

科學圖書大庫

鋼 鐵 材 料

(增訂本)

編著者 王仰舒

徐氏基金會出版
世界圖書出版公司

科學圖書大庫

鋼 鐵 材 料

(增訂本)

編著者 王仰舒

徐氏基金會出版

世界圖書出版公司

钢 铁 材 料

王仰舒 编著

徐氏基金会（台） 出版

世界图书出版公司

（北京朝内大街137号）

北京中西印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1990年3月第一版 开本：850×1168 1/32

1990年3月第一次印刷 印张：7.75

ISBN 7-5062-0657-9

定价：4.40元

经徐氏基金会允许，世界图书出版公司重印，1990

限国内发行

編輯大意

- 一、本書係遵照教育部民國七十二年一月頒佈之五年制工專機械工程科課程標準，採公制單位，編輯而成。
- 二、本書全一冊，係供五專機械科材料組、及一般機械組三上（二專一上）「鋼鐵材料」必修科教科書；為繼二年級講授「機械材料」後，對工廠應用最多的各種鋼鐵材料，進一步深入講述的課程，全書共七章，可供一學期每週授課二小時之用。
- 三、本書所用名詞，悉依教育部頒佈之「機械工程名詞」為準，文後並附英文原名，以資對照。
- 四、本書附有圖表甚多，俾可與課文適切配合，使讀者可徹底瞭解；增強認識。每章之後，並附有習題若干，使讀者反覆演練，加強印象。
- 五、本書附錄內，將國內各工廠常用之SAE、AISI、JIS、及CNS等規格編訂方法，詳為介紹，以供參考，為本書最大特色。
- 六、本書雖經悉心編輯校訂，但謬誤之處，恐仍在所難免，尚祈海內外諸先進碩彥，不吝指正，俾於再版時得以訂正，使更臻完善，則不勝感激也。

編者謹識

目 錄

編輯大意	I
第一章 緒 論	1
1-1 鋼鐵材料之定義與範圍	1
1-2 鋼鐵材料之分類	2
1-3 鋼鐵材料對機械工業之重要性	5
習題一	6
第二章 鐵碳平衡圖與鋼之正常化組織	7
2-1 純鐵之組織與變態	7
2-2 鐵碳平衡圖與鋼之正常化組織	14
習題二	23
第三章 碳鋼及其熱處理	25
3-1 碳鋼之含碳量與機械性質之關係	25
3-2 冷却速度對變態之發生溫度及其組織之影響	28
3-3 碳鋼之連續冷却變態	33
3-4 碳鋼之恒溫變態	36

3-5 碳鋼之退火及正常化.....	42
3-6 碳鋼之淬火.....	48
3-7 碳鋼之回火.....	54
3-8 碳鋼之規格、熱處理、及其用途.....	58
習題三.....	67
第四章 構造用合金鋼.....	70
4-1 合金鋼內所含合金元素對平衡圖與組織之影響.....	70
4-2 合金鋼之恒溫變態及連續冷却態度.....	95
4-3 高強度低合金鋼.....	95
4-4 合金鋼之硬化能.....	99
4-5 合金鋼之回火特性.....	103
4-6 熱處理用合金鋼之規格、熱處理及用途.....	105
習題四.....	120
第五章 工具鋼.....	123
5-1 工具鋼之碳化物.....	123
5-2 碳工具鋼.....	124
5-3 合金工具鋼.....	127
5-4 高速鋼.....	134
5-5 超硬工具合金.....	138
習題五.....	143
第六章 不銹鋼及耐熱鋼.....	145
6-1 腐蝕之基本概念.....	145
6-2 不銹鋼之規格、熱處理及用途.....	149

6-3 鋼鐵材料之高溫性質.....	159
6-4 耐熱鋼之種類及用途.....	161
習題六.....	169
第七章 鑄 鐵	171
7-1 鑄鐵之平衡狀態圖與組織.....	171
7-2 鑄鐵之性質.....	173
7-3 鑄鐵之種類.....	182
習題七.....	199
附 錄	201
0-1 SAE 規格及 AISI 規格.....	202
0-2 JIS 規格.....	210
0-3 CNS 規格.....	214
0-4 英漢名詞對照.....	235

第一章 緒 論

1 鋼鐵材料之定義與範圍

各種工業中生產成品所使用的材料，統稱之為工程材料 (Engineering Materials)。工程材料中，又可按其製成元素之性質，分為金屬材料 (Metal Materials)，與非金屬材料 (Non-Metal Materials) 等兩種；即凡以金屬元素為主製成的材料，名之為金屬材料；而以非金屬元素為主製成的材料，名之為非金屬材料。現代由於材料工業發展神速，用各種元素製成之材料，日益增多，而各種工業所使用之材料，均有一定範圍，於是復有機械材料 (Mechanical Materials)、電工材料 (Electrical Materials)、電子材料 (Electronic Materials)、化工材料 (Chemical Materials) 之名稱；所謂「機械材料」者，係包括機械工業中所用之各種材料而言，亦即包括金屬材料與非金屬材料之工程材料；不過機械工業中所使用之材料，絕大多數為金屬材料，僅偶而使用少數非金屬材料；故所謂機械材料者，即機械工業中所使用之工程材料也，其範圍較工程材料為小；也可以說：機械材料主要者為金屬材料，僅少數機械工業中偶而使用的非金屬材料包括在內，故機械材料較工程材料包括之範圍較小，此即為機械材料與工程材料略有不同之處。

工程材料，可分為金屬材料、與非金屬材料，已如上述；惟金屬材料，又可分為鐵金屬材料 (Ferro Materials)、與非鐵金屬材料 (Non -

2 鋼鐵材料

Ferro Materials)等兩種；即以鐵爲主要成份製成之材料，名之爲鐵金屬材料；而材料中不含有鐵之成份在內者，名之爲非鐵金屬材料。依定義講：純鐵中含碳量在 0.01 % 以下者謂之熟鐵 (Wrought Iron)，純鐵中含碳量在 0.01 % 至 1.7 % 之間者謂之碳鋼 (Carbon Steel)，碳鋼中另加其他特種元素者謂之合金鋼 (Alloy Steel)，純鐵中含碳量在 1.7 % 至 6.67 % 之間者謂之鑄鐵 (Cast Iron)；故所謂之鋼鐵材料，即指鐵金屬材料而言；亦即所謂之鋼鐵材料，係指熟鐵、碳鋼、合金鋼、及鑄鐵等四種材料而言。

1-2 鋼鐵材料之分類

鋼鐵材料，計包括熟鐵、碳鋼、合金鋼、鑄鐵等四種材料，已如上述；惟其中熟鐵幾爲純粹之鐵，不特煉製困難、成本較高，且質軟不適於機械工業中廣泛應用；有時爲改善熟鐵之機械性質，每在熟鐵中酌加少許其

表 1-2-1 工業用純鐵之化學成份

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%	O ₂ , N ₂ %
電解鐵	0.006	0.005	—	0.005	0.004	0.01	—
阿媽克鐵	0.012	tr.	0.017	0.005	0.025	—	—
Carbonyl 鐵	<0.0007	—	—	—	—	—	O ₂ 0.01
氫氣處理鐵	0.005	0.0012	0.004	0.003	0.003	—	O ₂ 0.003 N ₂ 0.0001

他特種元素而製成合金鐵，但應用亦不多。表 1-2-1 示工業用純鐵之化學成份，表 1-2-2 示工業用純鐵之機械性質，可供參考。機械工業中常用之鋼鐵材料，絕大多數爲碳鋼、合金鋼、及鑄鐵。工廠中常將碳鋼依其

表 1-2-2 工業用純鐵之機械性質 (退火狀態)

硬 度 (HB)	降 伏 點 (kg mm ²)	抗拉強度 (kg mm ²)	伸 長 率 (%)	斷面縮率 (%)	彈性係數 (kg mm ²)
80~90	9~25	(8~32)	40~30	80~70	20000~21000

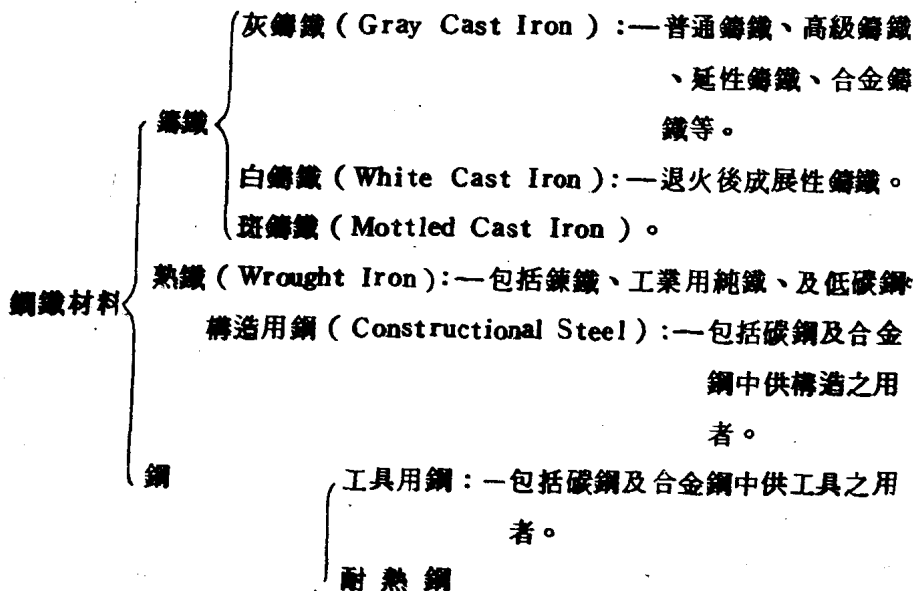
含碳量之多寡，分爲低碳鋼、中碳鋼、及高碳鋼；但如依其組織構造分，可分爲含碳量在 0.83 % 以下者謂之亞共析鋼 (Hypo - Eutectoid Steel)，含碳量爲 0.83 % 者謂之共析鋼 (Eutectoid Steel)，含碳量在 0.83 % 至 1.7 % 之間者謂之過共析鋼 (Hyper Eutectoid Steel)。工廠中亦常將鑄鐵依其所含碳素在鐵中存在之狀態分類，如碳在鐵中係游離之石墨狀態存在者謂之灰鑄鐵 (Gray Cast Iron)；如碳在鐵中係與鐵化合而成碳化鐵之狀態存在者謂之白鑄鐵 (White Cast Iron)；如碳在鐵中係成游離之石墨及化合之碳化鐵兩種狀態共同存在者謂之斑鑄鐵 (Mottled Cast Iron)；但如依其組織構造分，則可分爲含碳量在 1.7 至 4.3 % 之間者謂之亞共晶鑄鐵 (Hypo Eutectic Cast Iron)，含鐵量爲 4.3 % 者謂之共晶鑄鐵 (Eutectic Cast Iron)，及含碳量在 4.3 % 至 6.67 % 之間者謂之過共晶鑄鐵 (Hyper Eutectic Cast Iron)。至於合金鋼，則以在碳鋼中所加之特種元素而名之，其種類繁多，當在下節中再另詳述之。

鋼鐵材料之分類，除上所述者外，尙有其他分類法，茲列舉兩種，俾供參考。

一、就鋼鐵材料之冶煉方法而分類：



二、就機械工業中對鋼鐵材料之應用而分類：



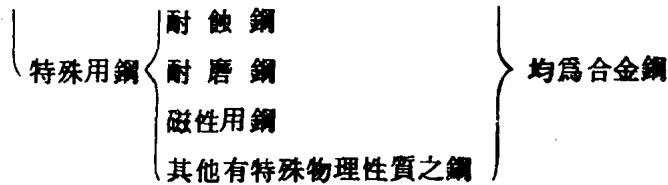


表 1-2-3 示生鐵、熟鐵及鋼之性質比較，可供參考。

表 1-2-3 生鐵、熟鐵及鋼之性質比較

性 質	生 鐵	熟 鐵	軟 鋼	硬 鋼
含碳量 (%)	2.5~4.5	0.2	0.5~0.85	0.85~1.7
熔點 (°C)	1,200	1,500	1,400~1,500	1,300~1,400
組織	有結晶狀	纖維狀	粒狀	粒狀
硬度	極硬	軟	稍軟	硬
回火	不可	不可	不可	可
鍛接	不可	可	可	難
延展性	無	有	有	無
抗拉強度	無	有	有	有

1-3 鋼鐵材料對機械工業之重要性

機械工業中應用的各種材料，雖偶而也有非金屬材料，但主要者却為金屬材料；而在金屬材料中，其中絕大多數又為鐵金屬材料，亦即鋼鐵材料，故鋼鐵材料對機械工業之重要性，由此可知，無待贅述。本課程之目的，係在使學者對鋼鐵材料之種類、性質、熱處理方法、及其用途，可獲得一正確深刻之認識。俾今後在工廠實際工作時，對鋼鐵材料之選擇與使用，有所遵循，以定取捨，而達適材適用之目的，進而提高產品品質，發

8 鋼鐵材料

揮機械功能。

習 題 一

1-1 試述鋼鐵材料之定義與範圍。

1-2 試述鋼鐵材料之分類。

1-3 試述鋼鐵材料對機械工業之重要性。

第二章 鐵碳平衡圖與鋼之正常化組織

2-1 純鐵之組織與變態

一、純鐵之組織

所謂純鐵 (Pure Iron)，理論上係指純粹的鐵元素而言，但在實際上，工業上所使用的純鐵，因在煉製的過程中，或由於技術上的困難，或基於煉製成本的理由，純鐵中都含有微量的各種特種元素；此等純鐵中所含的各種特種元素，即非在煉製過程中存心保留，亦非在煉製過程中故意添加，故通常均謂之雜質。純鐵中因所含雜質之種類及份量之不同，勢必對其組織及其機械性質，產生相當程度之影響，惟因其產生之影響甚為輕微，故通常對此種現象，均不予考慮。

工業上所使用之純鐵，因其煉製之方法不同，其純度亦隨之而不同，以電解鐵 (Electro lytic Iron) 之純鐵純度最高，其餘依次為羰基化鐵 (Carbonyl Iron)、工業用純鐵 (Armco Iron)、及常用鍛鐵 (Wrought Iron)。表 2-1-1 示各種純鐵中之雜質。表 2-1-2 示各種純鐵之機械性質。

將純鐵之截面磨光，再以 5 % 苦味酸酒精溶液腐蝕之；由於各個結晶排列之方向不同，故經酸液腐蝕之後，各處被腐蝕之深度，即依其組織之不同而略有差異；若以適當倍數之顯微鏡觀察之，即可看到如圖 2-1-1

表 2-1-1 各種純鐵中之雜質

雜質 種類	C	Si	Mn	P	S	Cu
電解鐵	0.008	0.000	0.036	0.005	0.000	0.01
羰基化鐵	0.01	0.02	0.02	0.01	0.007	—
工業用純鐵	0.015	0.015	0.07	0.015	0.02	—
熱(鍛)鐵	0.02	0.13	0.10	0.24	0.002	0.06

表 2-1-2 各種純鐵之機械性質

機械性質 種類	抗拉強度 kg/mm^2	降伏點 kg/mm^2	伸長率 %	收縮率 %	彈性係數 kg/mm^2	勃氏硬度
電解鐵	25	11	60	85	21000	60-70
羰基化鐵	20-28	11-17	30-40	70-80	20700	55-80
工業用純鐵	8-32	9-25	30-40	70-80	20500	80-90
熱(鐵)鐵	30-40	19-29	20-40	40-70	20000	—

所示之純鐵之組織。從圖中可知；純鐵之組織，在常溫時，幾乎全部均為均質的多角晶粒，稱之為肥粒鐵（Ferrite），亦稱之為體心立方格子（Body Centered Cubic Lattice—簡寫為 B. C. C.）結構之 α 鐵。



圖 2-1-1 純鐵之組織 $\times 85$

二、純鐵之變態

固態之純金或合金加溫，當溫度達到其熔點時，即由固態變為液態；液態之純金或合金冷卻，當溫度達到其凝固點時，即由液態變為固態；此種由固態變為液態，或由液態變為固態之現象，稱之為金屬之變態；而使金屬發生變態現象之溫度，即稱之為各該金屬之變態點（Transformation Point）。金屬之變態，或由於晶體內部之原子排列發生變化，或由於原子內部之本身發生變化而起。各種金屬由固態變為液態之溫度，稱之為各該金屬之熔點（Melting Point）；而由液態變為固態之溫度，稱之為各該金屬之凝固點（Solidifying Point）；此種熔點或凝固點，不過僅為金屬各種變態點中之一種而已，且均為用肉眼可以看得到的變態點。其實各種金屬在工業上常運用的溫度範圍以內，亦即自常溫至其熔點間範圍內之固態形態下，尚有幾個用肉眼不能看得到的變態點。茲以純鐵為例：純鐵在常溫下，為體心立方格子結構之 α 鐵，亦即為均質的多角形晶粒之肥粒鐵； α 鐵在常溫下為強磁性體，隨着溫度之昇高，其磁性即約略逐漸降低，惟降低之程度並不顯著；但當溫度昇高至 768°C 時，其磁性強度，即顯著下降，直

到溫度升高至 800°C 時，其磁性強度，即幾乎等於零；此種溫度對純鐵磁性強度影響之情形，如圖 2-1-2 溫度對純鐵磁性之影響所示，由於純鐵在 768°C 時，其磁性發

生顯著之變化，故 768°C

稱之為純鐵的磁性變

態點(Magnetic Trans

formation Point)，

通稱之為 A_2 變態點。因純

鐵之溫度通過 A_2 變態點時

，其原子內部本身發生變

化，而非原子排列之變化

，故其磁性遂有顯著降低

之變化。若溫度繼續升高

，當溫度升高至 906°C 時，

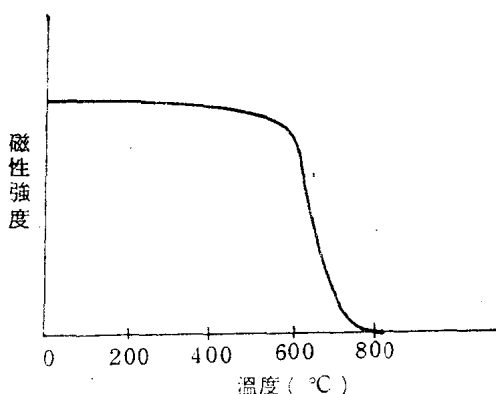


圖 2-1-2 溫度對純鐵磁性之影響

體心立方格子之 α 鐵，即變成面心立方格子(Face Centered Cubic Lattice 一簡寫為 F. C. C.)之 γ 鐵；當溫度再升高至 1401°C 時，面心立方格子之 γ 鐵，復又變為體心立方格子之 δ 鐵；此種由 α 鐵變成 γ 鐵，及由 γ 鐵變成 δ 鐵，係由於鐵之原子排列發生變化，而非原子內部本身發生變化，故 906°C 、及 1401°C ，均稱之為鐵之同素變態點(Allotropic Transformation Point)，通稱之為 A_2 、及 A_4 變態點。故純鐵除在 768°C 有一磁性變態點外，復在 906°C 以下之溫度，為體心立方格子結晶之 α 鐵； γ 鐵存在於 906°C 至 1401°C 之溫度，為面心立方格子結晶； δ 鐵存在於 1401°C 至 1528°C 之溫度，復變為體心立方格子結晶；當溫度升高至 1528°C 時，純鐵由固體狀態熔化而成為液體狀態，稱之為純鐵的熔點。凡金屬原子排列發生變化之溫度，稱之為各該金屬之同素變態點，或稱之為臨界點(Critical Point)，因在該溫度之上下，雖均為同素體，但因原子排列