

技術學資料

(18)

煉鐵學

(內部學習資料)

鞍山鋼鐵公司教育處



1954

僅供參考
不准翻印

學 鐵 煉

編	者：成	蘭	伯
	潘	作	桓
	湯	乃	武
審	者：蔡		博
出	者：鞍	鋼	敦
版	者：鞍	鋼	育
印	者：鞍	鋼	刷
刷			廠

再 版0001~2000 1954年9月10日印刷
工本費 2800 元

序

在國家進行大規模經濟建設的現階段，從工人中大量培養技術幹部是一個重要的政治任務。但是在工廠裡進行這一工作的嚴重而普通的困難是沒有適當的教材。鞍鋼煉鐵廠在培養高爐工人技術員當中也碰到了同樣的困難，因此決定編輯一本旨在適合於高爐工人技術員學習的教本。

工人的特點一般是文化低，理論淺，而操作經驗豐富。因此一切為他們所親身經歷過的實際事物，往往容易接受；理論上生硬的東西，比較難得領會。為了適應這個特點，便決定了『從實際到理論』的編輯方針，先講產品、原料、設備及高爐操作，最後才學冶煉基本原理。各章的內容也盡可能從實際出發，然後結合着一定的理論說明，而冶煉原理是佔着較小的份量。

作為一個基層技術領導幹部，作為一個生產區域管理制中的高爐值班工長，必須要有一定的組織領導能力與企業管理知識，而一般工人技術幹部恰恰欠缺這方面的本領，因此本書結合鞍鋼煉鐵廠的實際情況，編入工廠管理一章，意在彌補這方面的缺陷，當然這是一個嘗試，實際收效如何還待實踐來說明。

從今年七月開始，這本教材曾陸續油印供廠內準備培養工人技術員的同志使用，並採取了課堂講課與實際操作相結合的辦法，即分章分階段先作理論講課然後操作實習的學習方式。預計講課一百二十小時，約計兩個月，實習六個月，經過半年來的實踐證明，這個辦法是比較成功的。在培養的十一個工人當中，九人已達到了初級技術員的標準，其中六人已先後擔任了值班工作。因此我們建議採用本書的教學者，在學習當中能够結合現場實習，進行實物教學，並且可以採取留習題及定期測驗的辦法，以便加強學者的自習。

本書在編寫時，曾經鞍鋼煉鐵廠工程師莊鎮惡、杜曙光及值班長李壽彤、李國安、劉秉鐸、趙永達等同志的熱心幫助，根據他們豐富

的操作經驗提供材料與意見；人事教科張景明同志全部繕寫；在公司教育處有關同志熱心協助下，使本書得以早日出版。

本書因編者技術學識微薄，加以出版匆促，未能詳加修改，因此文字不通俗，內容不豐富，錯誤也一定難免，難於達到我們原來編書的目的，希望同志們多多提供意見，以便將來作進一步的修改。

編 者

1953. 11,

目 錄

第一章 煉鐵產品	(1)
一、生鐵和鐵合金.....	(1)
二、爐渣.....	(4)
三、高爐瓦斯和瓦斯灰.....	(5)
第二章 高爐用的原料和燃料	(6)
一、礦石和熔劑.....	(6)
二、冶煉前礦石的處理.....	(8)
三、燒結礦和團礦.....	(10)
四、燃料.....	(13)
第三章 高爐的構造及其附屬設備	(17)
一、高爐的剖面.....	(17)
二、高爐基礎.....	(18)
三、高爐的磚襯.....	(19)
四、高爐的金屬結構.....	(22)
五、高爐的冷卻設備.....	(22)
六、熱風支管與風口.....	(23)
七、高爐爐頂設備.....	(28)
八、爐前設備.....	(30)
九、裝料設備.....	(34)
十、熱風爐與熱風管道.....	(36)
十一、瓦斯管道與除塵.....	(41)
十二、送風機.....	(43)
十三、生鐵與爐渣的收集.....	(45)

十四、鑄鐵機..... (45)

十五、碾泥機..... (47)

第四章 如何掌握高爐操作..... (49)

一、判斷高爐行程的幾個徵兆..... (49)

二、調節高爐行程的幾個方法..... (52)

三、高爐行程失常的徵兆及其處理的辦法..... (59)

四、爐前操作故障的處理..... (68)

五、瓦斯操作..... (70)

六、高爐的開爐與停爐..... (75)

第五章 簡單的煉鐵理論..... (81)

一、高爐的冶煉過程..... (81)

二、爐料與瓦斯的分佈及其熱傳導作用..... (87)

三、配料計算..... (89)

第六章 工廠管理..... (94)

一、工廠管理的基本原則和方法..... (94)

二、煉鐵廠的管理組織..... (98)

三、技術組織措施計劃與產品計劃..... (103)

四、作業計劃與調度工作..... (108)

五、怎樣作一個值班技術員..... (112)

第一章 煉鐵產品

一、生鐵和鐵合金

我們知道，自然界裡沒有天然的純鐵存在，都是鐵的化合物。例如，最普遍而大量存在的有磁鐵礦 (Fe_3O_4)，赤鐵礦 (Fe_2O_3)，褐鐵礦 ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)，菱鐵礦 (FeCO_3)，和黃鐵礦 (FeS_2) 主要作為硫酸的原料。把礦石裝入高爐進行冶煉而生成的產物，其中熔有許多金屬與非金屬元素，如炭 (C)，矽 (Si)，錳 (Mn)，磷 (P) 和硫 (S)，因此，我們稱它為鐵的合額金。

通常我們見到有熟鐵、鋼和生鐵，它們都是鐵的合金，不過其中元素含量不同而已。我們以它的含炭的多少來區別，含炭小於 0.2% 的叫熟鐵，0.2—1.7% 的叫鋼，含炭 1.7% 以上的即高爐所出產的生鐵。

生鐵的種類，一般可分為三類：

1. **製鋼鐵** 作為煉鋼的原料。製鋼鐵的化學成份可分為鹼性平爐生鐵，酸性轉爐生鐵及托馬斯鐵三類。表 1 為其規格（按中央重工業部規定，焦炭高爐所產產品）。

鹼性平爐生鐵按矽的含量分為三級，平爐生鐵要求生鐵含矽要低，原因是低矽鐵可以降低平爐的冶煉時間，提高鋼的產量和延長平爐的壽命。鞍鋼煉鐵廠五〇年製作低矽煉鋼生鐵成功，是我國煉鐵事業在技術上重要的改進。生鐵中含錳高，對高爐的順行和去硫有重大影響。含磷與硫不能高出規格，否則將影響鋼的品質。炭的含量沒有規定，因為在高爐中不易控制，一般含量為 4.0% 左右。

平爐生鐵是煉鋼的主要原料，直接使用鐵水裝入平爐，因此煉好優質生鐵是煉好優質鋼的基礎。在化學成份上除嚴格合乎規格外，鐵水溫度保持在 1380℃ 以上對煉鋼才有利。所以爐外脫硫的鐵水不但溫度降低，而且曹達還可以侵蝕平爐或者混鐵爐的襯磚。

製鋼生鐵規格

表 1

鐵種	鐵號	化 學 成 份 %								
		矽	錳		磷			硫		
			1 等	2 等	1 組	2 組	3 組	1 類	2 類	3 類
碱性平爐生鐵	欠 1	1.91—1.50	1.00—2.00	大於 2.00	< 0.20	0.21—0.35	0.36—0.75	< 0.03	< 0.05	< 0.07
	欠 2	0.91—1.90	"	"	"	"	"	"	"	"
	欠 3	0.30—0.90	"	"	"	"	"	"	"	"
酸性轉爐生鐵	々 1	1.81—2.20	0.80—1.90	—	< 0.04	< 0.06	—	< 0.03	< 0.05	—
	々 2	1.41—1.80	"	—	—	"	—	"	< 0.05	—
	々 3	0.90—1.40	"	—	—	"	—	"	< 0.05	—
托馬斯生鐵	T.註	0.2—0.6	0.3—1.30	—	—	1.60—2.00	—	—	< 0.08	—

註：托馬斯鐵係蘇聯規格

鑄造生鐵規格

表 2

鐵種	鐵號	化 學 成 份 %								
		矽	錳		磷			硫		
			1 等	2 等	1 組	2 組	3 組	1 類	2 類	3 類
鑄造生鐵	Ⅱ00	3.76—4.25	0.50—0.90	0.91—1.30	< 0.10	0.11—0.35	0.36—0.75	< 0.02	< 0.03	< 0.04
	Ⅱ 0	3.26—3.75	"	"	"	"	"	"	"	"
	Ⅱ 1	2.76—3.25	"	"	"	"	"	< 0.03	< 0.04	< 0.05
	Ⅱ 2	2.26—2.75	"	"	"	"	"	"	"	"
	Ⅱ 3	1.76—2.25	"	"	"	"	"	"	"	"
	Ⅱ 4	1.25—1.75	"	"	"	"	"	< 0.04	< 0.05	< 0.06

酸性轉爐生鐵按矽的含量也分為三級。其中含矽要高，藉矽在轉爐中氧化產生大量的熱來進行冶煉。

2. 鑄造鐵 鑄造鐵按照矽的含量分爲六級。一般翻砂用鐵，含矽約2—4%，只有特殊鑄造用的鐵，矽才低到1.0%以下。其規格見表2。

3. 合金鐵 在高爐裡冶煉的合金鐵主要的爲錳鐵和矽鐵，其規格見表三和表四。錳鐵按錳的含量分爲兩級，矽鐵按矽的含量亦分爲兩級，它們都是煉鋼的主要脫氧劑。

錳 鐵 規 格

表 3

級 別	成 份 %		
	錳	矽	硫
錳 { 一 級	>70.01	≤2.0	≤0.04
鐵 { 二 級	60.01~70.00	≤2.0	≤0.04

矽 鐵 規 格

表 4

級 別	成 份 %				
	矽	錳	硫	磷	
				一 級	二 級
矽 { 一 級	12.01 ~ 15.00	≤3.0	≤0.065	≤0.25	≤0.35
鐵 { 二 級	9.00 ~ 12.00	≤3.0	≤0.065	≤0.25	≤0.35

生鐵中各種元素對生鐵的影響簡述如下：

碳：碳在生鐵中有兩種狀態：一種是化合碳（ Fe_3C 碳化鐵），另一種是石墨碳。這兩種碳的比例多少，對生鐵的性質有很大的影響。石墨是一種黑色，柔軟而抗張力極低的物質。矽促進石墨碳的生成，所以使生鐵的斷口成灰色，而且能受車削，普通鑄造鐵能加工就是這個道理。含矽少的生鐵，大部份碳都以碳化鐵形態存在。碳化鐵是一種

光亮，堅硬而性脆的物質，因此低矽生鐵的斷口是白色，性硬而脆，不能機械加工。生鐵迅速冷卻也可以使碳化鐵不分解為石墨碳。

矽：矽促使石墨碳的生長，因此變更含矽量就可以改變化合碳的多少，而得到不同硬度和強度的鑄造鐵。但含矽過高時，又使化合碳的生成變多，斷口又成白色（如矽鐵的斷口為灰白色）。

錳：錳是很好的脫硫劑，它促使化合碳的生成（ Mn_3C ，碳化錳）。

硫：硫是有害的雜質，阻止石墨碳的生成，產生很脆的硬層。硫的熔點低，當鐵水凝固時，有析集作用分散在結晶顆粒周圍，發生熱脆現象。硫還有增加鐵水凝固後的收縮性，不能做很精確的鑄件。

磷：磷高能使生鐵變脆，但如不超過 0.5% 時又能增加鐵水的流動性，故對鑄件有利。

二、爐 渣

爐渣的主要成份是 CaO ， MgO ， SiO_2 ， Al_2O_3 ， FeO ， MnO ， CaS 其中 CaO ， MgO ， MnO ， FeO 是碱性氧化物， SiO_2 為酸性氧化物， Al_2O_3 可看作中性的氧化物。通常以 $\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$ 或者 $\frac{CaO}{SiO_2}$ 表示爐渣的碱度。當製煉不同生鐵時，採用不同成份的爐渣，其主要的物理化學性質如表 5。

不同爐渣的物理化學性質

表 5

生鐵種類	$CaO + MgO$	熔 點 $^{\circ}C$	在 1500 $^{\circ}C$ 的黏度 (泊)	備 註
	$SiO_2 + Al_2O_3$			
1. 鑄造鐵	0.9 — 1.1	1500—1525	3—8	焦炭高爐
2. 煉鋼鐵	0.95—1.1	1325—1400	3.5—4	"
3. 砲 鐵	0.8 — 0.9	1375—1595	5—6	"
4. 錳 鐵	1.1 — 1.2	1600—1700	4—5	"

高爐爐渣的生成和所加入的原料有關係，一般所含的成份是：

SiO_230—38%，	Al_2O_311—15%
CaO33—48	MgO2—17
FeO痕跡—1.0	MnO痕跡—1.0
S” ”—2.0	

爐渣從前當作廢物，現在用作水泥、渣磚、渣綿或者用來鋪路。

三、高爐瓦斯和瓦斯灰

焦炭在高爐內燃燒後，生成大量的 CO_2 ，再被炭還原成 CO ，而迅速上升與鐵礦石起還原作用，然後從爐頂逸出。其中化學成份一般為 CO_2 8—14%， CO 26—32%， N_2 56—58%，其他 H_2 ， CH_4 3%， $\text{CO} + \text{CO}_2 \approx 40\%$ ，瓦斯含 CO_2 愈高，則表示瓦斯化學能利用的愈好。含熱量約 950—1000 大卡/立方公尺。

瓦斯經洗滌後含灰 0.015—0.03 克/立方公尺，始可送至煉鋼、煉焦、選礦和均熱爐等使用。每一噸焦炭約產生 4000 立方公尺的瓦斯。高爐所產生的瓦斯約 $\frac{1}{4}$ 用於熱風爐的燃燒。

瓦斯從高爐衝出時挾帶大量瓦斯灰。瓦斯灰含很高鐵份和部份焦粉 (45% Fe, 5—10% C)，將其收集後作為燒結原料。

第二章 高爐用的原料和燃料

高爐生產量的提高和焦比的降低與所用原料、燃料品質的改進有密切的關係，蘇聯和我國煉鐵事業的不斷提高充分說明了這一點。因此研究如何改善原料、燃料品質是首要的工作。

一、礦石和熔劑

1. 鐵礦石 礦石中含有多量的鐵（超過30%）便叫鐵礦。不過鐵在礦物中不是游離狀態，而是成化合物存在。通常用來煉鐵的鐵礦，大多數是鐵的氧化物。

鐵礦石按含鐵份的高低，可分為富礦和貧礦兩種，貧礦須經選礦富集後才能用作煉鐵原料。富礦通常含鐵均超過50%，可直接加入高爐。鐵礦的貧富除其含鐵份外，還要看它的其他成份，如七道溝磁鐵礦含鐵份較低（48%），但它含有較高的錳（Mn 4—6%）。大票子礦石約含 Fe 51%，但它含有 CaO 3—4%，配用這一類的礦石就可減少其他原料的用量，因此仍有當富礦使用的價值。

富礦可以分為天然富礦和人造富礦兩種。

天然富礦有下列幾種：

1) 磁鐵礦：它的化學組成分子式為 Fe_2O_4 ，十分純淨的磁鐵礦含 Fe 72.4%，含氧 27.6%，這種礦石的顏色深暗，白灰色至黑色，具有磁性。

2) 赤鐵礦：它的化學組成分子式為 Fe_2O_3 ，純淨者含 Fe 70% 含氧 30%。

3) 褐鐵礦：含結晶水的鐵的氧化物，一般均稱為褐鐵礦，其代表分子式 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。

4) 菱鐵礦：這種礦物叫做碳酸鐵，它的分子式是 FeCO_3 含鐵

約 48.2%。

所有的鐵礦床都是由一種或數種含鐵礦物聚集而成，因此自然界中沒有一種鐵礦是十分純淨的。

礦床由各種礦物混合組成，其中不全含鐵份。礦石中不含鐵份的礦物叫做雜質，雜質是由二氧化矽 (SiO_2)、三氧化二鋁 (Al_2O_3)、氧化鈣 (CaO)、氧化鎂 (MgO) 硫 (S) 和磷 (P) 等化合物所組成。這些物質在礦石中的含量各不相同，其中二氧化矽含量最多。礦石中含有多量二氧化矽是不好的，因為它增多渣量。有些礦石的雜質中含有多量的三氧化二鋁 (Al_2O_3)，在化學性質方面說來它屬於中性氧化物，氧化鋁不在高爐內被還原，而是全部進入渣中。礦渣含有較高的氧化鋁時 (18~20 或過之)，則變成粘稠使流動困難，因此礦石中不宜有多量的氧化鋁。

鞍鋼煉鐵廠所使用的天然礦石：

弓長嶺磁鐵礦：弓長嶺磁鐵礦產於弓長嶺礦區，這種礦石的特徵是緻密堅固，呈深灰色，含 Fe 55% 以上。但也有高至 70% 者，一般的成份是：

Fe	Si	Al_2O_3	$\text{CaO}+\text{MgO}$	S	P
58—60%	12%	0.8%	1.2%	0.08%	痕跡

弓長嶺磁鐵礦很難還原，這是因為它的組織緊密，煤氣與磁鐵石作用限於在磁石表面進行的緣故。所以在高爐配料中其配合率不宜過高，粒度不宜過大，一般不應超過 50 公厘。

櫻桃園赤鐵礦：櫻桃園赤鐵礦是好的高爐原料因為它含 Fe 高，而且容易還原。它的化學成份是：

Fe	Si	Al_2O_3	$\text{MgO}+\text{CaO}$	S	P
56—58%	13—14%	1.5%	1%	0.08%	0.03%

2. 錳礦 無論在煉錳鐵或者是煉含錳 1—2% 的製鋼鐵時都須使用錳礦。錳礦也和鐵礦石一樣，大都是含錳的氧化物，其主要者有軟錳礦 MnO_2 和硬錳礦 Mn_2O_3 ，前者質地較軟，放置日久容易風化而

變碎，後者則比較堅硬。我國因錳礦較少，故在煉製鋼時使用平爐渣或錳渣來替代，同時實踐證明能收到一定的經濟效果。

鞍鋼煉鐵廠使用的錳礦，大多為東北的瓦房子、柴家屯等地所出，平爐渣和錳渣為鞍鋼自產，其化學成份如下(%)：

	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	MnO ₂	S	P
瓦房子錳礦	18.19	18.20	3.49	4.42	—	26.21	35.21	0.01	0.03 ⁶ ₃
柴家屯錳礦	6.70	23.00	3.73	4.37	—	33.13	33.04	0.053	0.05
平 爐 渣	27.25	13.20	2.14	14.56	6.74	17.64	—	0.12	0.336
錳 渣	—	31.16	11.92	46.55	—	8.52	—	0.82	—

3. 熔劑 熔劑之所以用於高爐冶煉是為能夠造成某種生鐵時具有必需成份的爐渣。因一般煉鐵原料中含的雜質是酸性脈石，所以用的熔劑是碱性的，通常用的是石灰石 (CaCO₃ 碳酸鈣)。用碱性熔劑時應要求具有下列數項：

1) 碱性物質的含量要高，2) SiO₂、Al₂O₃ 和有害雜質 (硫和磷) 的含量愈低愈好，3) 強度要大，4) 要有一定的塊度。

有時可以用白雲石和石灰石混合配用，白雲石裡含有MgO它能使礦渣的流動性變好。

鞍鋼煉鐵廠使用遼南甘井子和南關嶺的石灰石，其規格如下：

	Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	S	P	燒損
化學成份(%)	0.67	1.34	52.26	0.66	1.75	0.23	0.065	0.016	42.30
粒度，規定25—75%									

<25%不得超過3%，>75%不得超過2%。

小粒的石灰石應該篩出，因為它含有很多泥土而降低石灰石的有價值，大塊的石灰須在爐身下部才能完全分解，因此有時在風口取焦時常取出未完全分解的石灰石，這樣便消耗很多的爐缸熱量，而造成爐缸堆積。石灰石成份應該穩定，否則影響高爐渣碱度的波動。

二、冶煉前礦石的處理

高爐的生產對其所用的原料的性質提出了嚴格的要求，僅拿鐵礦

石來說，首先是要求化學成份與粒度穩定，同時鐵分要高，廢石要少。

礦石的粒度取決於該礦石的物理及化學性能。如容易還原的褐鐵礦與赤鐵礦，其粒度最好在75—100公厘之間。對於堅實的難還原的磁鐵礦則為40—50公厘。細小的礦石如小於2—3公厘者，為了避免破壞料柱的透氣性，事先送至燒結車間進行造塊，然後在高爐中使用。

天然礦石由於採掘地方不同，成份波動很大，因此必須在進入高爐前進行中和，使鐵分的波動縮小，保證高爐正常的生產。

由於要達到以上的目的，礦石在冶煉前處理有破碎、篩分、中和及燒結等作業。含鐵量低的礦石必須經過選礦處理，成為精礦粉，然後再燒結成塊。

1. 破碎和篩分 礦石的破碎分為四個階段進行。粗碎為破碎至100公厘，中碎自100—30公厘，細碎為30—1公厘，粉碎為1公厘以下。

按照礦石的不同，將礦石破碎至75公厘或者50公厘以下。如果在有篩分設備的情況下將破碎過的礦石篩分為三類，例如為75—30，30—6，6—0公厘三類。前兩類送至高爐直接使用，6—0公厘的部分則送至燒結場去燒結。但目前我們缺乏這樣的篩分設備，不能將礦石分級使用。而實踐證明將礦石分級裝入高爐是提高產量最經濟而有效的方法。

2. 礦石的中和 原料成分的波動能破壞高爐正常的生產。例如，礦石含鐵成份突然升高，產生爐涼，鹼性渣子以至懸料。反之，鐵分降低，產生爐熱，渣子變酸，生鐵含矽高。為此必需將成分變動的礦石進行中和，然後送至高爐使用。

中和礦石是一系列的工作，由礦山開始直到稱量車漏料，都應該促進礦石起多次的中和作用。在煉鐵廠貯礦場使用門型起重機來中和礦石。

門型起重機的大抓自卸礦溝抓取礦石，將其鋪成一定高度的條堆

(一般為 0.5 公尺)，以後門型起重機向內移鋪第二條堆，這樣一直鋪至堆邊為止。當進行鋪第二層時，可以鋪在第一層的兩個條堆之間。如此逐層堆積到一定的高度。大抓鋪料時，離料面通常不超過 5 公尺，而且要鋪的很勻。

取料時，從料堆的橫截方向分層取礦石，由頂點抓至底下，可以將其裝入一車或二車，就是這一車或二車中能包括了先後不同時期內卸入的礦石，將其卸在礦槽內，經過一次混合，而達到一定的中和作用。

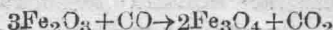
利用貯礦場的門型起重機中和礦石的結果，根據原礦石成份的不同，中和後礦石成份的均一性能够提高 2—3 倍。

三、燒結礦和團礦

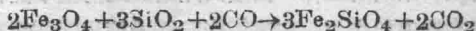
燒結和團礦是將精礦粉和細碎的礦石團結成塊的方法，即使其成為對高爐操作有利的礦塊。

1. 燒結礦的製造 大多數燒結的方法，是利用配料內燃料的燃燒及用抽風機將空氣自上而下吸過料層而進行燒結，燒結的配料主要為精礦粉、細碎的礦粉、燃料、返礦和水份等組成。也可加入一部份瓦斯灰和軋鋼皮。在爐條上成層地鋪成 200—250 公厘厚。為了使料不致掉入爐條空隙內，預先在其上層鋪一薄層返礦。

燒結時，燃料燃燒發出熱量，使料產生造塊作用。由於細碎的燃料與礦石顆粒密切接觸的緣故，在燃料的四圍產生還原性的氣體， Fe_2O_3 便被還原成為 Fe_3O_4 。



當有 SiO_2 存在時， Fe_3O_4 再進一步還原成 FeO 與其生成矽酸鐵 Fe_2SiO_4



矽酸鐵在燒結表面有一種塗釉作用，使其成為難還原的爐料。矽酸鐵生成的多少與燃料的數量有密切的關係，燃料愈多愈容易產生矽