

高等学校教学用书



专业炼钢学

第一册

炼钢的物理化学基础
及转炉炼钢

北京钢铁工业学院炼钢教研组 编著

冶金工业出版社

高等学校教学用书

专业炼钢学

第一册

炼钢的物理化学基础及转炉炼钢

北京钢铁工业学院炼钢教研组编著

冶金工业出版社

專業煉鋼學 第一冊

北京鋼鐵工業學院煉鋼教研組 編著
冶金工業出版社出版（北京市燈市口甲45號）
北京市書刊出版業營業許可証出字第093號
北京五三五工廠印刷 新華書店發行

— * —

1959年9月第一版

1959年9月北京第一次印刷

印數2520冊

開本850×1168·1/32·51萬字·印張18 $\frac{1}{2}$ ·插頁16

— * —

統一書號 15062·1838 定價2.20元

谨以本书向伟大的国庆十周年献礼

出版者的話

專業煉鋼學共分三冊出版。第一冊敘述煉鋼的物理化學基礎及轉爐煉鋼；第二冊敘述平爐煉鋼及鑄錠；第三冊敘述平爐熱工、平爐構造及其車間布置。

本書是專業煉鋼學的第一冊，系北京鋼鐵工業學院煉鋼教研室教師和該專業學生共同編寫的。全書闡述了煉鋼的物理化學基礎和轉爐煉鋼這兩大部分的理論及實踐。有關理論部分的闡述比較好地作到了深入淺出、聯繫實際和反映國內外研究和實踐的現狀。在轉爐煉鋼部份，作者着重對我國在側吹轉爐煉鋼方面歷年來積累的豐富經驗做了系統的整理、論述和探討。

本書除可供高等學校鋼鐵冶金專業的教學用書外，對於轉爐工作者也有裨益。

我們希望使用這一書籍的教師、學生、煉鋼工作者，能對本書廣泛提出意見，以便改進充實，使之逐步成為完全滿足教學要求的教材。

目 录

前 言	6
緒 論	8
1 煉鋼学的对象和任务	8
2 鋼鉄生产的历史發展阶段	11
3 現代鋼鉄工业的發展	17
4 近代矿石直接还原法	17
5 我国鋼鉄工业的历史和現狀	23

煉鋼的物理化学基础

第一章 煉鋼有关的物理化学定律	27
§1 热力学函数	28
§2 熔液理論	30
§3 化学热力学	35
§4 化学动力学	42
第二章 鋼液的物理化学性質	51
§1 液态鉄的溶解能力	52
§2 气体在鉄液中的溶解度	53
§3 鋼液的粘度	58
§4 鋼液的表面張力	66
第三章 煉鋼爐渣	73
§1 爐渣分子学說	75
§2 爐渣的碱度	76
§3 爐渣的氧化能力	79
§4 酸性渣与碱性渣的相圖	81
§5 爐渣的粘度	85
§6 液态爐渣的离子学說	87
§7 离子学說在煉鋼反应上的应用	91

第四章 煉鋼的基本反應	97
§1 氧化物的分解壓.....	97
§2 碲的氧化和還原.....	104
§3 錳的氧化和還原.....	106
§4 碳氧反應.....	109
第五章 脫硫	116
§1 硫在金屬、爐渣和氣相之間的平衡.....	117
§2 金屬成分對脫硫的影響.....	119
§3 爐渣成分對脫硫的影響.....	120
§4 爐渣離子學說在脫硫反應上的應用.....	123
§5 溫度對脫硫的影響.....	126
§6 渣量對脫硫的影響.....	126
第六章 脫磷	128
§1 磷氧化反應的平衡條件.....	128
§2 爐渣成分對脫磷反應的影響.....	137
§3 溫度對脫磷反應的影響.....	142
§4 爐料含磷量與爐渣數量對脫磷反應的影響.....	143
第七章 脫氧	145
§1 各元素的脫氧能力.....	147
§2 脫氧反應生成物的形成過程和去除條件.....	154
§3 擴散脫氧法.....	159
§4 真空下的脫氧.....	160
§5 脫氧元素與硫、氮的相互作用.....	161

轉 爐 煉 鋼

底吹轉爐煉鋼法

第八章 底吹酸性轉爐煉鋼法（貝塞麥法）	169
§1 底吹酸性轉爐煉鋼法的發明與發展史.....	169
§2 底吹酸性轉爐煉鋼法吹煉過程概述.....	171
§3 貝塞麥生鐵.....	177
§4 底吹酸性轉爐煉鋼法的各種類型.....	180

§5	底吹酸性轉爐煉鋼法的現狀	185
第九章	底吹碱性轉爐煉鋼法（托馬斯法）	191
§1	底吹碱性轉爐煉鋼法的發明与發展史	191
§2	底吹碱性轉爐煉鋼法的吹煉过程	193
§3	采用不同成分生鐵的吹煉	199
§4	托馬斯煉鋼法去磷原理	207
§5	吹煉过程中金屬熔池中含氮量的变化	211
§6	底吹碱性轉爐煉鋼法的現狀	213
§7	底吹轉爐鋼的質量及其用途	220
第十章	底吹轉爐的构造	227

側吹轉爐煉鋼法

第十一章	側吹酸性轉爐煉鋼法	241
§1	側吹酸性轉爐煉鋼法的冶煉特点	242
§2	側吹酸性轉爐煉鋼法的操作类型	244
第十二章	側吹碱性轉爐煉鋼法	251
§1	原料	252
§2	吹煉操作	262
§3	不同成分鉄水吹煉的具体实例	268
§4	沸騰鋼及各种低碳優質鋼的生产，富氧吹煉	286
§5	側吹碱性轉爐鋼的脫氧和鋼的質量	293
第十三章	轉爐——电爐混合煉鋼，含釩生鐵的吹煉	304
§1	轉爐——电爐混合煉鋼	304
§2	含釩生鐵之吹煉及綜合利用問題	314
第十四章	側吹轉爐构造及其主要設備	324
§1	側吹碱性轉爐构造	324
§2	轉爐主要尺寸的決定	325
§3	轉爐金屬部件的結構	338
§4	轉爐傾动設備	347
§5	轉爐鼓風設備	349
第十五章	側吹轉爐爐襯	355
I	側吹碱性轉爐爐襯	355

§1	白云石及粘結剂(焦油、瀝青)的性能	356
§2	鎂砂及粘結剂的性能	366
§3	側吹碱性轉爐爐襯磚的制作工艺	371
§4	砌磚、烘爐和爐襯維護	378
§5	側吹碱性轉爐爐襯的損坏情况	383
II	側吹酸性轉爐爐襯	387
§6	側吹酸性轉爐爐襯的制作工艺	388
§7	烘爐	392
§8	側吹酸性轉爐爐襯損坏原因	392

氧气轉爐煉鋼法

第十六章	純氧頂吹轉爐煉鋼法	396
§1	純氧頂吹轉爐煉鋼法的發展史	396
§2	純氧頂吹轉爐構造及噴咀設備	397
§3	冶煉过程	400
§4	物料平衡、热平衡与烟塵損失	413
§5	鋼的質量	416
§6	純氧頂吹法的主要优缺点和远景	417
第十七章	純氧旋轉爐煉鋼法	420
§1	傾斜式旋轉爐煉鋼法	420
§2	臥式旋轉爐煉鋼法	428

轉爐車間用化鉄爐

第十八章	化鉄爐熔冶操作	439
§1	原料	439
§2	化鉄爐熔冶原理	443
§3	酸性化鉄爐操作	466
§4	热風碱性化鉄爐操作	475
第十九章	化鉄爐構造与計算	491
§1	化鉄爐構造	491
§2	化鉄爐計算	505

轉 爐 煉 鋼 車 間

第二十章 轉爐車間布置及其工作	516
§1 轉爐車間概述	516
§2 側吹轉爐車間	517
§3 轉爐——電爐混合煉鋼車間	529
§4 底吹轉爐車間	533
§5 純氧頂吹轉爐 (LD) 煉鋼車間	547
§6 轉爐車間的工作組織和技術經濟指標	553
第二十一章 轉爐煉鋼過程的控制和自動化	559
§1 吹煉終点的控制	560
§2 吹煉過程中溫度的測定	571
§3 吹煉角度的控制	579

前 言

1958年是我国人民在党的领导下进行史无前例的大跃进的一年，根据党的“以钢为纲，全民跃进”和“两条腿走路”的方针，使我国的钢铁工业有了飞跃的发展，而侧吹碱性转炉几乎已遍布全国各地。与此同时，在教育方面党又提出了“教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合”的方针。在贯彻党的无产阶级教育方针中，我校师生也和全国各校一样，取得了巨大的成就。为了总结解放以来（特别是1958年大跃进以来）我国侧吹转炉丰富的生产实践，同时也为培养未来的冶金工作者，因此我们在思想解放的基础上，决定师生合作，试图写一本理论联系实际的、有一定理论水平的、同时又反映世界先进技术水平的教材。本书共分如下五个主要部份：（一）炼钢的物理化学基础；（二）底吹转炉炼钢法；（三）侧吹转炉炼钢法；（四）炼钢用化铁炉；（五）纯氧转炉炼钢法。参加本书编著校阅工作的有炼钢教研组的谢家兰教授、董履仁、曲英、唐仲和、王弘毅、陈良绪、刘越生、周荣章、严友梅、万天骥、张绪鏖等教师，和1959班的炼钢专业王钊宗、李君慧、黄兆麟、郑国振、梁英生、詹纪华、刘德邦、申軫辽等12名同学；还有其他一些同学也参加了资料的收集工作。

本书的编写过程始终在我院冶金系党总支的直接领导和支持下进行，并不断地与各种保守思想作不调和的斗争，这是我们之所以能按期完成此书的重要保证。

在本书编写过程中还得到了冶金工业部余景生同志的指教；唐山钢厂和上海钢铁公司大力供给了我们必需的图纸和技术资料，唐山钢厂的萧来潮等同志和上海钢铁公司的薛宜达、徐基乾等同志和上海设计院对本书的内容和编排上提出了极其

寶貴有益的意見。

本書的物理化學原理部份得到了魏壽崑教授的屢次校閱，側吹轉爐部份得到林宗彩教授的審閱，並提出了許多寶貴意見，書中的“耐火材料”章曾經過鋼鐵研究院的耐火材料室和本校陳鴻復同志的審查，“轉爐自動控制”一章還得到鋼鐵研究院物理組同志的審查。我們一併在此向以上提到的各個工廠、單位和各位同志致以衷心的感謝。

由於我們理論水平的限制和生產實踐知識的缺乏，本書在內容或一些論點上難免有錯誤和不確切之處，深切期待得到國內各界的批評和指正，以期在將來再版時修正。

北京鋼鐵工業學院煉鋼教研組

一九五九年八月

緒 論

1. 煉鋼学的对象和任务

煉鋼学是研究鋼生产的科学，它研究煉鋼工艺过程的物理化学本質、煉鋼設備构造和車間布置以及它們的工作条件。

現在人类最常用的金屬是鋼鉄，它們都是鉄碳合金。在理論上，人們根据鉄碳平衡圖上的数据来区分鋼、熟鉄和生鉄。

熟鉄（鉄）是含碳 $\leq 0.025\%C$ 的鉄碳合金。

鋼是含碳由 0.025% 到 $2.0\%C$ 的鉄碳合金。

生鉄是含碳 2.0% 以上的鉄碳合金；煉鋼所用的生鉄一般在 $3.5-4.5\%C$ 範圍內。

由于含碳量不同，它們的物理机械性能也各不相同。特別突出地表现在淬火性能上。

鋼在加热或冷却时能够改变它的內部組織，因而改变它的机械性能，而熟鉄則不可能。在实用上常以此来划分熟鉄和鋼，从 $0.15\%C$ 开始合金才具有淬火能力，所以鋼的含碳量規定在 0.15% 以上。

鋼具有良好的塑性，可以鍛造或軋制。鋼在熔化时先成为半熔体，然后才成为液体。生鉄的熔化則是突变的，所以生鉄的鑄造性能很好。熟鉄具有良好的塑性和非常好的焊接性能。

为了表示含碳量不同的合金性能不同，作成表1。

生鉄、鋼和熟鉄的成分如表2所示。

由表中的数据可知，煉鋼过程的基本任务就是把生鉄中的碳氧化到規定範圍之內。脫碳反应虽然非常重要，但并不是煉鋼过程的唯一任务。除去金屬中的有害雜質——磷、硫以及气体和非金屬夹杂也是非常重要的任务，因为鋼中含有这些物質較多时，严重地降低了鋼的物理机械性能。

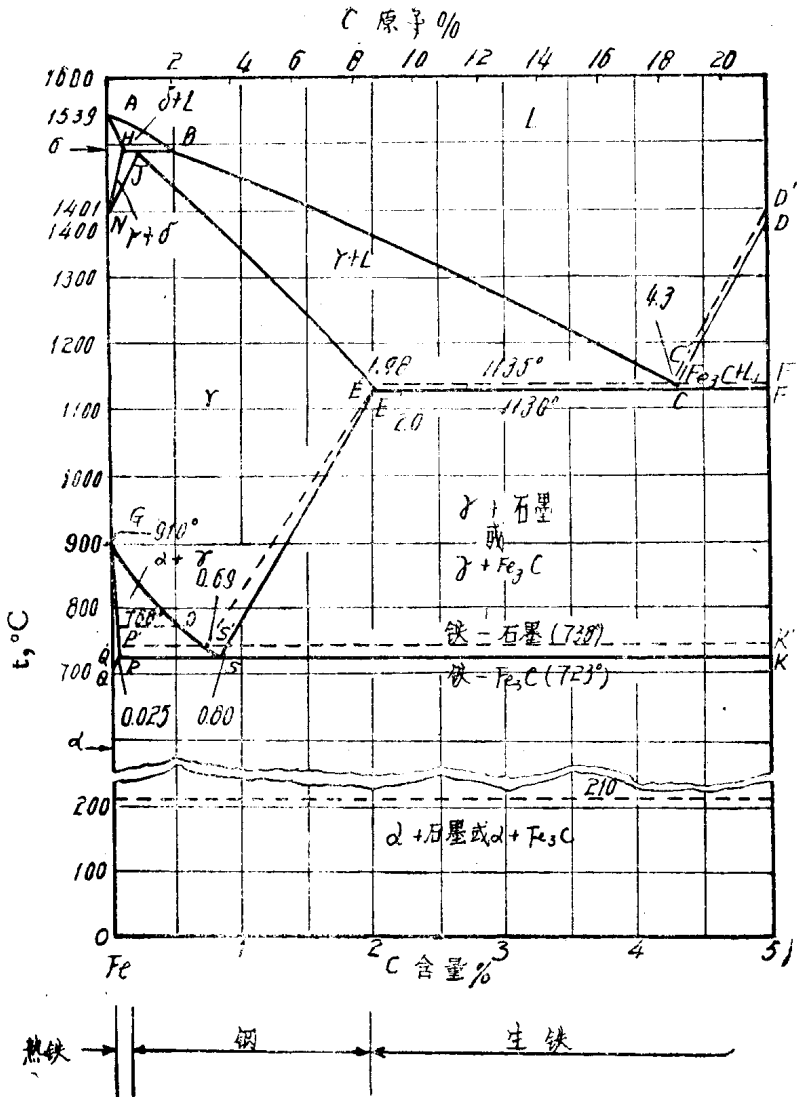


圖1 鋼、熟鐵、生鐵的區別

表 1

熟鐵、鋼和生鐵的性能比較

	性 能	黑 色 金 屬		
		熟 鐵	鋼	生 鐵
1	含碳量	0—0.15%	0.15—2.0%	3.5—4.5%
2	熔化点	1530°	1450—1500°	—1100°
3	高温塑性和低温塑性	好	适 中	不 好
4	焊接性能	較 好	好	不 好
5	机械性能	适 中	好	不 好
6	鑄造性能	不 好	适 中	好

表 2

煉鋼生鐵、鋼和熟鐵的化学成分

	C	Mn	Si	P	S
煉鋼生鐵	3.5—4.5	0.5—1.8	0.6—1.5	<0.30	<0.06
鎮靜鋼	0.35—1.4	0.6—0.7	0.2—0.25	<0.03	<0.04
沸騰鋼	0.1—0.2	0.35—0.45	痕 迹	<0.03	<0.03
熟 鐵	0.03	0.15	痕 迹	<0.028	<0.03

由于煉鋼过程的氧化特性，不可避免地在冶煉結束时使鋼水含有过多的氧。鋼中氧含量高，也会降低它的机械性能，例如造成鋼的冷脆。因此，除了氧化去除碳和其他杂质以外，煉鋼过程末期的另一个重要任务是最大可能的除去鋼中的氧。这个操作称为脱氧。

这样，鋼越純淨，化学成分越均匀，質量就越高。

煉鋼过程的任务不仅是去除有害的杂质，而在某些时候也常要加入一些元素以提高鋼的物理机械性能，这就是煉合金鋼的目的。必須強調指出，現在合金鋼的用量和合金元素的种类都已在不断地扩大。到 1957 年止，我国已能生产 372 种鋼。

在有些情况下必須用許多不同性質的原料来煉鋼，这就要求采用不同的煉鋼工艺操作。例如用高磷生鐵或含鈳鉻原料煉

鋼，就是这样的例子。

可以看出，对煉鋼生产的要求是很高很复杂的，这些只有創造特殊的方法并在特殊的煉鋼設備中才能实现。为了更好的利用这些設備，就必须研究它們的构造、工作条件（如流体力学、傳热等），并創造新的煉鋼設備，这也是煉鋼学的任务之一。

2. 鋼鉄生产的历史發展阶段

人类为了向自然进行斗争，必須不断改进自己的劳动工具。制造工具需要各种不同的材料，因此在人类历史上对于材料的需要和要求也就日益扩大和逐步提高起来。

最早的劳动工具是天然材料——石头制造的，之后才会利用人工材料——青銅制造工具，因此人类历史上这一段漫长的年代，便相应地叫做石器时代与青銅时代。之后，便轉入了以鉄为主要材料的历史时代——鉄器时代。恩格斯对鉄的作用給予了很高的评价，說“它是在历史上起了革命作用的各种原料当中的最后者和最重要者。”（馬恩文选第二卷 309 頁）。到今天为止，鋼鉄仍然是制造人类劳动工具的最主要材料。

为什么鋼鉄在人类历史上占有这么重要的地位呢？这首先因为鋼鉄有很高的物理机械性能。例如碳素鋼的强度为銅的 30 倍，鋁的 20 倍；而合金鋼的强度还要高得多。鋼鉄还可以具备各种特殊的性能如耐热、抗酸、抗磁或透磁等。因此，它能够滿足現代机械和設備对它的各种要求。

第二，鉄在地壳中占有相当大的比例，而且成集中而巨大的鉄矿存在，这就有利于开采和加工。地壳中几种主要金屬元素：鋁的平均含量为 8.80%；鉄为 5.10%；鈣为 3.60%；鎂为 2.10%。但鋁、鎂、鈣大都是分散存在着，很少成为巨大的矿床，提煉它們也較困难。而大鉄矿在世界上却很多，鉄矿石的还原也不困难，因此鉄的成本比其他金屬要低得多。

因此，鋼鉄便成为人类生活中所不可缺少的金屬。可以这

样說，鋼鐵工业是一切工业的基础，国民經济的任何部門的發展都离不开鋼鐵工业。

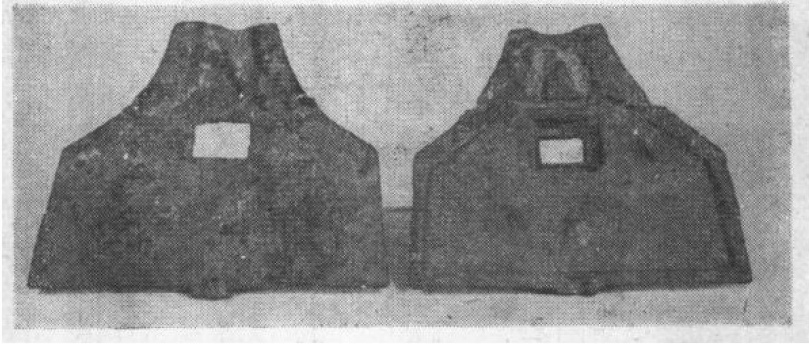


圖 2 战国时代的鉄質鑄模

人类用鉄的历史已經很久远了。最早的煉鉄遗迹在埃及發現，这些遗迹属于紀元前 1500 年以前的时期。印度德里保存下来的約 8 米長的古代鉄柱，也已有 2000 多年的历史。中国也是世界上冶金的起源地之一，根据地下發掘的材料証明，中国在战国时代（紀元前 403 年到 222 年）就广泛使用了鑄鉄器具，說明这时中国的煉鉄技术已發展到較高的阶段，而根据古代文献的記載，我国用鉄的开始还远在战国之前，例如詩經中就有关于鉄的文字。由于战国以前的鉄器还未發掘到，准确的年代暂时还不能确定。但中国是用鉄最早的国家之一，这是肯定无疑的。

原始煉鉄的方法是極为簡單的。沒有固定的爐子，在山坡上挖个坑，里面一層層地放上木炭和矿石，点火后，燒紅的木炭就把矿石中的鉄还原出来。由于爐子温度很低，生成的鉄不能熔化；小顆粒的鉄集成海棉状的鉄团，其中并混有相当多的氧化鉄渣，这种东西称为毛鉄。毛鉄含碳極少，所以塑性較高，經過鍛打可以造成器具。然而这种方法的生产率極低，消耗的矿石和燃料很多，所以鉄在古代是很貴重的物品。