

科學圖書大庫

實用金屬熱處理學

編著者 張錫綸

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

sh y j sh R
實用金屬熱處理學

編著者 張錫綸

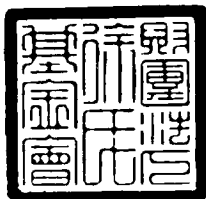
徐氏基金會出版

財團
法人

徐氏基金會

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十六年三月五日八版

實用金屬熱處理學

基本定價 2.40

編著者 張錫綸 國立西北工學院工學士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第3033號

出版者 財團法人 徐氏基金會 臺北市郵政信箱13-306號
郵政劃撥帳戶第00157952號 電話：3615795~8

發行人 呂 幻 非

承印廠 華中彩色印刷廠

序

由於時代之演進，科學之昌明，對金屬材料所具性能之要求，更屬日趨嚴苛。工具及機件之優劣，固與其材料成分有關，然則如何能使其品質優良，效能提高？惟有求助於**熱處理之技巧與方法**，乃能有以致之。憶自我國古時寶刀寶劍之製造，常淬以牛羊之脂，實施硬化，是為**淬火熱處理**技巧最早之應用者也。此篇拙作，係根據**冶金學**原理，並輔以十數年之實際經驗所得，爰依下列諸點，編輯成冊：

一、本書編輯對象，適於高級工業學校教學之用；及供機械工程人員暨有志研習「金屬熱處理」學者之參考。

二、內容着重於實用方面，並輔以簡要原理之敘述。

三、本書除對鋼鐵之熱處理方法詳細說明外，並對工業用之非鐵金屬如鋁、銅、鎂等合金之熱處理，亦有扼要之介紹。

四、本書搜集許多新穎資料，並附有經驗所得之例證。

五、本書所用名詞和術語，悉以教育部頒佈之命名及譯名為準。

此篇內容多蒙同道好友指正，故編輯工作，尚稱順利；復承徐氏基金會慨予出版，併此申謝，其中如有欠周之處，尚希學者先進不吝賜教是幸！

張錫綸

目次

序.....	I
第一章 概述.....	I
第一節 熱處理之意義.....	1
第二節 熱處理之基本項目.....	1
1. 加熱.....	1
加熱速度 加熱溫度 加熱時間 加熱方法	
2. 冷卻.....	2
冷卻對於合金元素之影響 冷卻對於奧斯田鐵顆粒之影響	
冷卻對於機件斷面厚度之影響	
第三節 各種元素在鋼中之影響.....	3
第四節 鋼之分類.....	6
第五節 鐵之分類.....	7
第二章 熱處理設備.....	9
第一節 爐之放置.....	9
第二節 熱電偶.....	9
第三節 烘爐工作.....	10
第四節 爐之操作.....	10
第五節 電熱片之裝配.....	10
第六節 氣體調節之應用.....	10
第七節 熱處理用塩爐.....	11
第三章 鋼之熱處理.....	11
第一節 鋼之正常化處理.....	14
1. 目的.....	18
2. 低炭鋼之正常化處理.....	18
3. 中炭鋼之正常化處理.....	18
4. 高炭鋼之正常化處理.....	18
5. 煅件之正常化處理.....	19

第二節 鋼之退火處理·····	19
1. 退火之目的·····	19
2. 加熱溫度·····	19
3. 加熱時間·····	19
4. 退火冷卻·····	20
第三節 鋼之淬火處理·····	20
1. 淬火之目的·····	20
2. 淬火對於鋼件機械性質之影響·····	20
3. 鋼料成分與淬火冷卻之關係·····	21
4. 冷卻與冷卻劑·····	22
5. 局部淬火處理·····	23
6. 淬火對於鋼件尺碼之影響·····	24
第四節 鋼之回火處理·····	25
1. 回火之目的·····	25
2. 回火處理對於鋼料性質之影響·····	25
3. 回火加熱法·····	25
4. 回火對於組織之影響·····	27
第五節 鋼之特殊處理法·····	28
1. 鹽浴處理法·····	28
2. 氮化鋼之表面硬化處理法·····	29
3. 鉛浴處理法·····	30
4. 恆溫處理法·····	31
5. 氰化處理法·····	32
6. 奧斯成形法·····	32
第四章 各種特殊用鋼之熱處理 ·····	37
第一節 低炭鋼料表面滲炭硬化法·····	37
第二節 矽鋼之熱處理法·····	38
第三節 預力鋼線之熱處理法·····	39
第四節 鋼軌之熱處理法·····	41
第五節 磁性鋼之熱處理法·····	41
第六節 塑膠鋼模之熱處理法·····	45
第七節 剪刀片之熱處理法·····	45
第八節 輥絲模之熱處理法·····	46

第九節	汽錘模座鋼之熱處理法	47
第十節	耐震工具鋼之熱處理法	48
第十一節	熱焔模具鋼之熱處理法	48
第十二節	冷壓錢幣模具鋼之熱處理法	49
第十三節	高錳鋼之熱處理法	50
第十四節	鋼珠及軸承之熱處理法	53
第十五節	汽車零件之熱處理法	53
第十六節	氣輪機葉之熱處理法	55
第十七節	變態塑性鋼之熱處理	58
第十八節	金屬壓鑄模之選用及熱處理	62
(1)	前言	61
(2)	金屬模材料之選用	62
(3)	金屬壓鑄模結構之設計	63
(4)	金屬模之熱處理	64
(5)	金屬模在製造上應注意事項	66
第五章	各類工具鋼之熱處理	68
第一節	高速工具鋼	68
第二節	熱工作模具鋼	78
第三節	冷工作模具鋼	82
第四節	特殊工具鋼	86
第六章	彈簧鋼之熱處理	97
第一節	炭素彈簧鋼	97
第二節	鉻釩彈簧鋼	98
第三節	鉻錳彈簧鋼	99
第四節	鉻鉬彈簧鋼	99
第五節	鉻釩彈簧鋼	100
第六節	特殊用彈簧鋼	100
1	凡耳彈簧鋼	100
2	大螺旋彈簧鋼	101
第七章	不銹鋼之熱處理	103
第一節	不銹之原理及其特性	103
第二節	奧斯田鐵組織之不銹鋼	104
第三節	馬敦塞鐵組織之不銹鋼	104

第四節 肥粒鐵組織之不銹鋼·····	105
第五節 不銹鋼之應用·····	105
第八章 鑄鋼件及鍛鋼件之熱處理 ·····	114
第一節 鑄鋼件之熱處理·····	114
(1)鑄造後應注意事項·····	114
(2)完全退火處理·····	114
(3)正常化處理·····	115
(4)調質處理·····	115
(5)淬火處理·····	115
(6)回火處理·····	116
(7)消除內部應力處理·····	116
第二節 鍛鋼件之熱處理·····	117
(1)鍛件加熱·····	117
(2)退火處理·····	117
(3)正常化處理·····	117
(4)淬火處理·····	118
(5)回火處理·····	118
(6)機件調直處理·····	118
(7)鋼料規範·····	119
(8)高級合金鋼之鍛製法·····	119
第九章 鑄鐵之熱處理 ·····	121
第一節 各種商用鑄鐵之成分及用途·····	121
第二節 各種元素在鑄鐵中之作用·····	121
第三節 普通鑄鐵之熱處理·····	123
第四節 鑄鐵之特種熱處理法·····	123
第五節 延性鑄鐵之熱處理·····	124
第六節 可鍛鑄鐵之熱處理·····	126
第七節 鑄鐵內部應力消除法·····	129
第十章 鋁合金之熱處理 ·····	138
第一節 熱處理爐火之選用·····	138
第二節 退火處理·····	138
第三節 淬火處理·····	139
第四節 鑄件之高溫處理·····	139

第五節	鑄件之時效處理	139
第六節	各種元素在鋁合金中效果	139
第七節	各種鋁合金之特性	145
第八節	新型鋁合金	146
第十一章	銅合金之熱處理	160
第一節	黃銅之熱處理	160
	(1)熱工作黃銅	160
	(2)冷工作黃銅	160
第二節	青銅之熱處理	163
	(1)鋁青銅	163
	(2)錳青銅	163
	(3)矽青銅	163
	(4)磷青銅	164
第三節	各種元素在黃銅中之特性及影響	164
第四節	各種元素在青銅中之特性及影響	165
第五節	改善銅合金品質之熔劑	165
第十二章	鎂合金之熱處理	176
第一節	鎂合金之鍛造處理	177
第二節	鎂片之輾壓處理	177
第三節	鎂合金鑄件之熱處理	177
第四節	各種元素在鎂合金中之特性及影響	178
第十三章	各種金屬之低溫處理	184
第一節	原理	184
第二節	冷凍劑及低溫測定儀	185
第三節	鋼之冷熱處理組織變化	186
第四節	鐵質金屬在低溫時之性質	187
第五節	非鐵金屬在低溫時之性質	190
第十四章	工具鋼之選用	194
第一節	工具鋼之廣義分類	194
第二節	工具鋼之運用分類	195
第三節	工具鋼之選用方法	204
第十五章	塑膠金屬模之選用及熱處理	206
第一節	預硬鋼模	206

第二節	滲碳鋼模.....	206
第三節	全硬鋼模.....	206
第四節	銅鍍合金鑄模.....	207
第十六章	熱處理實用方法例證	210
第一節	淬火方法及應用工具.....	210
第二節	機件設計對於 淬火之影響.....	216
第十七章	熱處理常遇之失敗及其對策	219
第一節	淬火與回火之歪變.....	219
第二節	尺寸歪變之原因及其對策.....	220
第三節	形狀歪變之原因及其對策.....	220
第四節	歷久歪變之原因及其防止法.....	222
第十八章	熱處理操作應注意事項	224
第十九章	鋼料鑑別與試驗	226
第一節	火花鑑別鋼料.....	226
第二節	鋼之硬化能試驗.....	229
第三節	硫磷氧金相檢查.....	231
第四節	物理性能試驗.....	234
第五節	光學及磁性檢驗.....	239

第一章 概述

第一節 熱處理之意義

由於機械工業進步，金屬材料之性能也跟着提高；促進提高的條件，今就鋼料舉例來說：從前普通炭素鋼可以擔當的工作，現在因為要求條件嚴格，非採用合金鋼不能達到任務；有的需要高強力並配合大韌性，有的需要高硬度配合大韌性，也有的更需要銳利鋒口或大的彈性力；欲滿足以上種種要求，必須施行熱處理方能達到目的。熱處理可說是一種技術，也可說是一種藝術；因為各種鋼鐵材料或其他非鐵金屬材料，可由吾人智慧用種種處理方法，可以把它變軟或變硬，也就是說用熱處理的方法，可以將其內部組織改變柔硬或粗細。

金屬材料所含成分多寡固然重要，而可使材料性能有所改變；但是并不完全。藉着機械處理雖可以改善其物理性能，特別是強度方面，即是說粗大結晶組織，可以改變為細密堅實的結晶組織，但是仍不算完善美滿；必須經過各步熱處理，例如退火、淬火、回火等手續，而將其內部組織各個疵病（如消除內部應力以及偏析（Segregation）現象），皆能改善，方能滿足各種工作之需要。

第二節 熱處理之基本項目

金屬材料熱處理之基本工作要項：一為加熱，二為冷卻；另外的重要因素即是時間問題，金屬材料應如何加熱？加熱時間應當多久？應在什麼速率冷卻？為解答以上各問題，今分別述說其簡單原理如下：

(1)加熱 —— 金屬材料的熱處理，第一步是加熱，加熱的結果，是使其內部組織變態；例如鋼的加熱，在其變態溫度以上，其內部鐵質屬於伽瑪鐵（Gamma-iron）或簡稱寫為 γ -Fe，炭及其他雜質均溶於伽瑪鐵中，成為固融體或稱奧斯田鐵（Austenite）組織，此固融體為建立肥粒鐵（Ferrite）與

2 實用金屬熱處理學

炭化鐵 (Carbide) 最後組織之 $\gamma_{\text{Fe-1}}$

a. 加熱速率——在熱處理範圍內，加熱速率亦為重要因素。例如鋼料內的所有應力，係經各道加工之後所存留的；特別是冷加工其存留之應力更大，因此對於加熱速率是有關係的，如果自 $\alpha\text{-Fe}$ 變為 $\gamma\text{-Fe}$ ，亦對加熱速率很有影響，硬而脆的鋼料，其加熱速率更應緩慢。

b. 加熱溫度——加熱溫度之選擇，是根據鋼鐵內之所含成分而定，炭化物與純鐵在固融體中之比例，亦為加熱溫度之依據，溫度越高（在範圍內）則炭化物之溶解度亦越大，同時溫度愈高，則與奧斯田鐵之結晶組織亦愈大。

c. 加熱時間——加熱時間與加熱溫度同屬重要因素，加熱時間長短對於金屬材料內部變化，頗有直接影響，例如某種鋼料在一定之溫度加熱，設若加熱時間愈長，則炭化物與合金進入固融體中則愈多，其中奧斯田鐵也分解愈均勻，但是其結晶顆粒則較大些；加熱時間過長，則易起氧化皮現象，當以均勻加熱，並保持一定時間，始為合格。

d. 加熱方法——各種金屬機件之加熱，因成分及形狀不同，其所加熱方法亦異，有的機件以電氣加熱比較安全，有的機件則用煤氣加熱比較方便經濟，更有的機件在熔鹽中加熱或在油中加熱更為妥善，取捨利用，這完全是因地制宜，因時制宜，因物制宜，或因人制宜而有不同。例如工具機件，其形狀特殊，表面硬度必須要高，如曲柄軸 (Crank shaft) 一類的機件，則應採用高頻率電氣加熱為佳，又如工具表面不准脫炭，其加熱方法則應在熔鹽中行之，至於機件或工具之回火加熱，則以油煮或水煮加熱為妥善。

(2)冷却——鋼在預定溫度加熱之後，第二步是冷却問題，冷却於適當速率中進行，由奧斯田鐵到達最終之馬敦塞鐵 (Martensite) 組織，在緩冷情形下所得到的結果為粗結晶之波來鐵 (Pearlite)，此組織強度低，硬度亦較軟，且有高的延展性，若冷却較快，可使波來鐵成為較細之組織，其強度及硬度均較優良，但延展性較差些，一旦加速冷却淬火，變態溫度降至室溫，奧斯田鐵則不成為波來鐵組織，而促成馬敦塞鐵之組織，其性質完全為硬質鋼，此硬質鋼之作成實與其化學成分及奧斯田鐵之顆粒有關，馬敦塞鐵組織具玻璃質之脆性，欲使鋼質內之炭素穩定下來，同時並減除其內部應力着想，必須立即實行回火處理。

a. 冷却對於合金元素之影響——在任何的冷却速度，鋼中如有合金元素存在，則阻碍奧斯田鐵之變態溫度，這是由於較細而硬之波來鐵組織

之形成，此係與普通炭素鋼比較而言，再者空氣硬化之合金鋼，其變態速度更因合金元素，而促進鋼質硬化成為馬敦塞鐵組織，高級合金鋼即在緩冷情況下，實行硬化處理，亦比炭素鋼變態為速也。

b. 冷卻對於奧斯田鐵顆粒之影響——在冷卻以前將奧斯田鐵實行最高溫處理，即是說要增大奧斯田鐵之顆粒組織，如同增加合金元素可使其硬化能 (Hardenability) 增高為同一理也。粗奧斯田鐵晶形阻碍變態速度，其結果有較硬而脆之波來鐵組織發生。

c. 冷卻對於機件斷面厚度之影響——從冷卻的速度觀點來看，熱處理對於機件厚度亦應考慮，厚的機件比薄的機件冷卻時不能太快，厚機件之心部也比其外皮冷的為慢，溫度變化不僅在最後時要慢，即在最高溫度時亦要緩慢，因為內外溫度有差別，容易變形，蓋因機件有不均勻之內應力 (internal stress) 存在之故。

第三節 各種元素在鋼中之影響

(1) 炭在鋼中之影響——炭在鋼中為主要元素之一，其量之多寡頗能影響鋼之性能，炭在鋼中含量於一定範圍內，計有下列諸影響及效果：

- a. 炭能增加鋼之最大強度。
- b. 炭高則減低鋼之延展性及韌性。
- c. 炭在鋼中含量高，則發揮鋼之耐磨耗性能。
- d. 炭高增加機械施工之困難。
- e. 炭高則降低鋼之淬火溫度。
- f. 炭高則降低鋼之耐衝擊力。
- g. 炭高之鋼可增加鋼之硬化深度。
- h. 炭量增高可使鋼之斷面組織增進細微化。
- i. 炭量高則減少鋼之熱傳導率。

(2) 錳在鋼中之影響——錳在鋼中亦為重要元素之一，各種鋼料均有錳存在，不過含量多寡不同耳，其優點甚多，今將其顯著分別如下：

- a. 在一定範圍之內，錳量增加，則可增高鋼之最大強力及硬度。
- b. 在鋼之熔融狀態，錳有脫酸除氧之功能。
- c. 因錳可消除氧氣及硫磺之害，故錳能發揮鋼之鍛造性與可塑性。
- d. 錳在鋼中含量多，可降低鋼之淬火溫度，故可減少其產生銹皮之趨勢。

4 實用金屬熱處理學

- e. 錳可增進鋼之硬化深度，尤其在含炭高之油硬錳鋼為最顯著。
- f. 錳量達12%時，同時炭量亦超過1%，其組織生來即為奧斯田鐵，能發揮高度之耐磨耗性。
- g. 錳可減少熱之傳導率。

(3)矽在鋼中之影響——矽雖非金屬，但在鋼中影響品質頗大，今特將其效果分別敘述於下：

- a. 在冶煉過程中，矽有脫酸除氧之功能，使鋼之內部組織堅實密細。
- b. 矽有助於鋼之流動性。
- c. 對於炭量較高之鋼，矽多則增加脆性。
- d. 矽有阻碍炭素溶於鋼中之性質。
- e. 矽能增高淬火溫度。
- f. 矽能加速結晶之生長。
- g. 矽能增加鋼之電磁傳導度，若矽量達到4%時，更為顯著。

(4)鎳在鋼中之影響：

- a. 鎳在鋼中能降低淬火溫度，因之在處理時操作簡單，變形小，同時銹化亦少。
- b. 鎳有阻碍鋼料結晶生長之效用。
- c. 鎳有減少鋼之熱膨脹係數之效用。
- d. 鎳能降低鋼之電磁傳導率。
- e. 高鎳高鉻合金鋼，能耐高溫與耐腐蝕。

(5)鉻在鋼中之影響：

- a. 鉻與鋼中之炭可構成炭化物。
- b. 鉻能增高鋼之淬火溫度。
- c. 鉻可使鋼之晶粒細微化。
- d. 鉻能增高鋼之耐磨耗性能。
- e. 鉻有降低熱傳導率及電傳導率。
- f. 鉻能增強鋼之抵抗化學藥品浸蝕之力。
- g. 鋼中鉻量高在高溫時具有高強力。

(6)鉬在鋼中之影響：

- a. 鉬可增加鋼之最大強力硬度及韌性。
- b. 鉬使鋼之晶粒細微化之作用甚強。
- c. 鉬可增加鋼之彈性比。
- d. 在工作紅熱情況下，鉬能使鋼之硬度保持不變。

- e. 對於鎳鉻合金鋼，含鉬高速工具鋼，可予以較佳之切削性能。

(7) 鈮在鋼中之影響：

- 鈮在鋼中有脫酸除氧之能力，故含鈮之鋼，其斷面結晶極為密實。
- 鈮能增高淬火溫度。
- 鈮使鋼在長久加熱或高溫淬火加熱時之晶粒生長之敏感性減少。
- 鈮極有助於鋼之結晶組織細微化。

(8) 鎢在鋼中之影響：

- 鎢溶於鋼中成為碳化物，故能提高鋼之強度及硬度。
- 鎢可增高淬火溫度。
- 鎢加強鋼之斷面組織細微化很有效。
- 鎢有減小淬火時鋼之晶粒生長之趨勢。
- 鎢鋼刀具有紅熱硬性之特性。
- 鎢可增加鋼之保磁性，故可用鎢質配入製造永久磁鋼。

(9) 鈦在鋼中之影響：

- 鈦可增加鋼之強力。
- 鈦可增加鋼之保磁性，故為製造磁鋼之主要元素之一。
- 鈦能增高淬火溫度。
- 鈦可代替鎳用之，如增加強力及耐熱耐銹等性能。

(10) 銅在鋼中之影響：

- 銅在鋼中如含量超過 1.5 %，則使鋼變脆，一般含銅之鋼料，以不超過 1.2 % 為佳。
- 銅在鋼中有抵抗大氣腐蝕之性能，低炭鋼含銅 1 % 者，其抵抗大氣腐蝕性能比無銅者，約高出四倍。
- 不銹鋼中加銅 3 ~ 4 %，亦有助不銹鋼之防腐作用。

(11) 硫在鋼中之影響：

- 硫與鐵化合成為 FeS ，受熱易熔，故增加鋼之熱脆性，因此應盡可能降低硫量。
- 硫與錳化合成為 MnS ，屬於有害之夾雜物。
- 硫在鋼中有助於切削性能。

(12) 磷在鋼中之影響：

- 磷在鋼中有常溫脆性，如含量超過 0.1 % 時，其脆性更大。
- 磷在鋼中增加鋼之耐腐蝕性，造船用之低炭鋼板，常有含磷高至 0.12 % 者，即為防腐作用。

第四節 鋼之類別

(1) 依照鋼之軟硬性質分類

- a. 極軟鋼——含炭在 0.07 ~ 0.10 %，用於製造鉚釘、鋼線鋼管等。
- b. 軟鋼——含炭在 0.10 % ~ 0.20 %，多用於製造建築材料、鋼板及鍋爐等。
- c. 半軟鋼——含炭量在 0.21 ~ 0.35 %，用於造船及橋樑。
- d. 半硬鋼——含炭量在 0.36 % ~ 0.59 %，多用於製造機件及軸類等。
- e. 硬鋼——含炭量在 0.60 % ~ 0.80 %，多用於製造普通工具。
- f. 極硬鋼——含炭量在 0.81 % ~ 1.7 %，多用於製造特殊工具。

(2) 依照鋼之應用性能分類

- a. 建築用鋼。
- b. 機件用鋼。
- c. 普通工具用鋼。
- d. 特殊工具用鋼。
- e. 彈簧鋼。
- f. 不銹鋼。
- g. 耐熱鋼。
- h. 耐酸鋼。
- i. 磁性鋼。
- j. 軸承鋼。

(3) 依照鋼之組織分類

- a. 共析鋼——共析鋼 (Eutectoid Steel) 係炭素鋼含炭量在 0.85 %，若有合金元素存在，則共析鋼之含炭量低於 0.85 %。
- b. 亞共析鋼——炭素鋼含炭量在 0.85 % 以下者，除含有波來鐵組織之外，尚含有若干多角形之鐵晶存在，稱為自由肥粒鐵 (Free - ferrite)。註：亞共析鋼 (Hypo-eutectoid)。
- c. 過共析鋼——炭素鋼含炭在 0.85 % 以上至 1.7 % 以下者，其組織除波來鐵之外，尚含有網狀 (Net work) 之自由雪明炭鐵 (Free - Cementite) 存在。

第五節 鐵之類別

(1)生鐵——生鐵是由鑛石煉製，計分三大類：

- a. 木炭生鐵——以木炭為燃料熔化鑛石而成之生鐵。
- b. 焦炭生鐵——以焦炭為燃料所煉製之生鐵，因含矽量高低不同，又分灰口生鐵及白口生鐵。
- c. 電化生鐵——用電熱熔化鑛石而成之生鐵。

(2)鑄鐵——熔化生鐵配加少量合金元素而澆鑄成形者，鑄鐵可分為五大類：

- a. 灰口鑄鐵——含矽量在 1.5 % ~ 3.5 %，鐵的斷面組織呈灰色，故稱為灰口鑄鐵。
- b. 白口鑄鐵——含矽量在 0.8 % 以下，鐵的斷面組織呈白色者。
- c. 可鍛鑄鐵——規格及熱處理情形詳第九章。
- d. 高强度鑄鐵——鑄鐵中加入合金元素，如鎳鉻鉬等而增加其抗張強度者。
- e. 冷硬鑄鐵——翻砂鑄件時，砂模內放置冷鐵，而使其表面或局部先行凝冷之謂也。

(3)熟鐵——熟鐵性質近似純鐵，但其內部有不良渣物存在。

(4)合金鐵——以合金成分來分計有錳鐵、鉻鐵、矽鐵、鉬鐵、鈦鐵、鎢鐵、釩鐵、鋯鐵等。

(5)電解鐵——以電解方法所煉製之純鐵，此種鐵含雜質極微，品質優純，有其特殊用途。

練 習 題

1. 何種鐵稱為基幹組織？
2. 鋼鐵加熱溫度高低是依據何項因素而定？
3. 鋼料加熱時間過長有何影響？
4. 曲柄軸應以何種加熱方法處理為最安全可靠？
5. 鋼件冷卻對於合金元素之影響如何？
6. 鋼內合金元素增高對於其組織有何影響？
7. 鋼件斷面厚薄不同，對其冷卻有何影響？
8. 錳及矽在鋼中有何功用？