

142515

金屬工藝學

第一分冊

馬爾丁諾夫編



機械工業出版社

01

金屬工藝學

第一分冊

馬爾丁諾夫編

北京機器製造學校翻譯室譯



機械工業出版社

出版者的話

本書是蘇聯專家馬爾丁諾夫 (К. С. Мартынов) 同志在北京機器製造學校師資訓練班講課的講稿。

本書主要根據 1954 年蘇聯中等技術學校金屬工藝學教學大綱編成, 包括冶金學、金屬學、鑄造、金屬壓力加工及銲接五部分。同時也編入了一些我國的資料。

本書適合作為教師參考用書, 也可供工程技術人員閱讀。

本書分三分冊出版, 這是第一分冊, 為冶金學部分。

NO. 內 56

1955 年 10 月第一版 1956 年 9 月第一版第四次印刷

787×1092 $\frac{1}{18}$ 字數 171 千字 印張 7 $\frac{5}{9}$ 11,001—17,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號

定價(8) 1.20 元

目次

冶 金 學

第一課 緒論	5
第一章 煉鐵	11
第二課 煉鐵用的原材料	11
第三課 煉鐵用的燃料和熔劑	15
第四課 高爐的構造	20
第五課 高爐中的物理-化學變化過程	24
第六課 高爐中的物理-化學變化過程(續)	29
第七、八課 高爐生產的產物	32
第九課 高爐生產經濟	38
第二章 煉鋼	43
第十課 緒言	43
第十一課 轉爐煉鋼法	46
第十二課 轉爐煉鋼法的種類	51
第十三課 平爐煉鋼法	56
第十四課 鹼性平爐煉鋼法	62
第十五課 電爐煉鋼	66
第十六課 鋼的澆鑄	71
第三章 有色金屬	77
第十七課 工業上應用的重要有色金屬	77
第四章 煉銅	81
第十八課 銅礦	81
第十九課 冰銅在轉爐中(貝士麥法)吹煉成粗銅	87
第五章 煉鋁	94
第二十課 鋁礦	94
第二十一課 氧化鋁的電解和鋁的精煉	98
第六章 金屬和合金的性能及其試驗方法	103
第二十二課 金屬和合金的物理化學性能及其試驗方法	103
第二十三課 金屬與合金的機械性能	107
第二十四課 金屬與合金的機械性能(續)	112
第二十五課 金屬與合金的機械性能(續)	119
第二十六課 金屬與合金的機械性能(續)	126
附錄 實驗說明書	131

目 录

第一章 绪论

第一节 绪论	1
第二节 绪论	2
第三节 绪论	3
第四节 绪论	4
第五节 绪论	5
第六节 绪论	6
第七节 绪论	7
第八节 绪论	8
第九节 绪论	9
第十节 绪论	10
第十一节 绪论	11
第十二节 绪论	12
第十三节 绪论	13
第十四节 绪论	14
第十五节 绪论	15
第十六节 绪论	16
第十七节 绪论	17
第十八节 绪论	18
第十九节 绪论	19
第二十节 绪论	20
第二十一节 绪论	21
第二十二节 绪论	22
第二十三节 绪论	23
第二十四节 绪论	24
第二十五节 绪论	25
第二十六节 绪论	26
第二十七节 绪论	27
第二十八节 绪论	28
第二十九节 绪论	29
第三十节 绪论	30
第三十一节 绪论	31
第三十二节 绪论	32
第三十三节 绪论	33
第三十四节 绪论	34
第三十五节 绪论	35
第三十六节 绪论	36
第三十七节 绪论	37
第三十八节 绪论	38
第三十九节 绪论	39
第四十节 绪论	40
第四十一节 绪论	41
第四十二节 绪论	42
第四十三节 绪论	43
第四十四节 绪论	44
第四十五节 绪论	45
第四十六节 绪论	46
第四十七节 绪论	47
第四十八节 绪论	48
第四十九节 绪论	49
第五十节 绪论	50
第五十一节 绪论	51
第五十二节 绪论	52
第五十三节 绪论	53
第五十四节 绪论	54
第五十五节 绪论	55
第五十六节 绪论	56
第五十七节 绪论	57
第五十八节 绪论	58
第五十九节 绪论	59
第六十节 绪论	60
第六十一节 绪论	61
第六十二节 绪论	62
第六十三节 绪论	63
第六十四节 绪论	64
第六十五节 绪论	65
第六十六节 绪论	66
第六十七节 绪论	67
第六十八节 绪论	68
第六十九节 绪论	69
第七十节 绪论	70
第七十一节 绪论	71
第七十二节 绪论	72
第七十三节 绪论	73
第七十四节 绪论	74
第七十五节 绪论	75
第七十六节 绪论	76
第七十七节 绪论	77
第七十八节 绪论	78
第七十九节 绪论	79
第八十节 绪论	80
第八十一节 绪论	81
第八十二节 绪论	82
第八十三节 绪论	83
第八十四节 绪论	84
第八十五节 绪论	85
第八十六节 绪论	86
第八十七节 绪论	87
第八十八节 绪论	88
第八十九节 绪论	89
第九十节 绪论	90
第九十一节 绪论	91
第九十二节 绪论	92
第九十三节 绪论	93
第九十四节 绪论	94
第九十五节 绪论	95
第九十六节 绪论	96
第九十七节 绪论	97
第九十八节 绪论	98
第九十九节 绪论	99
第一百节 绪论	100

冶 金 學

第一課 緒 論

金屬工藝學是研究從礦石中提煉金屬的現代方法和金屬加工方法的科學。金屬工藝學研究的不是一般的提煉金屬和金屬加工的方法，而是研究現代的、最合理的、最先進的方法。

金屬工藝學是一門實用的科學，它是由幾種獨立的實用的科學所組成。金屬工藝學這門課程中的每門獨立的實用的科學都有自己的任務，因而可以把金屬工藝學這門科學看成是研究金屬冶煉和金屬加工現代方法的各實用科學的綜合。

金屬工藝學包括下列幾個部分或獨立的實用的科學：

1. 黑色金屬和有色金屬的冶煉；
2. 金屬學；
3. 金屬熱處理；
4. 鑄造；
5. 金屬壓力加工；
6. 銲接；
7. 金屬切削加工。

黑色金屬和有色金屬的冶煉——研究從礦石中提煉生鐵和生鐵煉鋼的問題，以及從礦石中提煉銅、鋅、鋁和其他有色金屬的問題。

金屬學——研究金屬和金屬合金的內部構造及其性能的問題。

金屬熱處理——研究改變金屬和合金的物理性能、化學性能和機械性能的方法。熱處理可使金屬與合金具有不同的性能：增加或減少金屬與合金的電阻、硬度、韌性、彈性等。

鑄造——研究用熔化金屬、並把金屬澆鑄入鑄型的方法而使金屬具有一定形狀的問題。

金屬壓力加工——研究用鍛造、熱模鍛或冷衝壓、熱軋製和對某些金屬的冷軋製的方法，使金屬具有一定形狀的問題。

銲接——研究把零件和結構的各個部分結合成整體零件和整個結構的問題。

金屬切削加工——研究用刀具切去切屑的方法（車、銑、鉋等）使金屬具有一定形狀的問題。

這就是金屬工藝學的各個部分（或各門實用科學）的任務。

金屬工藝學所要解決的問題，就是怎樣用最少的時間、勞動力、燃料、輔助材料從礦石中提煉金屬，和怎樣用最少的時間、勞動力、電能、熱能製成某種金屬零件、機床、機器和聯合機器。

研究金屬工藝學，對於任何機器製造生產部門的機器製造技術員的工作來說，都有很大的實際意義。

不懂金屬工藝學，就難於正確的解決生產中的技術問題和工藝問題。

技術員在生產中應很好地瞭解他要加工的金屬，知道金屬的機械性能和工藝性能，知道怎樣改變這些性能。

在實際工作中，有時要碰到與應用各種設備和各種金屬工藝有關的困難的工藝問題。常有這種情況，當在工藝上不可能用整塊金屬製造一個零件時，工藝員可以先作零件的各個部分，然後用銲接的方法把這些部分結合起來。因此他應當很好地懂得銲接工藝。應該知道在銲接時可能發生很大的變形或出現裂縫，並且也應該知道不是所有金屬都能很好的銲接起來，而有的金屬完全不能銲接。例如含鉻量和鎳量高的耐酸鋼就是這樣的金屬。

也常有這種情況，由於零件外形複雜，不論用鍛造、衝壓和切削加工都不能製造。這時就要應用鑄造工藝——用鑄造的方法製成零件，因此必須知道鑄造工藝的特點。

金屬工藝學能够使機器製造技術員知道如何解決機器製造業中在製造簡單和複雜工件時所遇到的複雜問題。這就是研究金屬工藝學的目的。

每個國家的技術發展水平決定於機器製造業的發展水平。一個國家的機器製造業越是高度的發展，這個國家的技術水平也就愈高。

要發展機器製造業，就需要大量的金屬，因而機器製造工業的發展是與冶金工業的發展密切相關連着的。

現代化的機器，種類極其繁多。例如：大型的金屬加工機床、聯合採煤機、巨大的電鋸、軋鋼機、拖拉機、輕工業用的複雜機器、精密的科學儀器等；——所有這些機器都是用金屬和金屬合金製造的。

有工業價值和常用的金屬及合金有下列各種：

生鐵——鐵碳合金，其中含碳量是 1.7~6.67%（實際上機器製造業中應用的生鐵，含碳量是 2~4.5%）。

鋼——鐵碳合金，其中含碳量是從 0.1~1.7%。

純銅。

黃銅——銅鋅合金。

青銅——銅錫合金或銅鉛合金。

純鋁。

硬鋁——鋁和銅、錳、鎂以及其他金屬的合金。

矽鋁敏——矽鋁合金。

鎢、鈷、鈣、鉻、鎳、矽、錳、鉬及其他金屬是用來作為鋼中的特殊附加成分的，加入附加成分的目的是為了使鋼具有一定的物理-化學性能和機械性能。

生產工業用的金屬，對於中國的社會主義工業化有很大的意義。

中國要建立強大的重工業，並使之完全能够以自己的力量生產各種各樣必需的設備，就必須發展黑色冶金和有色冶金業。

金屬工藝學這門科學是在歷代勞動所積累起來的方法和技術操作的基礎上發展

起來的。俄國和蘇聯科學家在發展金屬工藝學事業中的貢獻有很大的意義。俄羅斯人民自古以來對技術和工業的發展事業就有過創造性的貢獻。

保存在蘇聯的無數歷史紀念物說明了自古以來就善於發展技術的俄羅斯人民具有高度的技巧。

最主要的技術發明首先是在俄國出現的，比西方和美國的技術的發明早很多年。

還是在機器製造業發展比較薄弱的沙皇俄國，俄國的科學家就是科學的機器製造業的奠基人了。

依萬·依萬諾維奇·波爾松諾夫 (Иван Иванович Ползунов) 在 1764 年創造了第一部蒸汽機。

安德烈·康斯坦金諾維奇·納爾托夫 (Андрей Константинович Нартов) 在十八世紀初創造了帶刀架的金屬加工機床和做型車床。

比得·科資米奇·弗羅洛夫 (Петр Козьмич Фролов) 在 1806 年建成了第一條鐵道。

耶非母·阿列克塞維奇·切列班諾夫和米羅·耶非莫維奇·切列班諾夫 (Ефим Алексеевич и Мирон Ефимович Черепановы) 在 1833 年造成了第一輛蒸汽機車。

天才的俄國科學家和思想家米海依·瓦西里也維奇·羅蒙諾索夫 (Михаил Васильевич Ломоносов) 在 1763 年出版的“冶金學或礦業的初步基礎”一書中，科學地論述了冶煉過程中的化學實質和物理實質，並且對熔煉和加工金屬的工藝過程的組織，作了一系列最寶貴的實際指示。

十九世紀在烏拉爾茲拉烏斯托夫斯基兵工廠工作的偉大的俄國冶金學家保爾·彼得洛維奇·安諾索夫 (Павел Петрович Аносов)，發現和論證了用鐵在坩堝中直接滲碳製成優質鋼的製造方法和加工方法，因此對於冶金工業的理論和實踐作了有價值的貢獻。他所發明的氣體滲碳法比西歐科學家早很多年。安諾索夫以多次的試驗在 1837 年發現了用生鐵煉鋼的方法，比法國早 30 年。

安諾索夫在金屬學和熱處理方面的著作，比西歐的科學家早很多年。安諾索夫在 1831 年第一個設計和應用了研究鋼的組織構造的金屬顯微鏡。他的[論布拉特鋼]是一部為鋼的製造和研究開闢了新道路的經典著作。

傑出的俄國科學家德米特里·康斯坦丁諾維奇·契爾諾夫 (Дмитрий Константинович Чернов) 被公認為金相學的創始人。

契爾諾夫是鐵和鋼內同素異形轉變原子理論的創造者，是關於鋼的淬火和回火過程理論的現代概念的創造者，是鋼結晶理論的創造者。契爾諾夫首先確定了金屬具有有向性，就是在不同的方向有不同的性能。這個原理為現代塑性變形的理論打下了基礎，這種理論被蘇聯的科學家廣泛地發展着。

偉大的俄羅斯和蘇聯的科學家-科學院士：尼科拉·西明諾維奇·庫爾納可夫 (Николай Семенович Курнаков)，亞歷山大·亞歷山大洛維奇·巴依可夫 (Александр Александрович Байков)，尼科拉·契莫非也維奇·顧德錯夫 (Николай Тимо

феевич Гудцов)等人繼承了契爾諾夫在金屬科學方面的見解。庫爾納可夫創造了關於金屬和合金的物理-化學性能與金屬組織構造的關係的科學。同時他設計和創造了第一個自動記錄高溫計。

庫爾納可夫的著作及其學派,使我們能够根據某種合金的化學成分,預先知道合金具有什麼樣的物理性能和化學性能。現在這種性能和化學成分之間的關係叫做庫爾納可夫定律。

巴依可夫製定了用庫爾納可夫自動記錄高溫計確定臨界點的微差法,研究了每個元素對鋼和有色金屬質量的影響。

顧德錯夫過去和現在一直是在從事於具有特殊物理性能的特殊鋼的研究工作。顧德錯夫與庫爾究莫夫(Курдюмов)和謝良科夫(Селяков)利用了最新的研究金屬方法,特別是X光組織構造分析的方法,共同創造了鋼淬火的現代理論。

顧德錯夫現在正從事於研究鋼錠的工作。這個工作在蘇聯現在的機器製造業中,當需要生產100噸重的鋼錠時,具有重大的意義。這種鋼錠,蘇聯現在用來製造世界上動力最大的100000和150000仟瓦汽輪機的轉子軸。

冶金學家-科學院士米海依·亞歷山大洛維奇·巴甫洛夫(Михаил Александрович Павлов)創立了最先進的高爐熔煉過程理論,他的關於高爐熔煉過程的理論著作譯成了世界各種語言文字。

М.А.巴甫洛夫創造了世界上第一個具有合理斷面的巨型高爐,其容積為1300立方公尺,在他的直接領導下,在蘇聯建立了許多巨大的冶金聯合工廠。

金屬工藝學在蘇聯已成為最先進的科學,並且日趨完善。現代實用的科學——金屬工藝學,在蘇聯是在理論和實際的基礎上發展着的。改進這門科學的不僅僅是科學家,同時也有普通的人:著名的冶金工人、高爐工人和煉鋼工人、著名的鉗工和車工以及其他工種的工人。

歷史證明,中國人民在古代就曾對於黑色金屬和有色金屬的冶煉作了許多重要的發現。這方面的發現早於西方國家和美國幾百年。

在夏代(紀元前2205~1766年)夏禹鑄了第一把銅劍,長度為3.9中國尺或1.248公尺。這是應用銅及其合金製造各種物品——鼎、鐘、銅幣和其他東西——的開始。

那時中國人在製造銅時,為了使一種金屬與另外一種金屬分離,已經利用了金屬的不同物理性質(比重)。其中,使銅與鉛分離時,用的方法是從熔爐上口倒出比重比鉛稍輕的銅,從熔爐下口倒出鉛。

這種基於金屬比重的不同而將不同金屬分離的原則,在現在的冶金工程上,在使爐渣與金屬分離時,也廣為應用(高爐熔煉過程,平爐熔煉過程)。

中國在古代就已經會用自己特殊的方法來從礦石中提煉鐵,更進一步說,根據中國文獻的記載,生鐵(含碳量很高的鐵碳合金)最先是在中國煉得的。

應該指出,古代中國的煉鋼過程與同時代的西方國家所採用的煉鋼過程是有區別的。若是西方國家在古代就會煉鐵,那麼他們會煉生鐵就要晚得多,大約是在十三

至十四世紀。西方國家長時間是用增碳方法煉鋼，也就是用所謂熟鐵。

中國人在遠古時就會煉熟鐵和生鐵，以後又用煉得的熟鐵和生鐵按照與外國都不相同的特殊工藝來煉鋼。

現在我們知道，在 $1000\sim 1100^{\circ}$ 的高溫時，一塊低碳鋼和一塊高碳鋼緊密的接觸，碳就能够擴散到含碳量很少的鋼中去。在遠古時中國就是利用這種原理煉鋼的唯一國家。

當時中國人在煉鋼時是把一條生鐵（含碳量很高的鐵碳合金）放在兩條熟鐵之間，加熱到高溫，在爐子中停放很長的時間，然後用錘加以鍛造，由於這種工藝操作的結果，碳就從生鐵中擴散到熟鐵中去而煉成了鋼。

很久以後（在十四世紀末和十五世紀初），在達馬斯克城製造所謂達馬斯克多層鋼時才應用過這種方法（稍有不同）。十九世紀，俄國發明家普拉托諾夫製造鐵甲板時，也用過這種方法。

現代的鍛鐸就是根據古代中國所應用的互相擴散煉鋼法的原理而產生的。

中國人民的創造性才能獲得最廣闊的發展是在中華人民共和國建立之後。

中華人民共和國的建立，使蘊藏在千百萬中國人民中的創造性潛在力量有了可能發揮出來。

中國人民學習蘇聯先進經驗，並根據蘇聯的經驗改進自己的工業，表現了自己的主動性和創造性，四年來在國家工業化方面達到了巨大的成就。

中華人民共和國 1952 年生鐵產量比 1949 年增加了 6.5 倍，鋼的生產量增加了 8.4 倍，軋材增加了 7.2 倍。

五年計劃完成時，生鐵、鋼、軋材的產量比 1952 年將增加三倍。

每一年都有新的高爐、鋼軌軋製車間、鋼管軋製車間投入生產，現代金屬加工機床的產量每年都在增加。

1953 年 12 月鞍山鋼鐵公司的無縫鋼管廠、大型軋鋼廠和七號高爐已經投入生產。

這些建築的開始使用是中國冶金工業的巨大中心——鞍山鋼鐵公司——改建事業中的重要階段。

1953 年 3 月投入生產的八號爐和同年 12 月投入生產的七號爐表示着現代技術的威力。

這些爐子的一切操作，從稱料、裝料到出金屬，完全是機械化的。複雜的儀表使我們可以控制和掌握高爐的熔煉過程。

昨天的中國工人，今天變成了巨大聯合工廠的工長、工段長、車間主任和廠長。

最後需要指出，中等專業學校的學生學習金屬工藝學課程是有某些困難的。問題在於這門課程是專業課，要想掌握這門課程，必須先具有某些普通課和基礎技術課的知識，但是因為這門課程是在一年級開始學習，學生還不能够具備這些知識。

最難領會的是金屬學和熱處理部分，因為它需要物理化學基礎知識，而學生尚未

具備這些知識。

除此之外，這門課程還沒有一本完善的教科書。

我介紹布達洛夫著的“金屬工藝學”，作為金屬工藝學這門課程的主要教學參考書。

第一章 煉鐵

第二課 煉鐵用的原材料

鐵 礦

自然界中，化學上的純鐵只能從宇宙空間落到我們這個行星上的隕石中發現。在地殼中，由於鐵具有和其他元素化合的能力，純鐵是遇不到的。

我們所遇到的鐵多半是一種氧化物。在地殼中，鐵的氧化物與其他元素，如矽、鋁、鎂、鈣、鎢等的氧化物蘊藏在一起，形成岩石。

含鐵的岩石叫作鐵礦。

鐵礦中其他元素的氧化物叫作廢石。

黑色冶金的任務是從礦石中提煉鐵，也就是使鐵脫氧並與廢石分離。從礦石中提煉金屬時，應用了各種不同的化學過程和物理化學過程。

為了使鐵和氧分離，必須找到一種元素，它與氧的親和力比鐵與氧的親和力更大。在化學上使金屬和氧分離的過程叫作還原過程，而從金屬的氧化物中奪取氧的元素叫作還原劑。在工程上從礦石中還原鐵時用碳作還原劑。

為了產生還原過程，只有還原劑還不够，還必須創造使還原過程能夠順利進行的高溫條件。工程上用的還原劑同時又是燃料，燃料既能保證還原過程進行的條件，又能保證還原過程。

鐵還原之後，應使它與廢石分離。廢石是難還原的金屬氧化物（ SiO_2 ， Al_2O_3 等），而且很難熔化，也就是說要在比鐵熔化的溫度高得很多時才能熔化。因此，為了使廢石與主要金屬——鐵分離，必須使廢石容易熔化。

從物理化學上可以知道，合金中含的品種（元素、元素的化合物）越多，這種合金的熔點愈低。

若是在含鐵的氧化物和廢石的礦石中，添加一種與廢石共同參與化學反應的特殊物質，那末這樣形成的結合物在較低的溫度下就能熔化了，即是說變成了易熔化的物質。

液體狀態的鐵和廢石的比重不同，鐵較重，廢石較輕，鐵下沉，廢石上昇。在這種狀況下就不難使廢石與鐵分離，即通過上口把熔化的廢石放出，然後再通過下口把熔化的液體金屬放出。

由於加入一些特殊物質而熔化了廢石，在冶金學上叫作爐渣，而促使造成爐渣的物質叫作熔劑。

在現代工業的條件下，從礦石中還原鐵的過程在特殊的豎爐中進行，這種爐子叫

作高爐。在這種爐子中，已還原的鐵在高溫條件下溶解有大量的碳。這種含碳量為2~5%的鐵碳合金，工程上叫作生鐵。

因此，在高爐中熔煉礦石，就可直接得到生鐵。

在高爐中煉鐵需要以下的主要原材料：

1. 鐵礦。

2. 燃料——保證還原過程的條件和還原過程。

3. 熔劑——供廢石造渣和使主要金屬(生鐵)與廢石分離之用。

這一堂課我們研究煉生鐵用的主要原材料——鐵礦。

我們把含有鐵和其他元素的氧化物的岩石叫做鐵礦。在礦石中，鐵以下列氧化物的形式存在： Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 ，而 Fe_2O_3 又分為無水的和與水結合的。我們所遇到的含水氧化物多半是與水這樣結合： $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。在純氧化鐵中鐵的含量是：在 Fe_3O_4 中佔72.4%，在 Fe_2O_3 中佔70%，在含水氧化物 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 中佔59.83%。

但是，因為在礦石中，鐵的氧化物中還含有廢石，所以在礦石中鐵的含量較少。

現在我們來研究在自然界中常遇到的最重要的鐵礦。

1. 磁鐵礦 在這種礦石中，鐵以 Fe_3O_4 化合物的形式存在。這種礦石的含鐵量為40%到70%。

2. 赤鐵礦 在這種礦石中，鐵以無水氧化物 Fe_2O_3 的形式存在。在這種礦石中，鐵的含量是30%到65%。

3. 褐鐵礦 在這種礦石中，鐵以含水氧化物 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在。在這種礦石中，鐵的含量是20~58%。

4. 菱鐵礦 在這種礦石中，鐵以碳酸鹽 FeCO_3 的形式存在。化學上的純菱鐵礦，含有48.2%的鐵。有廢石存在時，這種鐵礦含20~40%的鐵。

鐵礦按礦石中含鐵量的不同分成貧礦和富礦。通常把含鐵多於55%的鐵礦稱為富礦，少於45%的鐵礦稱為貧礦。

按化學成分，礦石分為酸性礦、鹼性礦和中性礦。廢石主要是矽石(SiO_2)的礦石叫作酸性礦；廢石主要是含鈣和鎂氧化物(CaO 、 MgO 、 Al_2O_3)的礦石叫作鹼性礦；廢石一半是由酸性氧化物、一半是由鹼性氧化物組成的礦石叫作中性礦。

礦石在高爐中熔煉時，其質量決定於下列各因素：

1. 礦石中鐵的含量。

2. 礦石的還原性。按照礦石的還原性可排成下列次序：褐鐵礦最容易還原；其次是赤鐵礦，最後是磁鐵礦。磁鐵礦按其還原性是處於最後的地位。

3. 礦石的孔隙度。礦石的孔隙度與還原性有密切的關係，礦石塊的孔隙越多，它的還原性愈好。磁鐵礦是最緊密的礦石，因此它的還原性不好。褐鐵礦在大多數的情況下具有大量孔隙。

4. 礦石的化學成分。實際上我們用的礦石多半是含矽石的酸性礦。所有的礦石中都含有矽石，但是含量不同。礦石中矽石的含量多於16%時，使爐渣增多，而降低礦

石的質量。

礦石中如含大量氧化鋁(18~20%),則使爐渣具有黏性,結果也降低礦石的質量。

為使高爐正常工作,在廢石的成分中,矽石和氧化鋁的比例必須接近它們在正常高爐爐渣中的比例, $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ 的比例大約是3:1。

例如:蘇聯科爾琴礦石的化學成分是:42.2%Fe,16% SiO_2 ,6.35% Al_2O_3 。該礦石熔煉後的高爐爐渣是:33% SiO_2 ,12% Al_2O_3 ,43% CaO 。在這種礦石和爐渣中 $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ 的比例大致相同。

5.礦石中的有害雜質:硫和磷。礦石中這些雜質的含量必須是極少的。礦石中如含大量硫、磷會造成熔劑和燃料的額外消耗。除此之外,大量的硫、磷會大大降低生鐵的質量,而使生鐵不適合用來煉鋼。

6.礦石塊的大小。裝入高爐的大塊礦石較難還原,小塊礦石(粉狀)又會破壞高爐工作的正確進行——阻礙爐氣通行,而且會使大量礦石隨爐氣一起逸出,結果降低了高爐的生產率。為使高爐工作正確進行,礦石塊的斷面應為30公厘到100公厘。

礦石在地殼中的埋藏深度,礦石附近是否有燃料資源,是確定熔煉生鐵成本的主要經濟特徵。

中華人民共和國鐵礦的主要產地及其特徵。

中華人民共和國鐵礦的主要產地是:

鞍山——赤鐵礦、磁鐵礦、菱鐵礦;

龍煙——赤鐵礦;

大冶——赤鐵礦和磁鐵礦;

白山——赤鐵礦。

冶煉前礦石的處理

根據對礦石的要求,礦石在高爐中熔煉前應作適當的處理。

1.按化學成分把礦石分類 礦石中的化學成分決定了應用熔劑的質量和數量。酸性礦石須用鹼性熔劑,鹼性礦石須用酸性熔劑。中性礦石在某些情況下可以不用熔劑。

在高爐中熔煉的礦石主要是酸性礦,但其中矽石(SiO_2)的含量不同。礦石中的矽石量決定了所需熔劑的數量,而增加熔劑就要增加燃料,因此為了正確的組織高爐工作,應把礦石按化學成分分類。

2.選礦 選礦的實質就是去掉礦石中的廢石。廢石是沒用的渣子,它降低高爐的生產率,增加燃料和熔劑的消耗,致使生鐵的成本提高。對於不同的礦石,採用不同的選礦法。

有下列主要的選礦方法:a.濕選;b.磁選;c.礦石的焙燒。

濕選用於含黏土岩和砂岩的礦石。濕選就是用水沖洗礦石。

濕選是在專用的機器——洗礦機中進行。礦石塊大於75公厘時,在桶式洗礦機

中進行洗礦；礦石塊小於 75 公厘時，則在槽式洗礦機中進行洗礦。在這兩種以及其他的機器中，礦石受到水和設備的機械部分的作用，即被破碎和沖洗。由於在機器中濕選的結果，礦石中的黏土和砂礫的含量大大減少，因為它們同水一起從礦石中分離出去了。

洗礦機的生產率每小時是 25~150 噸。

磁選——主要應用於磁鐵礦。磁力選礦的實質是使碎礦通過磁力很强的磁場，含有鐵的礦石塊被吸在磁場中，不具有磁性的廢石則不被吸引而分離了。磁性很强的礦石在桶式選礦機中進行，中等磁性的礦石在帶式磁力選礦機中進行。桶式選礦機的生產率每小時是 20~30 噸，帶式選礦機的生產率每小時是 18~23 噸。

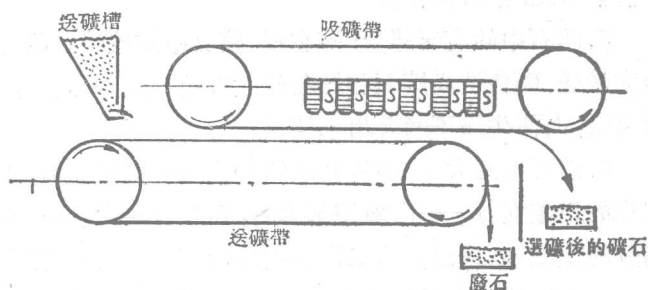


圖 1 帶式磁力選礦機簡圖

帶式磁力選礦機的構造很簡單，如圖 1 所示，它是由兩個帶——上帶（吸礦帶）和下帶（送礦帶）組成的。要選礦的碎礦石經過漏斗落到下帶上，在下帶的上邊（即在上帶的中間）安裝有一排電磁鐵，磁性礦塊沿下帶移動到達磁場中時，便被吸到上帶去，而沒有磁性的廢石塊，就仍然留在下帶上。

礦石的焙燒。褐鐵礦（ $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）選礦時採用這種方法。在這種礦石中，含 14.43% 的結晶水。褐鐵礦焙燒的目的是去掉礦石中的結晶水和鬆碎礦石。礦石的焙燒在 400~500°C 時進行。提高焙燒的溫度會使褐鐵礦的還原性變弱。

在焙燒時，除了去掉結晶水以外，還要去掉吸收的水分。對於硫化赤鐵礦和菱鐵礦也應用礦石的焙燒。對於赤鐵礦來說，是爲了去掉礦石中的硫；對於菱鐵礦來說，是爲了解解鐵的碳酸鹽，使鐵礦和二氧化碳分離。

若是菱鐵礦不經焙燒便在高爐中熔煉，那麼在菱鐵礦分解時，高爐中二氧化碳（ CO_2 ）量增多，結果破壞高爐工作的正常進行。

磁鐵礦和菱鐵礦的焙燒是在專用的焙燒爐中進行。爐子的溫度是 800~1000°C。

3. 破碎礦石和按礦塊大小把礦石分類 裝入爐中的礦石塊應有一定的尺寸。斷面大於 100 公厘的礦塊不許裝入爐中，而要先行破碎。

粉狀的碎礦也不許裝入爐中。不論大塊礦石還是粉狀礦石都會障礙高爐熔煉過程的進行。根據這種情況，就要按礦石塊的大小把礦石分類，也要把大塊破碎和粉礦燒結。

若是礦石不需要選礦，那麼在把礦石分類之後，大塊礦石在專用的顎式碎礦機和錐形碎礦機中破碎成斷面爲 100~30 公厘大小的礦石塊。

如果礦石需要選礦，那麼根據選礦的方法把礦石破碎成斷面爲 6 公厘大小的和



小於1公厘的礦石塊。

4. 燒結——粉狀礦石的燒結 把粉狀的和破碎過的礦石與燃料（3到5公厘的顆粒）和爐灰混合，進行燒結。這種混合物中的燃料使溫度增至1100~1200°C，有時達1400°C，在這個溫度下，鐵的氧化物一部分還原成氧化鐵 FeO ，這種氧化鐵與矽石（ SiO_2 ）化合形成熔渣（ Fe_2SiO_4 ）。這種熔渣是一種黏結着碎礦的黏結物。

礦石在燒結後有很好的孔隙度和還原性。在高爐中熔煉已燒結過的礦石，可以大大提高爐子的生產率，降低煉鐵燃料的消耗量。

現代煉鐵規定必須進行熔煉前的礦石處理，熔煉前礦石處理的費用完全可以得到補償的。用處理過的礦石煉鐵，不但提高了高爐的生產率，同時也降低了生鐵的成本。

第三課 煉鐵用的燃料和熔劑

我們在上一課熟悉了鐵礦，熟悉了它們的簡單特徵，以及對鐵礦的要求和礦石在高爐中熔煉前的處理方法。在那一課裏也曾指出，煉鐵時除了礦石之外，還需要燃料和熔劑。

燃 料

燃料在冶金中起着特殊的作用，用燃料可以在爐中造成使鐵的氧化物還原為鐵所必需的高溫。由於燃料在風嘴附近燃燒成二氧化碳，在爐缸中有高溫和赤熱的碳，於是就有一氧化碳形成。



一氧化碳是鐵的很好的還原劑，在400~700°C的溫度區內，形成固體原子碳： $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ 原子。

固體原子碳也是還原劑。

因而燃燒時的碳完全保證了高爐中還原過程的一切條件。

高爐中鐵的還原，用的是一氧化碳和固體原子碳，這兩種東西都是燃料燃燒的產物。

我們可以把燃料了解為含碳、氧、氫、硫、灰分和水分有機物和礦物。

燃料有固體的、液體的和氣體的。燃料在燃燒時發出熱來。1公斤固體或液體燃料，或者1立方公尺氣體燃料燃燒時發出的熱量，叫做發熱量。

在高爐熔煉過程中只用固體燃料。

裝入高爐中的燃料必須滿足下列的要求：

1. 發熱量高。

2. 有足够的強度——高爐的有效高度為27~28公尺時，如果燃料的強度不够，由於料柱的壓力作用，就會造成爐內下層燃料的破碎。

破碎成粉的燃料影響燃燒過程和爐子工作的進行。

3. 灰分要少——燃料的灰分多需用過量的熔劑來使灰分造渣。

4. 水分要少——水分多既影響還原過程，又影響燃料的消耗。水分多，消耗的燃料也多，因而提高了生鐵的價格。燃料有過多的灰分和水分就要降低它的發熱量。

5. 揮發物(苯、甲苯、駢苯(萘)、阿母尼亞、硫酸銨、油、焦油)不多。

大量揮發物對高爐工作有害。揮發物促使爐料燒結，燒結的爐料使煤氣難於透過，在某種情況下可能使高爐的熔煉過程發生故障。

6. 孔隙度好。燃料的孔隙可使空氣容易透過，保證燃料的充分燃燒，這是高爐煉鐵過程所必需的。

7. 有害雜質硫、磷的含量要最少。這些雜質差不多完全進入生鐵中，而從生鐵中去掉這些雜質，需要大量的熔劑(石灰石)和比高爐正常熔煉更高的溫度。在應用含有雜質(硫及磷)的燃料時，生鐵的成本就會提高，並且使生鐵的質量降低。

若是生鐵中含有很多的硫和磷，它就會變成沒用的東西了。

自有黑色冶金開始，煉熟鐵及以後煉生鐵，都是用木炭作燃料。

不通空氣而把木材加熱到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，便得到了木炭。

木炭燃料有下列特徵：

1. 發熱量—— $7500\sim 8500$ 仟卡/公斤；

2. 灰分—— $0.5\sim 2.5\%$ ；

3. 強度——順紋是 140 公斤/公分²，橫紋是 12 公斤/公分²(壓碎的強度)；

4. 水分—— $3\sim 5\%$ ，有時可達 10% ，甚至更多些；

5. 含有揮發物；

6. 有害雜質——在木炭中硫量微少，故不計算，磷為 $0.01\sim 0.017\%$ ；

7. 孔隙度(空隙的百分比)—— $73\sim 85\%$ 。

上述木炭的特徵說明：木炭這種燃料，除了強度外，都符合於煉鐵用燃料的一切要求。

用木炭煉得的生鐵是優質的生鐵，有害雜質硫、磷的含量極少。

高爐中應用強度不夠的木炭曾阻礙了高爐熔煉過程的發展。

木炭只能用於容量為 $200\sim 300$ 立方公尺的高爐。

從十八世紀開始採用焦炭作為煉鐵用的燃料。焦炭在高爐中的應用增加了爐子的容積，最初達到 600 立方公尺，以後更多些。目前中華人民共和國現有爐子的有效容積是 1000 立方公尺，而蘇聯是 1300 立方公尺。大型高爐和巨型高爐的應用，差不多完全不用木炭作燃料。現在只在那些有舊式爐子和有大量森林的地方才應用木炭。新建的高爐都採用焦炭作燃料。

焦炭是不通入空氣將煙煤乾蒸溜的產物。

煙煤的煉焦過程是把煤打碎成小於 6 公厘的顆粒，打碎的煤進行富選(去掉灰分)，裝入煉焦爐中。把煤裝入爐子之後，將爐嚴密地封閉起來，加熱到 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。

在這個溫度下，不通入空氣，從煤中開始分泌出揮發物：苯、甲苯、駢苯(萘)、阿母