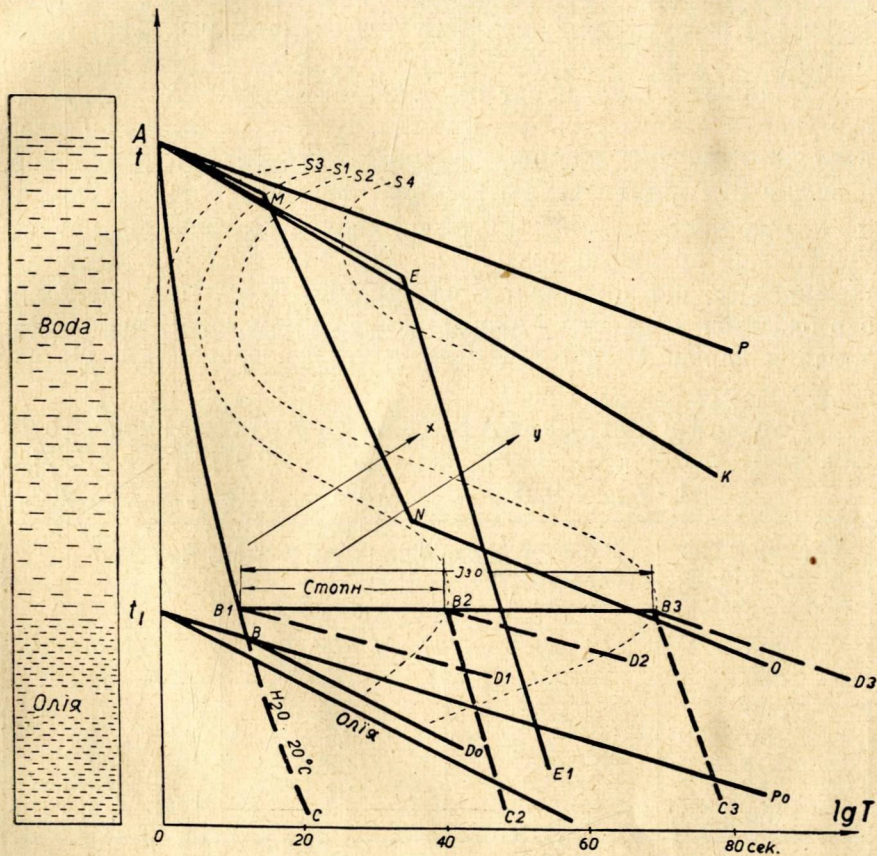
Черткована крива „S₃“ показує зміни швидкості остигання під впливом зменшеного вмісту вугля, а крива „S₄“ — зміни швидкості остигання під впливом зростаючого вмісту стопової домішки (крім кобальту!).

Позема вісь представляє зміни часу в логаритмічній шкалі для укладу „S“ — Bain, а для інших кривих — в звичайній шкалі температур.

Інж. Ю. Вільк виконав на моє доручення ряд проб, шукаючи такої гартівничої купелі, що позволяла б досягнути високі швидкості остигання в обсягу температур легкого розпаду ав-

стеніту, та повільні швидкості в обсягу повільного розкладу австеніту, що дало б можливість отримати відразу з одного ogrівання структури „термічного улiшення“, без потреби наступного відгартування та без повставання великих і шкiдливих напружень, що зiстають в сталях гартування до кiнця у водi.

Вступні проби гартування в купiлях заправлених або пiсля нiмецьких рецепт „пектинiтом“*), або столярським клеєм не до-



провадили до добрих результатів (порівняй криву ABD_0 з кривою AK); до тогож оці купелі по певнім часі ужитку гублять свої властивості гартування. Пектиніт (клей), рослинні або звiринні субстанції під впливом тепла, яке приходить до купелі в часі гартування, звершуються, — а гартівнича купіль „старіє“, т. з. тратить свою попередньо набуту властивість лагідного гар-

*) Спосіб фабрики „Pomosiin-Werke“ — у Франкфурті н/М.

тування, та ділає як брудна вода. Рівнож завели надії застосування до гартівничих купелів штучних емульзій олії у воді, тому, що перший період остигання відбувається не як у воді (крива АВ), а як в олії (крива АЕ), т. з. дістаємо цілком відворотний ефект.

Найбільша технічна трудність — вишукати олію, якої питомий тягар був би більший від пит. тягару води. Инж. Ю. Вільк розв'язав оцю проблему наступним способом: Газову смолу (пит. тягар 1,2) розпускає у технічній бензолі (пит. тяг. 0,86) у відношенні 5 : 1 при ogrіванню до около 80° і добрим розмішуванню.

Залишилося на практиці лише сконструувати апарат до гартування в двуверстових купілях. Був би це на наш погляд високий округлий збірник, де внизу знаходилася б тяжка олія, а висота цієї рідини була б розмірно невелика. Горішня верства води (найліпше дощевої!) була б змінна і залежна від розміру поодиноких предметів, що їх належало б гартувати, а також від їх кількості, що припадала б на одиницю часу. Чим коротшим був би стовп води, тим у вищих температурах відбулося б переломання кривої ABD_0 і тим м'якші структури повстали б в наслідок такого гартування.

Результати гартування в двуверстових купілях (вода на олії) для сталі: 1) 0,45% С; 0,82% Мn; 0,3% Si; 0,041 % Р і 0,038% S
2) 1,15 „ 0,31 „ 0,3 „ 0,028 „ 0,026 „

Температура в „В“ після кривої ABD_0	Температура гартівничої купелі	Твердість в скалі Rockwell'a „С“	
		Сталь 1	Сталь 2
700	25°	21	21
600	„	25	22
500	„	28	27
450	„	45	35
400	„	58	38
350	„	61	43
300	„	63	47
700	50	20	20
600	„	22	21
500	„	24	23
450	„	40	28
400	„	50	34
350	„	59	38
300	„	61	42

Середня з 10 проб

Звичайне гартування 25

Гарт. у двуверст. купілі „

66

66

66

66

Як бачимо з повищих даних, гартуванням у двуверстових гартівничих купілях можна кермувати і одержувати довільні результати, де твердість буде дорівнювати твердості, що її досягнемо гартуванням у звичайній водній купелі. Ударність проб, гартованих у двуверстовій гартівничій купелі, є кождоразово трохи вища як при звичайнім гартуванню,

Видається нам, що запропонована метода гартування в двуверстових купілях добре надається до застосування у промислі для масової продукції. Вода в гартівничій купелі може перепливати, а висота її верстви — змінитися, що легко можемо регулювати в залежності від маси, об'єму і кількості предметів, що мали б бути загартовані.

Загартовані предмети матимуть добру твердість і значно меншу скількість внутрішніх напружень, а рівнож належить припускати, що менші будуть явища пучіння, викривлення та деформації. Верства тяжкої олії буде охолоджуватися водою; факт, що охолоджуючийся предмет приходить до олії з розмірно не так високою температурою, утруднює зістаріння, т. з. випалювання легкоулетучуюхся похідних тяжкої олії.

Позатим добре змеханізоване гартування в двуверстових гартівничих купілях може цілковито усунути конечність наступного відгартовування, що додатно відібється на економічній стороні цього процесу.

