

新學制高級工業學校教科書

冶鐵學

商務印書館發行

新 學 制

高級工業學校教科書

冶

鐵

學

唐吉傑著

商務印書館

一九五四年查訖

新學制
高級工業學校教科書
冶鐵學

中華民國十六年七月初版

每册定價大洋捌角

外埠酌加運費匯費

著者 唐吉傑

發行兼印者 上海寶山路
商務印書館

發行所 上海及各埠
商務印書館

New System Series
METALLURGY OF IRON AND STEEL
For Higher Technological Schools
By
Tang Shih Chieh
1st ed., July, 1927
Price: \$0.80, postage extra
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.
Shanghai, China
All Rights Reserved

目 錄

第一章 總論	1
第一節 導言	1
第二節 鐵之分類	2
第三節 鐵礦	5
第四節 各元素之影響	9
第五節 鐵礦之焙燒	13
第二章 銑鐵製煉法	15
第一節 化鐵爐	15
第二節 鼓風	22
第三節 煉礦工作法	25
第四節 化鐵爐中之化學變化	29
第五節 銑鐵之種類	33
第六節 混銑爐	42
第七節 配料計算法	43
第三章 熟鐵熟鋼及滲碳鋼製煉法	47
第一節 概言	47
第二節 木炭熟鐵製煉法	48

第三節	攪煉法	49
第四節	滲碳煉鋼法	53
第四章	坩堝煉鋼法	57
第一節	概言	57
第二節	原料	57
第三節	坩堝	60
第四節	坩堝爐	62
第五節	煉鋼工作法	65
第六節	坩堝鋼之特色及種類	67
第五章	柏塞麥煉鋼法	70
第一節	概言	70
第二節	迴轉爐及附屬設備	71
第三節	酸性煉鋼法	73
第四節	鹽基性煉鋼法	80
第五節	小柏塞麥法	85
第六節	熱量計算法	87
第七節	酸性與鹽基性法之比較	90
第六章	馬丁煉鋼法	91
第一節	概言	91
第二節	開爐	92
第三節	酸性開爐法	98

第四節	鹽基性開爐法	104
第五節	特種煉鋼法	106
第六節	各煉鋼法之比較	110
第七節	可鍛鑄鐵	114
第七章	鐵與鋼之電煉法	117
第一節	概言	117
第二節	電煉礦法	118
第三節	鋼之再精煉法	120
第四節	電爐	123
第八章	鋼塊鑄造法	132
第一節	鑄造法	132
第二節	鋼塊之弱點	133
第三節	鋼塊弱點之救濟法	137
第九章	鋼料造形法	141
第一節	概言	141
第二節	烘烙爐	142
第三節	打擊法	143
第四節	壓榨法	145
第五節	軋輾法	147
第十章	鐵與鋼之性質	151

第一節	溶體學說.....	151
第二節	鋼之性質.....	165
第三節	生鐵之性質.....	174
第四節	鐵與鋼之腐蝕.....	179
第五節	加熱與性質之關係.....	184
第十一章	合金鋼.....	191
第一節	概言.....	191
第二節	鎳鋼.....	192
第三節	錳鋼及鉻鋼.....	194
第四節	自硬鋼及高速工具鋼.....	196
第五節	硅鋼及釩鋼.....	198
附錄	200

新學制高級工業學校教科書

冶 鐵 學

第一章 總 論

第一節 導 言

金屬之中最重要者莫鐵若也。小而家常日用之具，大而鐵路、橋梁、輪船、鎗礮，幾無一非鐵所造者；今日物質文明之駸駸日上，藉鐵之力者居多，而就國勢言之，幾以鋼鐵需用之多少，卜其國之強弱，鐵之重要，蓋可知矣。

據統計家言：全世界產鐵之噸數，適合各金屬全體之二十二倍，而價額約相等；其所以發達至此者：一由於鐵礦之存於地球者極多，煉法簡易，故其價廉；二由於性質堅強，且稍事加減鐵中所含之各種原質，即可得軟硬強弱各異之鐵，以適應吾人特殊之需。

鍊鐵術之範圍極廣，作業頗煩，且以價廉之故，必規模宏大，始能獲利，故常大別為三，各為專門之業，其範圍如次：

(1) 鐵鑛中含有各種雜質，必除却之，且使鐵還原，產出銑鐵或生鐵，業此者曰鍊鐵廠。

(2) 生鐵中尚含少量之不純物質，必除卻之始成鋼鐵，業此者曰煉鋼廠。

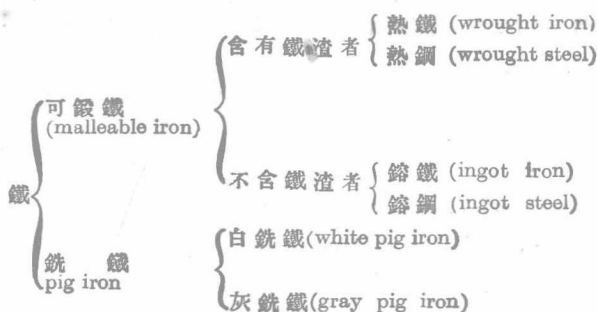
(3) 生鐵與鋼鐵乃僅工業品之材料，必製成適當形狀，始能供用，如翻砂廠，鐵軌廠等，乃以此為業者也。

化學的純粹之鐵，質軟且弱，不適於用，必含有其他原質，始得各種工業用之鐵材，故吾人所常用者，實鐵與其他原質之合金，特簡其名曰鐵而已。鐵所含之各種原質之中，以碳為最重要，而其量亦最多，故以碳之多少，為鋼與鐵分類之標準。碳而外，如矽，錳，磷，硫等，亦常夾存鐵中，此等亦影響於鐵之各種性質，故每有特別加入此等原質，使其適於或種特殊之用者。茲將工業鐵材中所含各種原質之成分範圍開列於次：

碳	0.05 至 5%	磷	微量 至 3%
矽	微量 至 5%	硫	微量 至 0.3%
錳	微量 至 2%		

第二節 鐵之分類

在煉鐵術幼稚時代，鐵之分類 (classifications of iron) 極簡，凡將鐵赤熱之後，急冷於水中，以增長其硬度者曰鋼，否者曰鐵。至近世煉鐵之術大昌，方法既不一，而種類復多，故分類法乃不一而足。茲據西歷千八百七十六年萬國公會所決議者分類如次：



更申言之：銑鐵者，含雜質頗多，僅碳量亦達 2.6% 以上，熱至攝氏 1200°，則熔化成流動體，可供鑄造，故一名鑄鐵，(cast iron，即生鐵，但嚴格言之，鑄鐵及生鐵乃指銑鐵中之專供鑄造者而言) 但無論在何溫度，無鍛治展延之性。銑鐵又小別為二：鐵所含之碳，概為石墨體，夾於鐵粒之間，故斷面呈暗灰色，其質軟而韌，故能車剝錯削，此曰灰銑鐵(俗稱紫口鐵)。鐵中之碳與鐵成結合體，其色白，其性脆而堅，不便鑄造，只供他種鋼鐵製造之原料者，曰白銑鐵(俗稱白口鐵)。

可鍛鐵所含之碳，在 2.6% 以下，熔點較高，約 1300-1500°C。富於可鍛性，熱之則性極柔軟，易於鍛治，強熱之則成半熔體，終成流動體。可鍛鐵由製法不同，首別為二：一凡由流動體製造者，曰鑄鐵鑄鋼，其特性在不含鐵渣；凡製造時熱度不足，僅成半熔體者，曰熟鐵熟鋼，其特性在含有鐵渣；至鋼與鐵之分，則係於可淬性 (hardening capacity) 之有無，即有者為鋼，無者為鐵。(凡將鐵類赤熱之後，急投水中，其硬度

頓加者，曰有可淬性，其硬度不加者，曰無可淬性。）

以上分類法，僅學術或公文上用之，茲將英，法，美各國所實用者列後。

鐵	{	銑鐵 (pig iron)	{	灰銑鐵 (gray pig iron)
		熟鐵 (wrought iron)		白銑鐵 (white pig iron)
				木炭鐵 (charcoal iron)
				攪鍊鐵 (puddle iron)

鋼	{	馬丁鋼 (Siemens-Martin steel)
		柏塞麥鋼 (Bessemer steel)
		坩堝鋼 (crucible steel)
		電鋼 (electric steel)
		滲碳鋼 (cement steel)

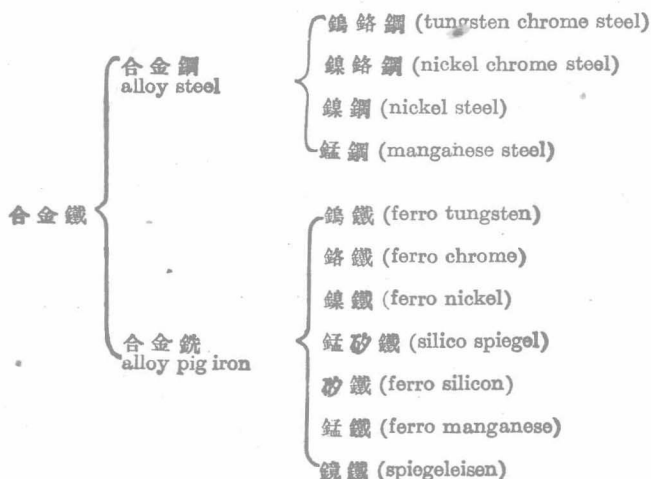
銑鐵之意義及其分類，仍與前述者無異。可鍛鐵中之由木炭所煉者，及由攪鍊法 (puddle process) 所製造者，曰鐵，他如馬丁法，柏塞麥法，坩堝法，電煉法等所出者，統稱為鋼。此分類法現通行於世。

歐美各國常有硬鋼及軟鋼 (hard steel and mild steel) 之別，此非其性質上有劃然之界限，惟以鋼中所含之碳約在千分之三以上者，曰硬鋼，以下者曰軟鋼。例如鐵軌及各種彈簧，屬於硬鋼；他如一般建築材料，如用於船舶橋梁者，屬於軟鋼。

以上所述，皆以碳量為分類之基礎，但亦有以碳外之他種原質為主要成分，以適應或種特別用途者，此曰合金鐵

(alloy iron); 與此並論之時,則前述者曰碳鐵 (carbon iron),

合金鐵之分類如次:



合金銑乃製造各種合金鋼之原料,無可鍛性,不能直接供用。合金鋼則富有可鍛性,且各有特長,近年來凡兵艦之裝甲板及高速度之工具鋼料,皆用此種合金鋼。

第三節 鐵礦

金屬之存於地球上者,鋁而外,以鐵為最多;但皆為化合物,若自然鐵及隕石等,為量極微,不足供原料之用;故吾人煉鐵,全仰給於此化合物,即通稱為鐵礦 (iron ores) 者。地球上含鐵之化合物極多,非可一一稱為鐵礦,鐵礦云者,必由此煉成銑鐵,於經濟上能獲利者之謂,故礦中含鐵之成分,不宜過少,至少亦宜在百分之二十五或三十以上,如在

我國交通不便之地，雖含鐵至百分之四五十，尚有不能獲利者。鐵鑛之價值，除含鐵成分而外，關係於夾雜物之有無及其種類，例如磷硫乃鐵鑛之最忌者。鐵鑛中常有之夾雜物為矽酸 (SiO_2)，石灰 (CaO)，苦土 (MgO)，礬土 (Al_2O_3)，錳，磷，硫，銅，砒，鈦等，關於此等夾雜物之影響，容後詳論。

1. 赤鐵鑛

赤鐵鑛 (hematite) 乃鐵鑛中之最重要者，其分子式為 Fe_2O_3 ，純粹者含鐵 70%，呈赤色至暗黑色，但條痕 (streak) 色常赤，為鑑定此鑛之特徵。此種鑛含磷質極少，故其價高，蓋磷之有無，恆影響於銑鐵之性質，而欲得磷少之銑鐵，必用磷少之鐵鑛故也。英國幹巴蘭 (Cumberland) 地方所出之赤鐵鑛，含磷極少，所出之銑鐵，亦最純，故特稱為赤鐵鑛銑鐵 (hematite pig)。今則凡對於磷少之銑鐵，皆以此名之矣。

魚子赤鐵鑛 (oölitic hematite)，乃球形粒狀之變體 (variety)，常含石灰石，故可兼熔劑之用，法國 Lorraine 地方所產極多，實德法煉鐵界之主要原料。

2. 磁鐵鑛

磁鐵鑛 (magnetite) 之化學成分為 Fe_3O_4 ，純粹者含鐵 72.4%，有吸引磁針之性，故名。色與條痕皆黑，暴之雨雪中，則變成褐色。常為八面及十二面結晶體，產於綠泥片巖 (chlorite schist) 之中，及巖石崩壞，則成砂鐵。最著名之產地為瑞典，此處所產者含磷硫極少，故瑞典所出鋼鐵，以純粹著名於世。我國大冶鐵山及其周圍，所出之鐵鑛，皆屬於此。

3. 碳酸鐵鑛

碳酸鐵鑛(carbonate ores or siderite)之主要成分爲碳酸鐵,質之稍純者曰菱鐵鑛(spathic iron ore),此中磷硫最少,屢多含錳質。呈真珠光澤,色則不一,由珠白而紅而褐黑,此因易於變色之故。產此有名之地,乃德奧之 Eisenerz 及 Westphalia 等處。質之不純而雜含黏土者,曰黏土鐵鑛(clay ironstone),多產於英國之 Cleveland 地方,爲英國製鐵業之源。

4. 褐鐵鑛

褐鐵鑛(limonite)乃含水之氧化鐵。其質稍純者,乃由碳酸鐵鑛,磁鐵鑛等變化而成,富於鐵分,而含磷則少,西班牙北部產此頗多,有名於世。質之不純者,或由含鐵之水溶液沈澱而成,或由不純之鐵鑛變化而生,鐵之品位不高,而多含磷質,昔時頗以製煉爲苦,但自鹼性煉鋼法發明以來,知磷之爲害不大,故前之棄置不採者,今爲重要之富源矣。

5. 鐵礦之價值

當發見鐵鑛時,欲決其有無開採之價值,首宜實際考求者數端: (1)鑛量之多少;苟爲量不多,縱鑛質純良,交通便利,亦無開採之價值;苟爲量極多,則雖鑛質稍劣,尙有研究之餘地。 (2)交通之便否。 (3)燃料之有無及其價值。 (4)鑛塊之大小及有無脆性;蓋小塊與性脆者,搬運不便,損失較多,且須壓成磚塊,否則有礙於化鑛爐之通風。 (5)鑛石之組織;粒粗者煤氣易於侵入,故鑛易於還原,緻密者反此,屢有焙燒之必要。 (6)鑛之化學成分;含鐵不宜在25%以

下,前已言之,此外之宜注意者,乃鑛中所含雜質之種類及其多少;鐵鑛中常見之雜質,為矽酸,石灰,苦土,礬土,及氧化鈦等僅矽與鈦之一小部,還原混入銑鐵,其餘則全部變為鐵渣,不至影響於鐵質之良否,但其量愈加,則鐵之含有率愈少,而燃料之消耗愈大,此為經濟上所不許者。鑛中所含之錳,其一部混入銑鐵,可使鐵質改善,故常有特為加入錳鑛者。硫砒之一部,亦入銑鐵,為害極大;黃鐵鑛含鐵至50%以上,及硫砒鐵鑛 (arsenopyrite) 含鐵至34%,乃不能用為鐵鑛者,以其含硫砒過多之故。雜質中之最有害於鐵者,厥惟磷,在今日之煉鐵術,尚不能由含磷之鐵鑛,煉出無磷之銑鐵,故鐵鑛常分為有磷無磷二種,以含磷至鐵量之千分之一為界限無磷鐵鑛為供特殊鑄造所用之銑鐵,及用於酸性煉鋼法之銑鐵之原料,故其價較昂。茲摘錄本溪湖煤鐵公司購買鐵鑛章程中所定鑛砂成分之標準量及價格增減法如下:

1. 鑛砂成分之標準量

鐵 65% (對於磁鐵鑛)

60% (對於赤鐵鑛)

50% (對於褐鐵鑛)

錳 0.5%

矽酸 (SiO_2) 10%

硫 0.1%

磷 0.05% (以鑛中所含之鐵量為單位)

銅 0.4% (以鑛中所含之鐵量為單位)

2. 照成分之多少,增減其價格如次。

鐵 在標準量以上,每增加百分之一,每噸加洋一角,每減少百分之一,每噸減洋一角,但磁鐵礦及赤鐵礦之含鐵在百分之五十以下,及褐鐵礦之含鐵在百分之四十以下者不購。

錳 在標準量以上,每增加千分之五,每噸加洋一角。

硅 在標準量以上,每增加百分之一,每噸減洋五分,至百分之二十者不購。

磷 在標準量以上,每增加萬分之一,每噸減洋一角,每減少萬分之一,每噸加洋一角,至萬分之二十五以上者不購。

茲舉世界有名鐵礦之化學成分如次:

	Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Mn %	S %	P %	CO ₂ %
赤鐵礦(美國Lake Superior)	62.91	5.89	1.39	0.70	0.42	極微量	0.05	0.11	
赤鐵礦(英國Cumberland)	66.60	5.66	0.06	0.07	—	0.19	極微量	極微量	
磁鐵礦(大冶鐵山)	65.80	4.07	1.15	0.29	0.66	0.12	極微量	0.04	
磁鐵礦(日本釜石鐵山)	62.00	5.20	0.90	2.40	0.10	0.17	0.60	0.05	
磁鐵礦(瑞典塔山)	63.73	6.48	1.35	0.75	2.14	0.26	—	0.02	
炭酸鐵礦(奧國Eisenerz)	38.64	4.10	1.25	5.90	4.00	2.71	0.08	0.01	27.6
黏土鐵礦(英國Cleveland)	28.86	10.22	6.95	6.63	3.73	0.70	0.10	0.50	22.02

第四節 各元素之影響

鐵礦皆為氧化物,故與焦炭同時加入化礦爐中,及溫度漸高,則焦炭與礦互相作用,奪礦中之氧,由碳而變為一氧化碳,再變為二氧化碳,鐵則還原成金屬體。礦中之夾雜

物，如硅酐，礬土，苦土等，受爐熱熔解（此時特加某種物質以助其熔解，名曰熔劑（flux），煉鐵所常用之熔劑為石灰石），變成鐵渣，渣較鐵輕，故上浮，鐵則沈於爐底，由底口放出，即為銑鐵。

鐵還原時，久與碳及碳之氧化物相接觸，故常吸收溶解少量之碳，而硅，錳，磷，硫等咸受化鐵爐中之還原作用，變成單質，混入鐵中，故銑鐵中常含有此類物質。

鎳，鎢，鉻，鉬，鎢等，皆足以改良鋼鐵之性質，故常特別加入鎳，鎢等礦，使其還原混入鐵中。

茲將各元素之作用及狀態列舉於下：

1. 碳

鐵中所含碳量，在每 0.05—5.0% 之間，為量雖微，而其影響於鐵之性質者極大，故常以碳之多少，定鐵之種類。碳之存於鐵中之狀態不一，但當鐵熔融時，碳之全部，皆溶解鐵中，如食鹽之溶於水者然；及鐵漸次冷卻，至於凝固，而後碳乃變為各種狀態：（1）石墨碳（graphite carbon）；多含碳之鐵凝固時，碳之一部，變為石墨，呈薄片狀之結晶，夾於鐵粒之間，此為灰銑鐵之最要者。（2）非結晶碳（temper carbon）；鐵之多含非石墨碳者，使熱至攝氏八百度，復冷卻之，則碳遊離成粒狀，為非結晶體。此與石墨碳皆為遊離狀，故曰遊離碳（free carbon）。（3）碳化碳（carbide carbon）；鐵由高溫漸次冷卻，則碳之一部與鐵化合，成碳化鐵，在攝氏七百度前後，發達最盛，乃鋼之重要成分。（4）可淬碳（hardening carbon）；鐵凝固後，尚有如在熔鐵中所溶解之碳，不受