

簡明熱處理工作手冊

孫小冰 編譯

大東書局出版

本書共分五章：第一章對金屬熱處理基本知識——鐵碳合金平衡圖和 C 曲線作了簡明的介紹；第二章主要介紹各種鋼的編號方法、機械性質、熱處理規程和用途，附有很多表格可供實際工作中查考；第三章對熱處理各基本工序給於明確的概念，對鋼的加熱時間、保溫時間、冷卻方法、提供先進的資料；第四章介紹一些零件的標準工藝過程，這些都是蘇聯先進資料，可供各工廠生產中參考；第五章收集了蘇聯熱處理車間主要設備和輔助設備的規格、性能、用途。本書可供熱處理工人及中等技術人員之參考。

孫小冰編譯

*

1954 年 10 月發排(務本排) · 1955 年 3 月上海第一版

1955 年 3 月上海第一版第一次印刷(0001—3000 冊)

書號：5175 · 30' × 42' · 1/15 · 180 千字 · 10 印張 · 定價壹元六角

*

大東書局(上海山東中路 201 號)出版

上海市書刊出版業營業許可證出〇四三號

上海圖書發行公司(上海山東中路 128 號)總經售

導文印刷所(威海衛路 357 弄 12 號)印刷

目 錄

第一章 鋼的結構組織與性質	1
一、鐵碳合金平衡圖.....	1
鐵碳合金平衡圖(圖) 鐵碳合金平衡圖上各點的特性(附表)	
二、奧氏體等溫分解圖(C-曲線圖)	6
奧氏體等溫分解圖(圖) 1.奧氏體在C-曲線上部區域的轉變 2.奧氏體在C-曲線中部區域的轉變 3.奧氏體在C-曲線下部區域的轉變	
三、結構組織與性質.....	8
純鐵體 奧氏體 滲碳體 珠光體 索氏體 托氏體 針狀托氏體 馬丁體 各種結構組織的性質(附表) 純鐵體(圖) 自由滲碳體(圖) 珠光體(片層狀)(圖) 奧氏體(圖) 馬丁體(圖) 托氏體(圖) 索氏體(圖) 馬丁體和奧氏體(圖)	
第二章 鋼的化學成分、機械性能和熱處理方法	16
一、鋼的分類方法.....	16
按冶煉方法分類的鋼 按化學成分分類的鋼 按結構組織分類的鋼 按品質分類的鋼 按成形方法分類的鋼 按用途分類的鋼	
二、鋼的符號的意義.....	17
1.蘇聯鋼號的意義 2.S.A.E鋼號的意義	
三、蘇聯鋼的化學成分、機械性質、熱處理方法和用途。.....	19
碳鋼 : 1.普通碳鋼 普通碳鋼(A組)要求的機械性能(表) 普通碳鋼(B組)要求的化學成分(表) 2.優質(高級)碳鋼 優質(高級)碳鋼的化學成分和機械性能(表) 3.高碳工具鋼 高碳工具鋼的分類和化學成分(表) 高碳工具鋼的熱處理規程(表) 高碳工具鋼的用途 用高碳工具鋼製成的各種工具和刀具要求的硬度標準(表)	
合金鋼 : 1.結構用合金鋼 結構用合金鋼的化學成分(表) 合金鋼的硬度標準和經過熱處理後的機械性能(表) 2.合金工具鋼 合金工具鋼的分類和化學成分(表) 合金工具鋼在熱處理後的硬度標準(表) 合金工具鋼的熱處理規程(表) 合金工具鋼的用途 工具鋼的合理使用簡明表(圖) 3.合金彈簧鋼 合金彈簧鋼的化學成分(表) 合金彈簧鋼的硬度標準和經過熱處理後的機械性能(表)	

- 高速鋼:** 1. 高合金高速鋼 高合金高速鋼的化學成分和硬度標準(表)
高合金高速鋼的用途 2. 低合金高速鋼 低合金高速鋼的化學成分
(表) 低合金高速鋼的熱處理方法(表)
- 特殊鋼:** 1. 軸承鋼 滾珠軸承和滾柱軸承鋼的化學成分和硬度標準(表)
軸承鋼的用途 2. 不銹鋼和耐酸鋼 不銹鋼和耐酸鋼的化學成分
(表) 不銹鋼和耐酸鋼的熱處理方法和機械性能(表) 不銹鋼和耐
酸鋼的用途 3. 不氧化鋼和耐熱鋼 不氧化鋼和耐熱鋼的化學成分
(表) 不氧化鋼和耐熱鋼的熱處理方法和機械性能(表) 不氧化鋼
和耐熱鋼的用途

四、蘇聯鑄鐵的化學成分、機械性能、熱處理方法和用途.....55

1. 灰口鑄鐵 灰口鑄鐵的用途 灰口鑄鐵的化學成分(表) 灰口鑄鐵的
機械性能(表) 不同成分的灰口鑄鐵經過熱處理後的機械性能(表)
等溫淬火對各種不同成分灰口鑄鐵機械性能的影響(表) 精製灰
口鑄鐵的機械性能(表) 2. 可鍛鑄鐵 可鍛鑄鐵的機械性能(表)

五、S. A. E. 結構用鋼的化學成分和熱處理方法.....63

- S. A. E. 結構用鋼的化學成分(表) S. A. E. 結構用鋼的熱處理方法(表)

第三章 熱處理的基本原理.....73

一、熱處理時鋼的加熱、透燒(保溫)和冷卻73

二、熱處理時鋼件加熱和透燒時間.....74

1. 蘇聯的資料 2. A. S. S. T. 的資料 3. A. S. M. 的資料 4. Trunk 的
資料

三、熱處理的方法.....79

- 退火** 完全退火 不完全退火 球化退火 碳鋼的退火溫度(附表)
擴散退火 低溫退火 等溫退火 等溫退火和普通退火圖解(圖)
正火

- 淬火** 蘇聯鋼在加熱和冷卻時的臨界點位置(附表) S. A. E. 鋼的臨界
點位置(附表) 各種淬火方法圖解(圖) 完全淬火 不完全淬火
雙重淬火 等溫淬火 1. 馬丁體等溫淬火法 2. 托氏體等溫淬火法
3. 索氏體等溫淬火法 分段淬火 降溫淬火 自回火淬火 表面
淬火 局部淬火 噴射淬火

- 回火** 高溫回火 低溫回火 多次回火

- 冰冷處理** 某些鋼冰冷處理的效果(附表) 高速鋼幾種不同的熱處理方
法(圖) PΦ-1 高速鋼刀具在不同方法處理後對使用壽命的影響
(附表) 不同處理方法對高速鋼刀具使用壽命的比較(附表)

時化處理

四、常用的各種淬火劑(冷卻劑)和淬火、回火用的加熱劑.....97

1. **冷卻劑** 各種冷卻劑的冷卻速度(附表) 淬火用的油的特性(附表)
等溫淬火用的冷卻劑(附表)

2. 加熱劑 低熔合金——加熱劑(附表) 回火油的特性(附表) 鹽槽用的加熱鹽(附表)

五、化學熱處理方法..... 103

1. 滲碳法 (一)固體滲碳法 圓錐形滲碳箱(圖) 工件裝箱情形(圖) 固體滲碳劑的成分(附表) 滲碳溫度和時間對於滲碳深度的關係(附表) 防止滲碳的包裝材料的成分(附表) (二)液體滲碳法 滲碳時間和面層含碳量的關係(附表) 滲碳時間和滲碳深度的關係(附表) 滲碳溫度和時間對於滲碳深度的影響(附表) (三)氣體滲碳法 常用的氣體滲碳劑的成分(附表) 滲碳時間及滲碳溫度與滲碳深度的關係(附表) 滲碳溫度對於滲碳深度的影響(圖) 滲碳時間對於滲碳深度的影響(圖) 用鉍鋼法保護機件表面防止滲碳作用的方法
2. 氮化法 (一)液體氮化法 高溫液體氮化法 氮化時間和溫度對於氮化深度和硬度的影響(附表) 氮化時間與氮化層深度之間的關係(圖) 氮化後表面層中氮和氮含量的變化(圖) 用活性“氮鹽”和用氰化鈉氮化對氮化層深度和含氮量影響的比較(附表) 低溫液體氮化法 高速鋼刀具在低溫液體氮化時氮化深度和時間的關係(附表) 高速鋼刀具液體氮化的時間(附表) (二)氣體氮化法 高溫氣體氮化法 氮化層深度與氮化溫度的關係(圖) 不同溫度氮化後表面層的深度和硬度(附表) 低溫氣體氮化法 高速鋼刀具氣體氮化後表面氮化層的硬度和深度(附表) 各種高速鋼刀具低溫氣體氮化的時間(附表) (三)固體氮化法 各種高速鋼刀具低溫固體氮化處理的時間(附表)
3. 氮化法 (一)液體氮化法 (二)氣體氮化法 氮化層深度和硬度變化的情形(圖) 氮化時間和溫度對氮化層深度和硬度的影響(圖) (三)多次氮化法 二次氮化法 三次氮化法 防止氮化的方法

六、硬度試驗..... 124

- 布氏硬度 用布氏硬度試驗機試驗時的要求(附表) 洛氏硬度 洛氏硬度試驗機的規格(附表) 維氏硬度 維氏硬度試驗時所加的負荷(附表) 蕭氏硬度 硬度對照表(附表)

第四章 零件熱處理工藝學..... 129

一、汽車主要零件的熱處理方法..... 129

- 曲軸的熱處理 載重3~5噸的載重汽車主要零件和鍛件的熱處理方法(附表) 齒輪熱處理 氣門熱處理 活塞環熱處理 汽車後半軸 汽車前軸 制動器凸輪

二、彈簧的熱處理方法..... 138

- Y9A鋼所製的6公厘厚鋼板彈簧熱處理的方法(附表) 50XΦA鋼所製的直徑5.5公厘的圓柱形彈簧熱處理的方法(附表) 65T鋼所製的直徑8公厘的螺旋彈簧熱處理的方法(附表)

三、軸承零件熱處理方法	139
(一)軸承套的熱處理方法 軸承套的淬火溫度和預熱、保溫時間(圖)	
(二)滾珠和滾柱的熱處理方法 滾珠的淬火溫度和預熱、保溫時間(圖) 滾柱的淬火溫度和預熱保溫時間(圖)	
(三)滲碳鋼製軸承套的熱處理方法 滲碳方法	
四、各種長軸和短軸的熱處理方法	145
各種軸的熱處理規範(附表)	
五、鑄子熱處理方法	146
熱作鑄子熱處理方法(附表) 冷作鑄子熱處理方法(附表)	
六、量具(驗規)熱處理方法	149
樣圈的熱處理方法(附表) 樣板、卡規等量規的熱處理方法(附表) 塞規、圓錐形塞規和螺絲塞規的熱處理方法(附表)	
七、切削刀具熱處理方法	160
一、碳工具鋼製成的切削刀具熱處理的特點	
二、合金工具鋼製成的切削刀具熱處理的特點	
三、高速鋼製成的切削刀具熱處理的特點 高速鋼刀具熱處理的步驟(圖) 切削刀具銲接縫的位置(圖) 端銑刀、柱形銑刀、錐形銑刀和鑽頭的熱處理方法(附表) 斜槽端銑刀、鍵槽端銑刀、插柄理頭鑽、機用螺絲公和手用螺絲公的熱處理方法(附表) 筒形擴孔鑽、筒形銑刀、平面銑刀、螺紋銑刀和齒輪滾刀的熱處理方法(附表) 片銑刀、三邊銑刀、槽銑刀、角銑刀、雙角銑刀、特殊形狀的銑刀、樣板銑刀和圓板牙的熱處理方法(附表) 鋼齒刀、片銑刀、插柄銑刀、樣板圓車刀和螺絲圓車刀(單齒和多齒)的熱處理方法(附表) 圓鉋刀的熱處理方法(附表) 槽鉋刀的熱處理方法(附表) 滾絲板(滾鑽)熱處理方法(附表) 鋸有高速鋼刀頭之車刀的熱處理方法(附表)	

第五章 熱處理車間設備 184

1. 熱處理加熱爐	184
一、箱式爐 滾柱爐底的加熱爐(圖) 台車式箱形爐(圖) H-型箱式電爐(圖) H-型箱式電爐的規格(附表) T-型箱式電爐的規格(附表) T-型箱式電爐(圖)	
二、井式爐 III-35 型井式電爐(圖) III-型井式電爐的規格(附表) II-型井式電爐的規格(附表) 帶有循環流動空氣的井式回火爐(圖) IIIH-型井式回火爐的規格(附表)	
三、鹽槽(鹽爐) 油熱和氣體加熱的坩鍋式鹽槽(圖) 雙掛鍋式鹽槽的簡圖(圖) B-20 坩鍋鹽槽簡圖(圖) B-型外熱式坩鍋鹽槽的規格(附表) C-35 型內熱式電極鹽槽(圖) C-型三相電極鹽槽的規格(附表) C-型單相電極鹽槽的規格(附表) 電熱鹽槽結構圖	

(等溫淬火及回火用)(圖)

四、連續作業爐 輸送帶式加熱爐 K-70 型輸送帶式淬火爐外觀(圖)
K-70 型輸送帶式淬熱爐的截面圖(圖) K-型輸送帶式淬火爐的規格
(附表) K-型輸送帶式高溫回火爐的規格(附表) K-型輸送帶式
低溫回火爐的規格(附表) 推桿式加熱爐 推桿式淬火-回火裝置
(圖) 可鍛鑄鐵退火用的推桿式加熱爐(圖) 處理滾柱和滾珠用的
迴轉式加熱爐 處理滾柱和滾珠用的迴轉式加熱爐和厚斗式回火油
爐全套裝置(圖)

2. 測量溫度的儀器..... 211

3. 冷卻裝置..... 214

輸送帶式淬火槽 輸送帶式淬火槽(3B-600 K)(圖) 輸送帶式淬火槽的
規格(附表)

提升式淬火池 提升式淬火池簡圖(圖)

淬火機 齒輪淬火機(圖)

4. 清潔裝置..... 218

清洗槽 MM-400K 清洗機(圖)

噴砂機 噴砂機(圖) 轉台式噴砂機(圖)

5. 校直設備..... 223

手壓牀(圖) 油壓牀(圖)

6. 檢驗設備..... 225

布氏硬度機 TH-型手動布氏硬度機(圖)

洛氏硬度機 TR 型洛氏硬度機外觀(圖) TR 型洛氏硬度機簡圖(圖)

附 錄

I. 常用符號與度量單位(蘇聯)..... 228

II. 主要金屬和非金屬元素的物理常數和機械性質..... 229

III. 攝氏(°C)和華氏(°F)溫度對照表..... 230

IV. 中俄名詞對照表..... 232

主要參考資料..... 234

各期刊登載有關熱處理之文章索引

第一章 鋼的結構組織與性質

鋼的內部組織決定了鋼的機械性能，而化學成分和熱處理的方法又決定了鋼的結構組織。

金相學是研究金屬和合金的各種性能及它們內部構造(結構組織)關係的科學。金屬和合金的內部構造和它們的機械性能之間存在着一定的關係，測定這個關係，尋求熱處理和機械加工的方法，使金屬和合金具有各種不同的構造，這便是金相學的目的。

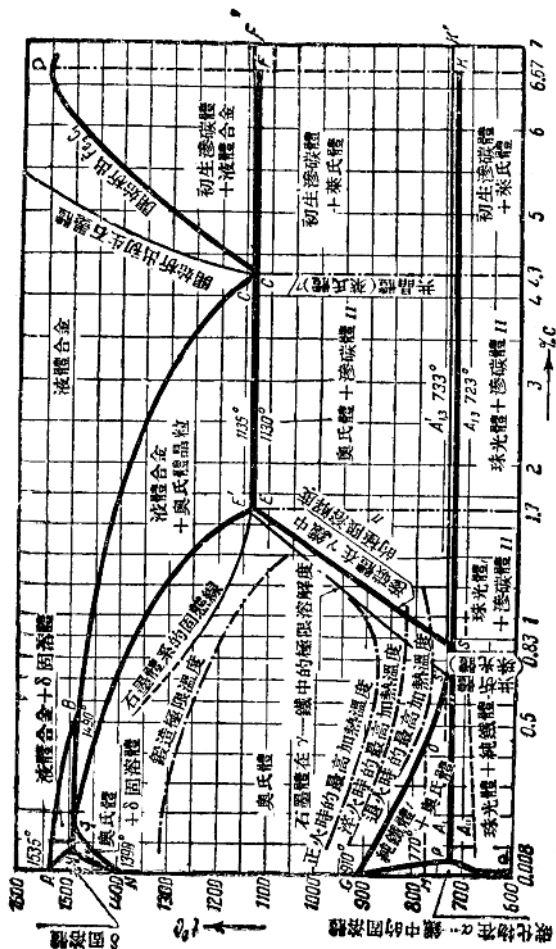
熱處理是改變鋼的結構組織，以達到改變它性能的一種方法；因此熱處理是使鋼件獲得新性能的一門工藝技術。它擴大了金屬和合金的使用範圍，保證工件具有符合於使用要求的性能。

掌握正確的熱處理方法乃是保證工件質量的主要關鍵。在研究鋼的熱處理以前，必須先瞭解鋼在熱處理過程中結構組織的變化，也就是說鋼在加熱和冷卻過程中的變化。要掌握鋼在加熱和冷卻過程中的變化規律，必需學習下面兩個基本圖——鐵碳合金平衡圖和C曲線圖(奧氏體等溫轉變圖)。

一. 鐵碳合金平衡圖

右圖是鐵碳合金平衡圖。在圖上橫軸表示合金中碳的含量($\%C$)；直軸表示溫度($^{\circ}C$)。圖的最左邊是純鐵(含碳為零)；右邊是指含碳量相當於6.67%的碳化鐵(Fe_3C)。

在鐵碳合金平衡圖上，根據碳的含量，可以分為兩大類：含碳量在



1.7 % 以下的鐵碳合金叫做鋼；含碳 1.7~6.67 % 的叫做鑄鐵；超過了 6.67 % 的合金，在實用上並無益處。

在鐵碳合金平衡圖上是用溫度 ($^{\circ}\text{C}$) 和合金的成分 (%) 作座標，而不考慮時間；所以是假定在很穩定的狀態下加熱和冷卻時發生的轉變，與在熱處理過程中實際加熱和冷卻時的轉變是有些距離的。但這並不是說可以不學它了，學習鐵碳合金平衡圖對於熱處理工作者來說，至少有下面兩點實用上的意義：

1) 任何成分的合金，隨時都有趨於穩定組織的傾向，倘使我們給以一定的時間和一定的條件，那麼它就會最後變成較穩定的組織了；同時我們如果不知道什麼是合金的穩定組織，也就不能更好地瞭解在時間變化中要發生那些變化；

2) 根據鐵碳合金平衡圖，可以確定合金能承受何種熱處理的工序，以及可在那一個溫度範圍內進行工作。

在研究鐵碳合金平衡圖之前，先個別地來研究一下鋼在穩定狀態下的結構組織。

從平衡圖上可以看到，含碳量在 0.83 % 以下的鋼（又叫做亞共析鋼）在加熱以前是由純鐵體 + 珠光體結構組成；而含碳量在 0.83~1.7 % 的鋼（又叫做過共析鋼）在加熱以前是由滲碳體 + 珠光體結構組成；含碳量為 0.83 % 的鋼（又叫做共析鋼）在加熱以前是由單一的珠光體組成。

加熱到 A_1 臨界點以上，鋼中的珠光體開始轉變為奧氏體（固溶體）；當溫度升高到 A_{cm} 時，過剩相（亞共析鋼中的純鐵體和過共析鋼中的滲碳體）開始溶入奧氏體中而得到均勻的相（奧氏體）。

在熱處理的時候，我們可以根據鐵碳合金平衡圖來決定各種含碳量不同的鋼的淬火、正火和退火的溫度。

在平衡圖上的各條線是代表各臨界溫度的幾何位置，這些點和線的位置都經過長期的科學研究方法而確定的。

平衡圖上各線代表的意義如下：

ECF 線 (1130°C) —— 在加熱時，萊氏體轉變為液體合金；在冷卻時，液體合金轉變為萊氏體的臨界點的軌跡（鑄鐵開始凝固或熔解的線）。

GOS 線 —— 當冷卻時，純鐵體開始從奧氏體中析出 (A_{r_3})；當加熱時，純鐵體開始溶解到奧氏體中去 (A_{c_3})。

ES 線 —— 當冷卻時，滲碳體開始從奧氏體中析出 ($A_{r_{cm}}$)；當加熱時，滲碳體開始溶解到奧氏體中去 ($A_{c_{cm}}$)。

GO 線 —— $\beta \longleftrightarrow \gamma$ 的變化。

OS 線 —— $\alpha \longleftrightarrow \gamma$ 的變化。

PSK 線 (723°C) —— 當冷卻時，奧氏體轉變為珠光體 (A_{r_1})；當加熱時，珠光體轉變為奧氏體 (A_{c_1})。

GP 線 —— α -鐵範圍。

MO 線 (770°C) —— $\alpha \longleftrightarrow \beta$ 磁性變化 (A_{r_2} 和 A_{c_2})。

鐵碳合金平衡圖上各點的特性，表示在下面表中：

臨界點的位置隨加熱和冷卻而不同，所以為了區別起見，我們在加熱時的臨界點符號後面加註一個“c”（用 A_{c_1} 、 A_{c_2} 、 A_{c_3} 和 A_{c_4} 表示）；在冷卻時的臨界點符號後面加註一個“r”（用 A_{r_1} 、 A_{r_2} 、 A_{r_3} 和 A_{r_4} 表示）。 A_1 又叫做低臨界點； A_3 叫做頂臨界點。

A_{c_1} 或 A_{r_1} —— 珠光體轉變為奧氏體或奧氏體轉變為珠光體。

A_{c_2} 或 A_{r_2} —— $\alpha \longleftrightarrow \beta$ 磁性變化。

A_{c_3} 或 A_{r_3} —— $\beta \longleftrightarrow \gamma$ 或 $\alpha \longleftrightarrow \gamma$ 的變化。

A_{c_4} 或 A_{r_4} —— $\gamma \longleftrightarrow \delta$ 的變化。

點的符號	溫 度 (°C)	含 碳 量 (%)	點的符號	溫 度 (°C)	含 碳 量 (%)
A	1535	0	H	1490	0.1 (碳在 δ -鐵中的 最大含量)
B	1490	0	O	770	0.4
C	1135	4.3 (共晶的含碳量)	J	1490	0.18
D	1600	6.67 (碳化鐵的含碳 量)	K	723	6.67 (碳化鐵的含碳 量)
E	1135	1.7 (碳在 γ -鐵固溶 體中最大含量)	N	1390	0
F	1135	6.67	P	723	0.04 (碳在 α -鐵中的 最大含量)
G	910	0	S	723	0.83 (珠光體的含碳 量)
M	770	0	Q	800	0.01

現在根據鋼的含碳量，分別來說明當緩慢加熱和冷卻時鐵碳合金平衡圖上發生的不同變化情形：

(1) 含碳量在 0.83% 以下的亞共析鋼 在室溫時，鋼的原始組織是純鐵體 + 珠光體，當加熱到 A_{c1} 臨界溫度 (PS 線, 723°C)，珠光體就轉變成為奧氏體，而純鐵體保留未變；溫度繼續升高到 A_{c3} (GS 線)，純鐵體就溶解到奧氏體中去，最後合金將全部是由奧氏體所組成。當冷卻時，轉變的過程和上面所說的相反。

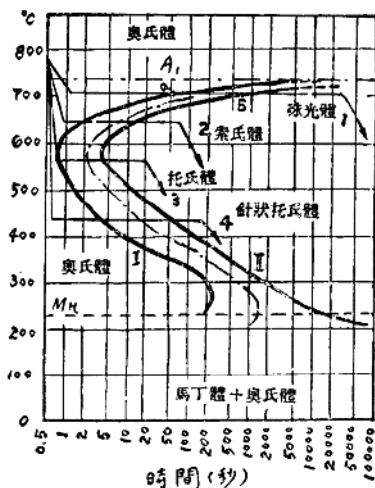
含碳量為 0.83% 的鋼 (共析鋼)，在冷卻時，全部奧氏體在 S 點轉變為珠光體；這種鋼僅是由珠光體一種組織組成。 S 點又叫做共析點，而通過 S 點的水平線叫做共析線；

(2) 含碳量在 0.83 到 1.7% 的過共析鋼 在室溫時，鋼的原始組織是滲碳體 + 珠光體，當加熱到 A_{c1} 臨界溫度 (PS 線, 723°C)，珠光體就轉變成為奧氏體，而滲碳體保留未變；溫度繼續升高到 A_{cm} (SE 線)，滲碳體就溶解到奧氏體中去，最後合金將是由全部奧氏體所組成。當冷卻時，轉變的過程和上面所說的相反。

所以，在過共析鋼中含有滲碳體過剩相；而亞共析鋼中含有純鐵體過剩相。

二. 奧氏體等溫分解圖 (C -曲線圖)

奧氏體在不同溫度等溫分解結果而得到的曲線圖叫做奧氏體等溫分解圖，因為圖上的曲線形狀像俄文字母“C”，所以又可以叫它做 C -曲線圖。



圖上橫軸座標代表時間(對數座標)；直軸座標代表溫度。曲線 I 和曲線 II 是奧氏體開始轉變和轉變終了曲線。

圖上 A_{c1} 是該種成分鋼的下臨界點； M_n 是馬丁體轉變開始點。

各種鋼的 C -曲線形狀各不相同，主要決定於鋼的成分(即鋼中含合金元素量)。

從奧氏體等溫分解圖上可以看到，奧氏體過冷到不同的溫度，在轉

變開始以前都有一段穩定時期；在不同的過冷溫度下，有着不同的穩定期。對於碳鋼來說，最短的穩定期是在 $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ 之間，我們把這突出部分叫做“鼻部”，因為“鼻部”距縱軸的距離最短，也就是說，在 $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ 範圍內奧氏體最不穩定。在淬火時必須以最快的冷卻速度過冷到鼻部的溫度以下，這樣在淬火後可以得到馬丁體的組織，如果冷卻速度不夠快，過冷奧氏體在鼻部和曲線 I 相接觸，那麼就會生成一部分純鐵體 + 滲碳體的混合組織，淬火後鋼的硬度自然降低。

根據等溫分解物的特性，可以將 C - 曲線分為下面三個區域來說明：

1、奧氏體在 C - 曲線上部區域的轉變 亞共析鋼在 550°C 以上高溫區域內分解時（見上圖曲線 1），奧氏體分解在 a 點開始，直到 b 點才終止，沿着晶粒邊緣先析出純鐵體組織；接着，剩餘的奧氏體就轉變成為珠光體。

過共析鋼在 550°C 以上高溫區域內分解時，先析出滲碳體。等溫分解的溫度愈高，那麼生成物就愈粗，結果硬度就愈低。

2、奧氏體在 C - 曲線中部區域的轉變 C - 曲線的中部區域是包括從 550°C 到 M_n 點之間的範圍。在這區域中，奧氏體等溫分解成為細的純鐵體和滲碳體的混合物（索氏體或托氏體）。奧氏體分解的溫度愈低，得到的組織就愈細，因此硬度也就愈高。根據純鐵體和滲碳體混合物的細密程度，我們叫它做珠光體、索氏體和托氏體（見上圖 2、3、4 曲線）。

我們可以根據要求的組織和性質，從 C - 曲線上找到合適的等溫保溫的溫度和奧氏體在這個溫度完全分解所需的時間。

3、奧氏體在 C - 曲線下部區域的轉變 奧氏體在低於 M_n 點以下的溫度分解，就轉變成為馬丁體及剩餘奧氏體組織。等溫轉變的溫

度愈低，那麼得到的組織中含馬丁體的數量也就愈多，鋼的硬度也愈高。

在淬火時，我們要求得到堅硬的馬丁體組織，所以必須以很快的速度過冷到 M_n ，使奧氏體全部轉變為馬丁體。

鋼的含碳量在 0.2~0.8% 時，它的馬丁體轉變開始點 (M_n) 的溫度，可以用下面的公式計算：

$$M_n (^{\circ}\text{C}) = 520 - 320(\%C) - 50(\%Mn) - 30(\%Cr) - 20(\%Ni) \\ + \%Mo - 5(\%Si + \%Cu) \quad [\text{A. A. Попова 公式}]$$

根據這個公式，可以求出各種鋼的 M_n 點的溫度來，這樣幫助我們決定等溫淬火的溫度。

各種鋼的 C- 曲線形狀都不相同，我們可以根據鋼的化學成分從書本上找到合適的 C- 曲線，作為熱處理時的參考。

鋼中加入合金元素後，使 C- 曲線右移，這樣大大的增加了淬火工作的方便，也就是說可以以較低的速度冷卻而不會使奧氏體分解為純鐵體和滲碳體的混合組織。所以合金鋼可以淬入油中冷卻而得到高硬度的馬丁體組織。

三. 結構組織和性質

鋼料經過不同的熱處理過程後，得到各種不同的結構組織，因而也具有不同的性質。下面分別說明各種結構組織和性質之間的關係：

純鐵體 純鐵體是碳在 α -鐵中的固溶體，在純鐵體中允許碳的含量最低，不能超過 0.04% (近乎純鐵)。所以純鐵體性質很軟，機械性能(強度等)很低，但具有磁性性質。含碳量低於 0.83% 的亞共析鋼中含有純鐵體的組織，鋼中碳的含量愈低，那麼純鐵體的數量也就愈多。所以亞共析鋼在淬火時必須加熱到 A_{c3} 以上 30~50 $^{\circ}\text{C}$ 的溫度，使純鐵體全部溶解到奧氏體中去，這樣在淬火後可以得到較高的硬度；如果加

熱溫度過低，在淬火後保留有未溶解的純鐵體組織，就會降低鋼的硬度。低碳鋼（0.1~0.25% C）中純鐵體的數量很多，所以淬火後硬度不高。

奧氏體 奧氏體是碳在 γ -鐵中的固溶體，它允許碳溶解的程度很大，可達1.7% C（相當於鐵碳合金平衡圖上E點）。

淬火時，需要加熱到使鋼的內部組織轉變為奧氏體的溫度，然後急速冷卻下來，使奧氏體過冷到低的溫度（ M_n 溫度）而轉變成為馬丁體組織。

奧氏體性柔軟，承受衝擊力的作用和耐磨的性能都很好；與純鐵體不同的是它為無磁性的。

滲碳體 又叫做碳化鐵體（ Fe_3C ），是碳與鐵的化合物，熔點為1600°C。

滲碳體硬度極高（ $H_v > 700$ ），性脆；高碳鋼中因為含有 Fe_3C ，所以硬度比低碳、中碳鋼要高。

含碳在0.83%以上的過共析鋼，淬火時加熱到 A_{c1} 以上的溫度使滲碳體保留而不溶解到奧氏體中，這樣在淬火後保留着未溶解的滲碳體有增加鋼料硬度的作用。

珠光體 珠光體是純鐵體與滲碳體的共析混合物，含碳0.83%；當緩冷到723°C（ A_{c1} ）的溫度，奧氏體就轉變成為珠光體組織。

珠光體有呈片層狀的和球狀的，它們的性質也各不同。

亞共析鋼是由珠光體+純鐵體組成；過共析鋼是由珠光體+滲碳體組成（從鐵碳合金平衡圖上可以看到）。

在退火時我們要求得到珠光體的組織，因為珠光體性軟容易切削加工，而且很穩定；在等溫退火時把奧氏體過冷到 A_{c1} 臨界點稍下的溫度（650~700°C），在這溫度保溫一段時間（決定該種成分鋼的C-曲線），即可得到珠光體的組織。

上面介紹的是在緩慢冷卻後得到的組織，這些組織在鐵碳合金平衡圖上可以找到，是鋼在最穩定狀態下應具有的組織。如改變冷卻的速度，對於組織的變化影響很大；奧氏體在快速冷卻後，就不再轉變為珠光體，而將轉變為其他硬度較高的不穩定組織了。冷卻速度愈高，那麼得到的組織愈不穩定，這些組織按其硬度的高低排列，將順次是：索氏體、托氏體和馬丁體。我們從鐵碳合金平衡圖上是找不到這些不穩定組織的，只有在不同鋼的 C - 曲線圖上才可以發現。

索氏體 索氏體是一種細的珠光體組織，它也是由細的純鐵體和滲碳體混合組成。當淬火後，接着加熱到 $450\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的溫度進行回火，結果可以得到索氏體組織（回火索氏體）。

奧氏體過冷到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，等溫保溫一段時間，使奧氏體在等溫下，可分解成為索氏體。

索氏體雖然也是純鐵體與滲碳體的混合物，但是比較珠光體要細，硬度較珠光體為高。鋼在淬硬後再回火成為索氏體時，機械性能發生劇烈的變化：強度、硬度降低，而韌性大大增加。

索氏體是珠光體與托氏體之間的過渡相（中間組織）。它具有各種最高的機械性能：降伏強度、抗拉強度、延伸率和衝擊韌性。

許多要求韌性好的零件，如彈簧等在淬火和回火後要求得到索氏體組織。

托氏體 托氏體也是一種更細的珠光體組織，它是由更細的純鐵體和滲碳體混合組成。由於它比索氏體更細，所以硬度也更高。

淬硬鋼在加熱 $300\sim 450^{\circ}\text{C}$ 溫度回火，可以得到托氏體組織；使鋼的硬度由淬火後的 $H_{\text{c}}650$ 降低至 $H_{\text{c}}500$ ，但韌性卻有增加。

奧氏體過冷到 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的溫度，等溫保溫一段時間，使奧氏體在等溫下分解，即可得到托氏體組織。