

鋼之熱處理原理

應 尚 才 編 著



工 學 書 店 印 行

鋼之熱處理原理

應 尙 才 編 著

工 學 書 店 印 行

出版者的話

本書應用之理論，是基於碳鐵平衡圖解之分析，和鋼之冷卻速率所引起之改變為基礎。用淺近通俗的文字敘述了鋼的結構與性格、退火、正火、球形火煉、淬火與淬火劑、鋼之氮化及表面硬化法、爐氣、鋼之硬化性等等。

本書適合一般工廠技術員及技工同志參考。

鋼之熱處理原理

編著者：應尙才

書號1035 787×1092 1/32 70千字 3 1/2 印印 定價5,800元

出 版 者：工 學 書 店

北京市書刊出版業營業許可証出字零二九號

發 行 者：工 學 書 店

北京西交民巷蒙兒胡同12號·電話⑥0928號

印 刷 者：天 津 聯 合 印 刷 廠

1951年11月第一版 1953年4月第一版第三次印刷 5001—8000册(津登管)

序

近代機器中機件運動的速度，日益加增，為適應高速度運動的條件，須有特種性質的材料。此種材料多取之於鋼。因鋼經過適當熱處理後，可得工程上所需種種不同的性質。倘若偶有處理不當，或稍有偏差，則機件失效乃意中事也。因熱處理之工作，有賴乎高度之技術，豐富之經驗，及科學化之設備，方能達到熱處理之目的，否則有時好有時壞，難以掌握其所得之結果。作者深信技術與經驗，可用實踐結合的理論來代替的。掌握這樣的理論就能有把握的得到熱處理圓滿的結果。故曾蒐集有關資料，作了長時期之研究。僅將研究所得筆錄成冊。

本書應用之理論，是基於碳鐵平衡圖解之分析，和鋼之冷卻速率所引起之改變。以此理論為基礎，工作者對熱處理之操作，自有相當之把握。為使讀者便於明瞭此原理，作者多用圖表以助文詞之短。

本書所有術語及專用名詞，已儘量採取通用者，因國內對此種名詞尚未見統一，故有附註英文術語及名詞，以便對照。

書內插圖與金相照片均由長子建之繪製及攝影。理合予以聲明。

作者學識淺薄，寫作時又屬忙中偷閒，故書內有待斟酌及修正之處，自屬難免，希讀者原諒！如惠賜批評或斧正，無任感謝！

應尚才序於北方交通大學

一九五一年九月

鋼之熱處理原理

目 錄

第一章 概 論

引 言.....	1
定義及範圍	1
熱處理工作者應有的認識.....	2

第二章 鋼——結構與性格

鋼與鐵.....	4
鋼的分類	5
影響鋼料機械性的因素.....	6
鋼之抗拉性	7
鋼之硬度.....	8
碳鐵平衡圖.....	9
鋼之固化溫度及變態.....	11
鐵之同素異形體.....	12
丕拉鐵之變化.....	13
奧司頓鐵之變化.....	15
熱處理之目的	17

第三章 退 火

退 火.....	19
退火時之溫度.....	19
鋼件之大小決定退火所需的時間.....	20

兩種冷卻方法	21
鋼件經退火後所改變的機械性	21
解除殘餘應力之方法	23

第四章 正 火

碳鋼之正火法	24
正火時之冷卻速率與結構的關係	25
抗拉強度之變更	26
正火法的應用	27

第五章 球形火煉

球形火煉	30
球形火煉與鋼之切削性	30
球形火煉所需之時間	31
改進中碳鋼與低碳鋼之切削性	31
球形火煉又為硬化高碳鋼之初步工作	32
球形火煉能增進中碳鋼鍛件之延性	34
球形火煉之重要條件	35

第六章 淬火與淬火劑

淬 火	37
冷卻率與膨脹之規律	37
冷卻率與結構之變化	39
奧司頓鐵之等溫變化	40
對淬火有關的其他要素	43
淬火之條件	44
淬火劑	45

第七章 回 火

回火	51
馬頓鐵之硬化由於沉澱作用所致	51
四級回火溫度	52

馬氏體變質之速率	53
回火方法	55
回火之時間	56
回火所得之微細結構	58

第八章 表皮加碳與硬化

表皮硬化	63
表面硬化之兩個過程	63
碳之滲入與散佈	64
裝箱碳法	65
碳酸化合物促進硬化作用	65
糊狀碳劑	67
氣體碳劑	67
液體碳劑	68
硬化後之處理工作	69

第九章 鋼之氮化及表面硬化法

氮化鋼	74
氮之硬化法	75
氮化時之化學反應	76
氮化為製造工作過程中之最後的操作	78
表皮氮化與氮化之比較	81
表面硬化法	82

第十章 爐氣

爐內氣體與熱鋼接觸	85
氣體對鋼之作用	85
爐氣之要素	86
烟氣之氧化作用	87
除碳作用之影響	88
烟氣之除碳作用	88

體氣之處理.....	89
人造爐氣及液浴法.....	91
第十一章 鋼之硬化性.....	
鋼之硬化性問題.....	93
試驗時應用之器具.....	94
試件之準備.....	95
試驗手續.....	96
試驗之記錄.....	97
試驗結果之可靠性.....	98
試驗所得的數據之應用.....	99

第一章 概 論

一 引 言

我國機械業工廠，對於鋼之熱處理工作，向來是沒有多大的把握，有時成績很好，有時全功俱廢，每次總在暗中摸索。究其原因，不外乎對於鋼之性格認識不夠；尤其是溫度之變化，影響鋼之性格之變化，沒有得到充分的瞭解。因此，著者想用最淺近的文字，對此做一最簡單的報導，使讀者能很容易的掌握住熱處理的原則。

二 定義及範圍

熱處理，是一個操作或幾個操作合併起來，使金屬物或合金物，在固體狀態下加熱和冷卻，以獲得特殊的機械性，或某種指定的機械性，而適合工程上的需要。

熱處理的範圍，只限於加熱與冷卻之操作。至於施工（即熱作或冷作）而改變金屬物或合金物之機械性，則不在此範圍內。雖然如此，熱處理仍然是一種範圍廣大，而富有綜合性的科學；同時，又是一種精確的技術與手藝。在表面上看來，熱處理似乎是神秘而不易明瞭的，不過，若能先將熱處理的原理瞭解後，則對熱處理的技術是決不會感覺困難的，而對於改變金屬物的機械性，便成為一件輕而易舉的事情了。

三 熱處理工作者應有的認識

熱處理工作者，要避免盲目從事，在未處理工作之先，對下列三個問題應有圓滿的答覆：

- 一、受處理之鋼件，需要何種機械性格？
- 二、應如何處理之？
- 三、何故？

欲解答上述問題，須先要清清楚楚地瞭解鋼件因受熱處理後，而發生物理性的變化，並能掌握各種熱處理方法之理論。

所有各種熱處理的方法，都是爲了改進鋼件之機械性格。當鋼件受到相當熱量時，其內部之組合結構，立刻就起了相當的變化。有些變化，能從表面察覺，就如鋼件加熱至某溫度時，呈暗紅色；若溫度繼續提高，可能使此紅色漸漸地明顯，或竟能發出白光；溫度若再提高，鋼件開始軟化，至成液體爲止。有時，鋼件因受熱，其表皮變成鱗片狀的氧化鐵，此片狀物，用刀即能刮去。某種鋼件，受了相當的熱量，可能在表皮上呈現小泡；如鎢鈷高速工具鋼，在硬化溫度中即發生此現象。

這些顯著的現狀，僅可供熱處理者，作簡單的指南；却不足以辨別或決定鋼件是否已得到正常的熱處理。因爲熱處理之正式作用，並非使鋼件發出色光，亦不是使鋼件軟化，乃是使鋼件變成一種或幾種永久的特殊機械性格，以適合工程上或機件上之用途。若經熱處理後，所得到的機械性格，與所需的並不符合，則對於工程上之用途是毫無裨益，恐怕反而有損。譬如說，今需要將一鋼件韌化，而所得到者却爲溶化；或是需要的是提高到適當的溫度，使鋼件硬化，而所得到者，却因加

熱過度，以致鋼件受灼傷。如此，不但沒有達到熱處理的目的，反而離目的更遠。因此，不適當的熱處理，能使鋼件損壞到無可挽救之地步；除將損壞之鋼件，折回煉鋼爐內作為廢鋼外，毫無其他用途。

總之，鋼之結構極為複雜，而經熱處理後可能得到的變化，亦有不少；故若對於熱處理之原理，未能充分瞭解前，熱處理工作者很容易釀成錯誤的結果。以下的各章內，就是述說，如何可以避免這些錯誤之結果，而使熱處理工作者能圓滿地達到其處理之目的。

第二章 鋼—結構與性格

一 鋼 與 鐵

普通一般人，常將鋼與鐵二字混淆不分，而不知鐵是一種元素，鋼是一種鐵與碳之混合物。鋼含碳量最少者為0.05%；根據理論，最多不應超過1.7%。含碳量在0.05%以下的碳與鐵之合金，可稱之謂鐵。含碳在1.7%以上的碳與鐵的合金，可謂之生鐵，或鑄鐵。普通一般的鋼，所含的碳量，都在1.00%與0.05%之間。工具鋼含碳量最多，約為1.25%左右。有些特殊合金鋼，專為某種特殊用途而設，含碳量是超過1.7%；同時，又含了多種元素。查其中的碳非普通鋼內之碳素，而是一種碳素的化合物。對於此類鋼料另有專題報告，茲不贅述。

鋼不僅含鐵(Fe)與碳(C)，此外尚有矽又名硅(Si)、錳(Mn)、磷(P)、硫(S)，銅(Cu)、鎳(Ni)等元素。矽與錳，是加入鋼質中，藉以防止氧化的，錳又能除磷，故矽與錳為鋼中所含有益於鋼的元素。硫與磷，並非故意加入鋼中，此二者乃是礦石與燃料所留下的元素，對於鋼質無益。至於銅與鎳，則為煉鋼時，在加廢料過程中所混入的。因此，在化驗鋼料的成份時，應將鐵、碳、錳、矽與磷的成份求出。有時亦須將銅與鎳的成份求出。

二 鋼的分類

鋼的分類法有四：1.以其製造的方法分之。2.以其用途分之。3.以其所含之成份分之。4.以其質地分之。

1. 以鋼的製造方法分類，則有——

(1) 鹼性或酸性轉爐鋼，由轉爐¹（即貝色麻爐）製成。

(2) 鹼性或酸性平爐鋼，由平爐²（又名馬丁爐³）製成。

(3) 雙煉鋼 由雙煉法⁴製成。

(4) 電爐鋼，由電爐⁵製成。

2. 以鋼的用途分類 則有——

結構鋼、工具鋼、鋼軌鋼、彈簧鋼、鍛鋼、鑄鋼、鍋爐鋼、不銹鋼、抗熱鋼⁶、火箱鋼⁷ 等等。

3. 以鋼所含的成份分類，則有——

(1) 純碳鋼⁸。

(2) 簡單合金鋼⁹。

(3) 複雜合金鋼¹⁰。

4. 以鋼的質地分類，則有——

(1) 特質鋼：如抗熱鋼；阻腐鋼¹¹ 等。

(2) 微粒鋼或粗粒鋼。

1. 轉 爐, bessemer converter.

2. 平 爐, open hearth furnace.

3. 馬丁爐, Martin furnace.

4. 雙煉法, duplex process.

5. 電 爐, electric furnace.

6. 抗熱鋼, heat-resistant steel.

7. 火箱鋼, fire box steel.

8. 純碳鋼, plain carbon steel.

9. 簡單合金鋼, simple alloy steel.

10. 複雜合金鋼, complex alloy steel.

11. 阻腐鋼, corrosion-resistant steel

(3) 熱型鋼或冷型鋼。

普通我們常用的鋼，多半屬於純碳鋼（按其所含的成份而分的）。所謂純碳鋼者，其主要成份是鐵、碳、與錳；同時，也含有極少量的矽、磷、硫和些別的元素。此種鋼又可分為下列三種：

①平爐鐵——此種鋼因含碳量極微，故可稱之為鐵，係由平爐中精煉而成，所含雜質不超過0.20%。

②亞共析鋼¹——含碳少於0.85%的鋼。此種鋼又可分為下列三種：

(甲)軟鋼²——由平爐中煉成，含碳量少於0.10%含錳量由0.20%至0.50%。

(乙)低碳鋼³——由轉爐、平爐、電爐或雙煉法煉成。含碳量由0.10%到0.30%，錳在0.60%以下。

(丙)中碳鋼⁴——此種鋼亦由轉爐、平爐、電爐或雙煉法煉成。含碳量由0.30%到0.85%，含錳在1.00%以下。

③超共析鋼⁵，即高碳鋼——由電爐或平爐中煉成的鋼。含碳量0.85%至1.50%，含錳在0.40%以上。

三 影響鋼料機械性的因素

當使用鋼料時，我們須要知道它的機械性，如硬度、抗拉

1. 亞共析鋼, hypo-eutectoid steel. 2. 軟鋼, dead-soft steel.

3. 低碳鋼, low carbon steel. 4. 中碳鋼, medium carbon steel.

5. 超共析鋼, hyper-eutectoid steel.

強度、抗壓強度、韌性、展延性、比重……等等。上述諸機械性：受下列六個重要因素之影響而變更。

1. 煉鋼時所採用的原料。
2. 煉鋼之方法。
3. 鋼的化學成份。
4. 鋼的成型方法如鑄、鍛或其他機械工作方法¹。
5. 機械工作法；若鋼件經機械方法施工後，則施工時之溫度及所作功之多少，均可影響其機械性。
6. 熱處理亦能更改鋼之機械性格。

在一般的用途中，鋼件的抗拉強度與硬度，是最使人重視的。因為用鋼料的最主要目的，就是使用它這兩種的機械性。

四 鋼之抗拉性

要知道鋼件的抗拉強度，只有做拉力試驗，才能解決這問題。拉力試驗須在拉力試驗機，或萬能試驗機中進行。由試驗之結果，可用公式求得下列諸數據。這項數據是表示試件之抗拉性（即抗拉強度）。

1. 屈服強度 = $\frac{\text{屈服點所受之拉力}}{\text{試件原來的斷面積}}$
2. 極限強度 = $\frac{\text{試件所受之最大拉力}}{\text{試件原來的斷面積}}$
3. 伸長率 = $\frac{\text{試件拉長後的長度} - \text{原長度}}{\text{試件的原長度}}$
4. 斷面收縮率 = $\frac{\text{試件原來的斷面積} - \text{最後的斷面積}}{\text{試件原來的斷面積}}$

1. 機械工作法，mechanical treatment.

當試件最初在試驗機受拉力時，其應變與應力成正比。即拉力遞加一倍，應變亦增加一倍，亦即應變率為一常數。當屈服點到達時，應變率突然增加，即拉力遞加少許，試件有顯著的伸長。此時可見試驗機之衡樑下垂，或拉力下降，屈服點到達後，衡樑因拉力之增加，復漸漸上升；少頃，又再下垂，若試件繼續受拉力，衡樑不復再起。此時為最後之拉力，亦即最大之拉力，或極限拉力。

五 鋼之硬度

工程界對鋼的硬度試驗法有二：即白立耐法¹，與落克威法²。前法，取一規定直徑之硬鋼球（常為10公厘），置於試件之磨光面上，球上加一規定之壓力（常為3,000公斤），並使壓力的方向，與試件之平面垂直。經過一規定時間（至少10秒鐘，有時30秒鐘）後，試件因受硬球之壓力，即呈現球形凹痕，用顯微鏡量微儀³測出此痕之直徑，再計算此痕之球面積。其所受之壓力，與此面積之比值，即白氏硬度⁴簡寫為Bhn。以數學方式表示為：

$$Bhn = \frac{\text{壓力 (公斤)}}{\text{壓痕之面積 (平方公厘)}}$$

為省去計算工作起見，工程標準規格中，備有凹痕之直徑與白氏硬度對照表。根據實驗所得，純鐵鋼與簡單合金鋼不構成型之方法，抑或曾受熱處理與否，其白氏硬度與抗拉強度有直接

1. 白立耐法，Brinell method.

2. 落克威法，Rockwell method.

3. 顯微鏡量微儀，micrometer microscope.

4. 白氏硬度，Brinell hardness number.

之關係。有算式可由白氏硬度推算抗拉強度，惟對於複雜合金鋼，與表面硬化之鋼件，此種關係似不存在。

洛克威硬度試驗法有二種，即 B 與 C 法。B 法用 $\frac{1}{16}$ 吋直徑之鋼珠，置於試件之平滑面上，加以 100 公斤之壓力，使試件呈現凹痕，其深度可由試驗機上直接得一讀數，此讀數即落氏 B 硬度，簡寫為 RB。落氏 C 法與 B 法相同，惟用金鋼石尖針，代 B 法中之鋼珠，易壓力為 150 公斤，所得之讀數為落氏 C 硬度，簡稱為 RC。落氏硬度，與某種鋼之抗拉強度，亦有相當的關係，與白氏硬度和抗拉強度之關係相似。

白、落二氏硬度試驗法，為工程界及工廠中所普遍採用。此外尚有應用維克氏¹ 硬度計者。其法與落氏 C 法相似，惟所用的金鋼石尖針之形式，為一正方形之稜錐體，其頂角為 136 度。故試件呈現之凹痕，在試件之平滑面上為一正方形，而凹痕之深度，可以此正方形對角線的長短決定之。此對角線之長度，亦直接代表試件之硬度。維克氏之方法，對於薄片之試件尤為適合，因為若將試驗時之壓力減低，使試件呈現較淺之凹痕，則其對角線之長短，仍可能很準確地量得。試驗時常用之壓力有 5、10、20、30、50 及 120 公斤等六級。應用之壓力隨試件而定。試件受壓之時間為 30 秒鐘。

六 碳鐵平衡圖²

圖一為碳鐵平衡圖。此圖表示鋼內碳與鐵的組合成份，而不涉及鋼之結構形式。又指示鋼與鐵的平衡狀態。所謂平衡者，乃是碳與鐵之組合，在相當高的溫度下，雖然經過相當長

1. 維克氏, Vickers. 2. 碳鐵平衡圖, iron-carbon equilibrium diagram.