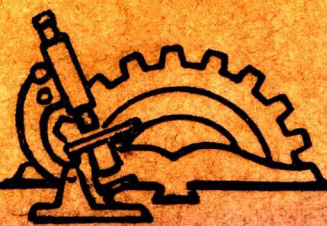


高等学校試用教科書



金属工艺学

JINSHU GONGYIXUE

南京工学院金属工艺学教研组编

人民教育出版社

高等学校試用教科書



金 屬 工 艺 学

JINSHU GONGYIXUE

南京工学院金屬工艺学教研組編

人 民 教 育 出 版 社

本书系南京工学院金属工艺学教研组教师集体编写的，可作为高等工业学校非机械制造类专业“金属工艺学”课程的试用教科书。

本书内容包括六章：第一章为金属的冶炼，在本章中简要地叙述了生铁、铜、铝的冶炼过程；第二章为金属学，在本章中简要地叙述了常用金属及合金的组织性质及热处理方法；第三章为铸造生产，在本章中简要地叙述了铸造生产过程及铸件设计的工艺性；第四章为压力加工，在本章中简要地叙述了各种压力加工的基本方法；第五章为焊接，在本章中简要地叙述了各种主要的焊接方法及焊接构件设计时应注意的事项；第六章为切削加工，在本章中简要地叙述了各种切削加工方法及基本的钳工工作法。

本书不仅可作为非机械制造类各专业的试用教科书，同时也可作为中等专业学校及有关工程技术人员的参考书。

金 属 工 艺 学

南京工学院金属工艺学教研组编

人民教育出版社出版 高等学校教学用书编辑组
北京宣武门内承恩寺7号
(北京市书刊出版业营业许可证出字第2号)

京华印书局印装
新华书店科技发行所发行
各地新华书店经售

统一书号 15010·1030 开本 787×1092 1/16 印张 13 3/8
字数 287,000 印数 00001—21,000 定价 (7) 1.30
1961年8月第1版 1961年8月北京第1次印刷

緒 論

金屬工艺学是一門基础技术課，內容是讲授金屬及其合金的冶炼、性质和合理的加工方法。在工程技术人員的培养方面，金屬工艺学有着重要的作用。金屬工艺学可以为其他基础技术課及专业課打下必須的工艺基础。学习本課程之后，学生将初步掌握在設計机械零件时采用合理的結構、制造工艺及材料等知識。这是学习本課程的基本目的。

金屬工艺学包括冶炼、金屬学、鑄造生产、压力加工、焊接及切削加工六章。

冶炼——簡要地介紹生铁、鋼、銅及鋁的冶炼过程。

金屬学——介紹常用金屬及合金的組織、性质及热处理方法的知識。

鑄造生产——讲解关于鑄造生产的过程及鑄件設計的工艺性的問題。

压力加工——介紹各种压力加工的基本方法及鍛造、冲压件設計的工艺性。

焊接——介紹各种主要的焊接方法及焊接构件設計的注意事項。

切削加工——介紹各种切削加工方法，公差和技术測量，以及基本的鉗工工作法。

制造机械零件时可以選擇这一种工艺，也可以選擇那一种工艺，并不是一成不变的。例如生产毛坯时有时用鑄造，有时用压力加工，有时又用鑄造-焊接、或压力加工-焊接的联合加工法。工艺的选择以經濟合理（多、快、好、省）为原則。

机械制造业在国民經济中占有重要的地位。它担負着装备其他工业、农业的使命。人們常見的汽車、机車、飞机、拖拉机、鍋駝机、汽輪机、紡織机械、化工机械、建筑筑路机械及部分日用品都是在机械制造厂生产的。

金屬工艺学亦是一門古老而又年青的科学。这門科学在古代就存在了。目前由于技术飞速地发展，金屬工艺学的內容也日新月异。

人类在几千年以前就掌握了获得金屬的方法，并能把金屬加工成为猎具、工具、农具和日用品。随着技术的发展，产生了金屬工艺学，然后金屬工艺学的各部分繼續得到发展并出現了新的部分。

我們祖先在金屬冶炼和加工方面有很多光輝的創造。早在商代（公元前 1783—1122 年）便已經开始用金屬制造矢鏃、矛、刀、斧、觚、爵、銅范等生产及生活用具。在殷代已經有青銅器了。在周朝（公元前 1134—771 年）初期，我們的祖先已經使用金屬制造的农具——鑄（短鏃刀）。春秋时代（公元前 841—403 年）制铁工业已經很发达，普遍使用铁制的农具。在战国时代，当时楚、韓两国能炼鋼铁制利劍。可見这时已經掌握了鍛造技术以及渗碳、淬火等热处理技术，而欧洲到 13 世紀才开始用铁。图 0—1 为在安阳发现的司母戊鼎，据考证是商代后期的遺物。鼎高 1370 毫米，寬 755 毫米，长 1100 毫米，重 875 公斤，鼎上的花紋很精致。此鼎除了說明三千年前我国劳动人民的高度技术水平和丰富的創

造能力外，还说明当时手工业已经相当发达。图0-2为汉代铁制齿轮，在保定发现。它是用单模铸成的，直径68毫米，厚14毫米，四周有16个斜形齿，中间有贯穿方孔。

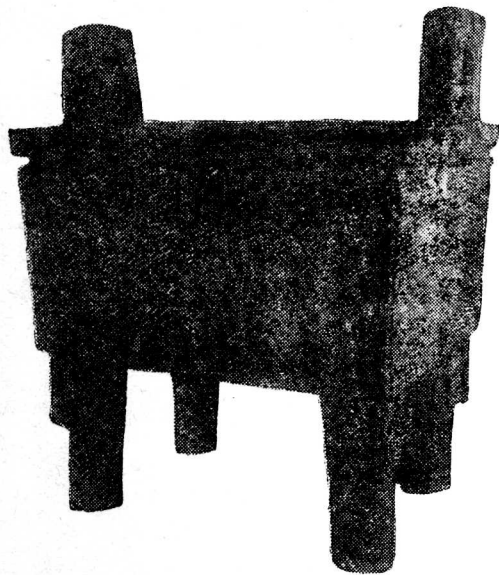


图0-1 司母戊鼎。

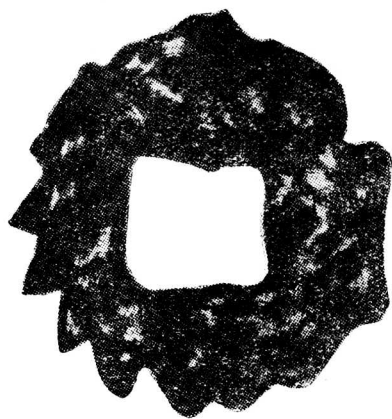


图0-2 汉代铁制齿轮。

由于中国经历了很长的封建社会时期及半殖民地半封建社会时期，使得生产力和科学的发展受到了很大的阻碍。从清末到国民党反动派统治时期，我国的钢铁工业和机械制造业的基础是异常落后和薄弱的。解放前钢铁产量最高的年份是1943年，产生铁180万吨，钢90万吨，其中绝大部分是在日本占领下的东北生产的。1949年仅产生铁25.2万吨，钢15.8万吨。机械制造方面，只有一些修理厂，绝大部分机械依靠进口。

解放以后，党领导全国人民在生产战线上做了巨大的努力，花了三年时间恢复了在长期战争中受到破坏的经济。接着执行了伟大的社会主义经济建设计划。在落后的工业和农业中进行了技术革命。兴建了包头钢铁公司、武汉钢铁公司等巨大的钢铁联合企业，以及长春汽车厂、洛阳拖拉机厂等现代化机械制造厂。国民经济得到了飞速发展，在执行第二个五年计划的头两年中就达到了五年的指标。在1960年钢的产量达到了1845万吨，钢材规格达8000种。机械制造方面，目前已能生产重型水压机、轧钢设备，大型立式车床、电脉冲加工机床等大型的或精密的产品。

在机械制造的各个部门广泛应用了先进的工艺，例如铸造方面取得了金属压铸的成就；压力加工方面推广了热轧齿轮的先进方法；焊接方面采用了电渣焊来实现毛坯制造的“化大为小、以小拼大”；热处理方面推行了快速加热；金属切削加工方面普遍采用了小机床加工大部件的“蚂蚁啃骨头”的方法。此外还应用了“积木式”机床和“组合”机床。以上这些成就都是在党的正确领导下广大职工在轰轰烈烈的技术革新和技术革命运动中创造的。

随着社会主义建设不断取得成就，金属工艺学正在不断地得到充实、丰富和发展。

目 录

緒 論.....	1	§ 3. 原材料生产.....	90
第一章 金屬的冶煉.....	1	§ 4. 无型鍛造.....	95
概述.....	1	§ 5. 模型鍛造.....	104
§ 1. 生铁的冶煉.....	1	§ 6. 冷冲压.....	109
§ 2. 鋼的冶煉.....	6	第五章 金屬的焊接.....	117
§ 3. 有色金屬的冶煉.....	14	概述.....	117
第二章 金屬学.....	18	§ 1. 电弧焊.....	118
概述.....	18	§ 2. 气焊与气割.....	129
§ 1. 金屬的結晶与构造.....	18	§ 3. 接触焊.....	135
§ 2. 合金.....	21	§ 4. 各种金屬的焊接性能.....	138
§ 3. 热处理.....	39	§ 5. 焊件的檢驗方法.....	140
§ 4. 合金鋼及有色金屬.....	46	§ 6. 焊接构件設計的某些注意事項.....	140
第三章 鑄造生产.....	53	第六章 金屬切削加工.....	142
概述.....	53	概述.....	142
§ 1. 鑄型的制造.....	54	§ 1. 金屬切削的理論基础.....	143
§ 2. 各种鑄造合金之性质、用途及 其熔化与澆注.....	71	§ 2. 公差与技术測量.....	150
§ 3. 鑄件的清理, 鑄件主要缺陷的 特征及其产生的原因.....	79	§ 3. 車削加工.....	152
§ 4. 特种鑄造.....	79	§ 4. 钻镗加工.....	164
§ 5. 鑄件設計的工艺性.....	83	§ 5. 銑削加工.....	169
第四章 压力加工.....	85	§ 6. 刨削加工.....	179
概述.....	85	§ 7. 磨削加工.....	183
§ 1. 塑性变形对金屬材料的性能及 其組織的影响.....	86	§ 8. 齿輪加工.....	188
§ 2. 金屬的加热.....	87	§ 9. 特种加工的概念.....	189
		§ 10. 零件的結構工艺性、节料性 和典型零件的机械加工.....	191
		§ 11. 鉗工.....	194

第一章 金屬的冶煉

概 述

工業用金屬可分為二大類：黑色金屬及有色金屬。

黑色金屬包括鐵及其合金(鋼)。由於鐵礦在地殼中的儲量較大，冶煉也較簡單，同時具有良好的機械性能和工藝性能，因此在工業上獲得了廣泛的應用。在全部金屬的生產中黑色金屬的生產約占 94%。

有色金屬包括除黑色金屬以外的所有金屬。有色金屬一般具有特殊的性能，用在特殊用途的地方，如銅的導電性能很好，廣泛地應用於電機工業中。

所謂冶煉就是從天然的金屬的化合物(礦石)中提煉金屬的過程。其中包括黑色金屬的冶煉(煉鐵、煉鋼)及有色金屬的冶煉(煉銅、煉鋁等)。

§1. 生鐵的冶煉

除隕石外純鐵在地殼中還未見到。鐵容易與其他元素化合，特別是與氧化合，因此鐵礦多以氧化物的形式存在。鐵礦中除鐵的氧化物外還含有其他元素的氧化物 (SiO_2 , MnO , Al_2O_3 等) 這些我們統稱為廢石。煉鐵的任務就是使鐵從鐵的氧化物中還原，並使還原出來的鐵與廢石分離。

生鐵是用礦石和其他原料(燃料、熔劑)在高爐中熔煉而成的。

1. 煉鐵原料及耐火材料

1) 鐵礦石

(1) 種類

含鐵的礦石很多，而實際上用來煉鐵的礦石只有四種，如表 1-1 所示。

表 1-1

名 稱	分 子 式	理論含鐵量 %	實際含鐵量 %	顏 色	特 性
赤 鐵 礦	Fe_2O_3	70	50—60	紅	質松易還原，冶煉方便
磁 鐵 礦	Fe_3O_4	72.4	45—70	黑	有磁性，質堅細密較難還原
菱 鐵 礦	FeCO_3	48.3	30—40	淡 黃	較易還原
褐 鐵 礦	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	60	37—55	褐色或黑色	較易還原

我國具有豐富的鐵礦資源，礦區遍布全國，其中較大的有鞍山、大冶、包頭等地。

(2) 對礦石的要求

a. 礦石的含鐵量要高 由於廢石的存在，含鐵量在很大的範圍內變動，含鐵在 45% 以上的稱為富礦，含鐵小於 45% 的稱為貧礦。貧礦必須經過選礦後才能進行熔煉。

b. 矿石的还原性要好 影响还原性的最大因素是它的孔隙度, 孔隙度愈大, 还原性愈好。褐铁矿、菱铁矿质地都較松, 易还原。磁铁矿則很难还原。

c. 有害杂质含量要少 硫及磷都是有害杂质, 要除掉这些杂质必須消耗更多的燃料与熔剂, 占去很多炉子的容积, 因此必須要少。

(3) 矿石在熔炼前的处理

a. 破碎 矿石大小必須适中, 太大难还原, 因之必須用破碎机破碎。但破碎后的块度亦不宜过小, 否則会阻碍气体的通行, 并且随着炉气逸出。一般破碎到 15—100 毫米。

貧矿則破碎到 6 毫米以下, 而后进行选矿。

b. 选矿 目的在于提高矿石含铁量, 一般用下列二种方法:

a) 湿选 用水或其他溶液使矿石中的含铁矿物与脉石分离。

b) 磁选 利用磁力分离含铁矿物与脉石。用于磁铁矿。

c. 燒結或造球 选矿后的精矿粉及矿石破碎后所得的富矿粉, 必須进行燒結或造球, 目的在于使粉矿造块, 以便于熔炼。燒結或造球是在專門的燒結机或圓盘造球机上进行的。

2) 燃料

高炉燃料应具备如下要求:

(1) 发热量高。

(2) 足够的强度, 否則在高炉中将被压碎, 而妨碍熔炼。

(3) 足够的孔隙度, 保证充分燃燒。

(4) 有害杂质硫、磷要少。

現代高炉均用焦炭为燃料。焦炭是碎烟煤在炼焦炉內隔絕空气加热到 1000—1100°C 而得到的。它的发热量为 6000—7000 大卡/公斤。其缺点为含灰分(7—13%)和含硫(0.4—1.6%)較高, 但其抗压强度可达 100 公斤/厘米², 能在高炉中支持料柱的压力而不破碎。

3) 熔剂

能促使矿石中的廢石及燃料中的灰分熔化, 并把它們从生铁中分离出去的材料称熔剂。

(1) 熔剂的作用

a. 降低脉石熔点 脉石中的 SiO_2 及 Al_2O_3 的熔点都很高, 不易熔化。加入熔剂后可生成低熔点的化合物, 造成比重較铁小的渣, 从而使脉石与生铁分离。

b. 去硫 燃料中所带来的硫会熔入铁內而影响铁的质量。現利用硫易与鈣相結合的特性, 使其結合成 CaS 而进入渣中, 从而将硫除去。

(2) 熔剂种类 熔剂的种类与数量要看矿石中廢石的成分及燃料中的灰分而定。假如廢石的性质是酸性的(如含 SiO_2), 則應該用碱性熔剂(石灰石, 白云石)。如果廢石呈碱性(如含 MgO 、 CaO 等), 則应用酸性熔剂(石英)。一般廢石多为酸性, 故常用碱性熔剂。

4) 耐火材料

金屬熔炼时, 都是在高温下进行的(高炉內局部温度可达 1800°C), 普通材料是不能承受这样高的温度的, 因此必須用耐火材料。耐火材料除了应具有很高的耐火性外, 还必須具

有抵抗液体金属、炉渣、炉气对它的侵蚀的作用，以及高温机械强度、热稳定性等。

耐火材料按其化学成分可分为酸性、碱性和中性三种。

酸性耐火材料有硅砖(含 SiO_2 94—96%)、石英砂等。

碱性耐火材料有镁砖、镁砂(含 MgO 91—94%)、白云石($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)、铬镁砖、铝镁砖等。

中性耐火材料有铬砖、高铝砖、耐火粘土砖及碳素材料等。耐火粘土砖由于产量丰富、价格便宜，因之是目前应用最广的耐火材料。耐火粘土砖的成分为 SiO_2 (50—60%)、 Al_2O_3 (42%) 及少量的 Fe_2O_3 ，按其耐火性可分为三级，甲级熔点为 1730°C ，乙级为 1670°C ，丙级为 1580°C ，分别用于不同要求的地方。

2. 高炉及其附属设备

1) 高炉构造

高炉是上、下部较小，中间较大的圆形竖炉，内用耐火材料砌成，外部包以钢壳。高炉是以对流方式进行工作的。燃料、矿石、熔剂从炉顶装入后，逐渐下落，在炉的下部进行燃烧，所生成的废气逆着炉料上升。

图 1—1 是高炉剖面图，主要部分有：

炉喉 位于高炉最上部，其上有加料设备 2，另有排气管 3，炉气由此排出。

炉胸 4 炉喉下部体积最大部分，形状为上小下大的圆锥形，便于炉料的下落。在此处完成熔化前的准备过程，以及大部分氧化铁的还原。

炉腰 5 位于高炉中部，为圆筒形。在此处完成铁的熔化及废石的造渣。

炉腹 6 成圆锥形，有支持炉料的作用。是焦炭燃烧的地带。

炉缸 7 其功用为集存铁水和炉渣。在炉缸上部有风口 8—12 个，风口周围有环风管 15，预热过的空气通过环形风管经风口 11 进入高炉。风口下面有出渣口 10，在炉缸最下部有出铁口 9。

高炉的大小是按有效容积来计算的。有效容积指高炉大料钟下缘至出铁口中心线间的空间的体积。我国目前最大的高炉为 1513 米^3 (有效容积)。苏联正在设计有效容积为 2700 米^3 的世界上最大的高炉。

(1) 装料设备

现代高炉装料已全部机械化。图 1—2 即是现代高炉中的装料设备。炉料装在小车 1 内，小车由卷扬机使其沿

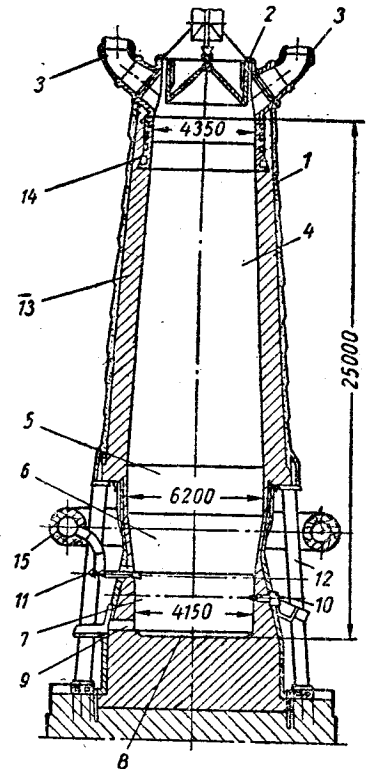


图 1—1 高炉剖面：

1—炉顶； 2—加料设备； 3—排气管；
4—炉胸； 5—炉腰； 6—炉腹； 7—炉缸；
8—炉底； 9—出铁口； 10—出渣口；
11—风口； 12—支柱； 13—炉壳；
14—铁圈； 15—环风管。

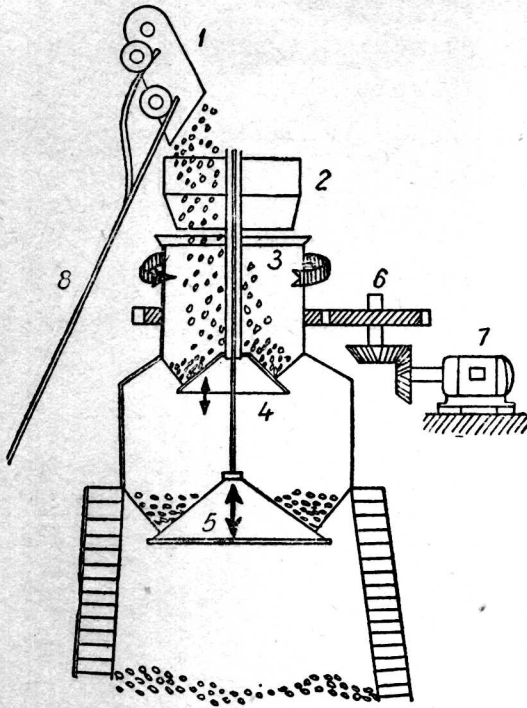


图1—2 高炉装料布料设备。

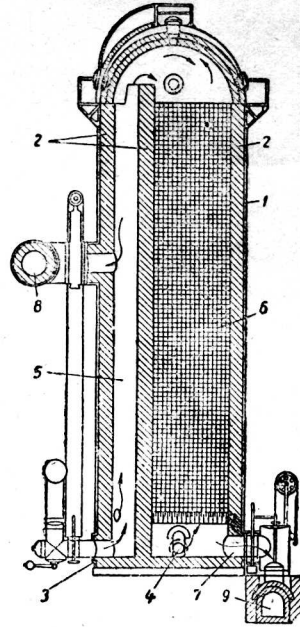


图1—3 热風炉。

軌道 8 运行到炉頂，把料傾入布料器內。布料器的作用是使得炉料均匀布置在炉內，并且防止炉气逸出。其运动过程是：炉料首先由小車 1 中被傾入接受料斗 2 內，再从料斗落到布料斗 3 中。在每傾入一次料之后，布料斗連同小料钟 4 轉动 60° ， 120° ， 180° 等。然后小料钟下落，炉料就落到大料钟 5 上。当大料钟周圍都布满了炉料后，使大料钟下落，炉料便落到高炉內。为了轉动布料斗，而装置了电动机 7 和傳动机构 6。

(2) 热風炉

为了保证得到炼铁时所須的高温，改善高炉熔炼过程和节省燃料，需要預先把送入高炉的空气加热到 $600-1200^\circ\text{C}$ 。加热空气的炉子叫热風炉。热風炉所用的燃料为高炉煤气。热風炉的构造如图 1—3 所示。

炉的内部是用耐火磚砌成的炉衬 2，外部是用鋼板焊成的圓筒外壳 1。

煤气由煤气进口 3 进入到燃燒室 5 內进行燃燒，燃燒后的高温气体通过格子房 6 而使格子房温度升高。燃燒后之廢气經通道 7 由烟道 9 排出。

燃燒 2 小时后，格子房被加热到 $800-1200^\circ\text{C}$ ，于是关上进口 3 和烟道 9。打开空气管 4 送入冷空气，冷空气沿着格子房 6 上升，吸收格子磚的热量，被加热到 $600-900^\circ\text{C}$ 进入热風管 8，然后被送到环風管中，經風口进入高炉。

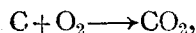
冷空气流經格子房約 1 小时后，格子房便須重新加热，而加热一次格子房則須 2 小时，因此每个高炉至少要有 3 个热風炉。当其中一个正在加热空气时，其余 2 个則用煤气加热格子房，每隔 1 小时輪換一次。

3. 高炉中的物理化学变化

高炉炼铁的主要变化是炉料的燃烧, 铁以及其他元素的还原, 铁的增碳和造渣等。

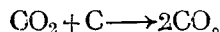
1) 燃料的燃烧

当红热的焦炭从上部落到风口附近时, 与风口吹入的热空气按下列反应进行燃烧:



同时产生 1600—1750°C 的高温。

CO₂ 上升遇到赤热的焦炭则碳素把 CO₂ 还原成 CO:

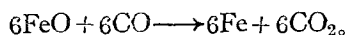
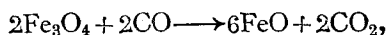
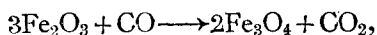


CO 的炽热气体上升与矿石接触, 发生还原反应。

2) 铁的还原

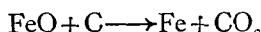
氧化铁的还原可藉 CO 及固体碳来还原, 前者称间接还原, 后者称直接还原。

(1) 间接还原 还原不是从氧化铁中立即发生, 而是依次地由含氧较多的氧化物还原成含氧较少的氧化物。其反应式如下:

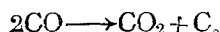


间接还原是在 250—350°C 下开始的, 约到 950°C 为止。

(2) 直接还原 在 950°C 以上, 是靠固体碳来进行的,



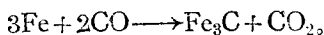
在这个过程中, 因下列反应而得到的碳起了很大的作用:



这种碳成烟状, 它能进入到矿石的所有空隙中。

3) 铁的增碳

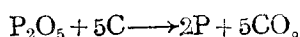
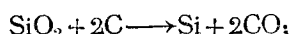
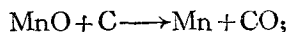
已还原的铁下落时, 吸收一部分碳, 碳渗入金属内后, 降低了金属的熔点。其反应式如下:



在低温区或中温区已增碳的铁, 进入高温区, 即开始熔化, 熔化后的铁液进入炉缸。

4) 其他元素的还原

锰、硅、磷按下列反应式还原:

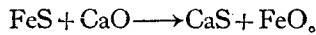


还原后之锰、硅及磷的绝大部分进入生铁内。

5) 去硫

生铁中的硫以硫化铁 (FeS) 的型式存在, FeS 很易溶于生铁中, 而降低了生铁的质量。

为了限制生铁中的含硫量, 可在炉料中加入石灰石, 使其起下列反应:



生成的 CaS 进入炉渣, 因此炉渣中含过量的 CaO 时, 則能去較多的硫。

6) 造渣

造渣是矿石中的廢石, 燃料中的灰分与熔剂的熔合过程。熔合后的产物就是渣。高炉炉渣主要由 SiO_2 、 Al_2O_3 同 CaO 組成, 并含少量的 MgO、MnO、FeO、CaS 等。

高炉熔炼中炉渣起着很大的作用; 对生铁质量的影响也很大。我們也可根据炉渣的顏色和成分判断高炉熔炼是否正常。因此要正确的配料, 以控制炉渣成分。使得炉渣的物理性质和化学成分能促使有害杂质进入渣內。

4. 高炉产品

高炉产品中主要是生铁, 副产品是炉气和炉渣。

1) 生铁

生铁是铁与碳、硅、錳、磷、硫等元素組成的合金。其中含碳量大于 2%。生铁为了适应工业上的需要分为下列三类:

(1) 鑄造生铁 它是鑄造車間的原料, 有很好的鑄造性能, 性軟, 断面呈灰色, 故又称灰口生铁(或簡称灰口铁)。含硅較多, 其中含的碳主要是以自由的石墨状态存在。

(2) 炼鋼生铁 这种生铁作为炼鋼的原料。性硬且脆, 断面呈銀白色, 故又称白口生铁(或簡称白口铁)。其中含碳是以 Fe_3C 的形式存在的。

(3) 特种生铁 这种生铁包括高錳、高硅生铁, 在炼鋼时作为脫氧剂或用来作为煉制合金鋼时的附加材料。

2) 高炉煤气

在高炉煤气中含有 CO 、 CH_4 、 H_2 等可燃气体, 因此可作为工业上的燃料。高炉煤气用来加热热風炉、炼焦炉、平炉和日常生活的需要。

3) 炉渣

高炉炉渣用来制造水泥、或造磚、或鋪路用的人造石。

5. 高炉的冶煉技术經濟指标

高炉的冶煉技术經濟指标是用高炉利用系数 K 来表示的, 高炉利用系数 K 为每昼夜产量(T) 与有效容积之比

$$K = \frac{T(\text{吨})}{V(\text{米}^3)}.$$

K 愈大就表示生产率愈高, 也就說明高炉的工作情况愈好。

我国解放以后高炉利用系数是逐年提高的, 目前已跃进为世界先进的水平。如 1958 年全国重点鋼铁企业的 K 平均达到了 1.49, 比 1957 年增 12%。1959 年又有所增长, 其中本溪第一炼铁厂 1959 年 5 月达到 2.436, 鞍鋼亦由 1.498 增至 1.64。

§2. 鋼的冶煉

含碳低于 2.0% 的铁碳合金称为鋼。除碳之外鋼中还含有硅、錳、磷、硫等杂质, 但在—

般鋼中这些杂质的含量比生铁中要少得多。它們在生铁与鋼中的含量大致如下：

生铁		碳素鋼
C	2—5%	<2%
Si	1.5%	0.8%
Mn	1%	0.5%
P	0.2%	0.03%
S	0.05%	0.03%

比較它們的成分可以看出，如果要把生铁炼成鋼，必須减少生铁中各种杂质的含量。减少杂质含量的方法是把这些杂质氧化成气体或炉渣，而后使之与鋼分离去除。由此可见炼鋼的过程与炼铁过程是完全不相同的。炼铁主要是还原过程，而炼鋼主要是氧化过程。

鋼与生铁在性能上也有很大的区别。鋼具有良好的塑性，故可进行鍛造；生铁塑性很差，不能鍛造。鋼还可以用热处理的方法在較大的范围内改变它的性能。此外鋼的耐冲击性及可焊性均較生铁为高。因此鋼在工业上应用很广。

现代炼鋼方法主要有：轉炉炼鋼法、平炉炼鋼法和电炉炼鋼法三种。

1. 轉炉炼鋼法

轉炉炼鋼的实质是：把空气吹入液体生铁内，使生铁内的杂质如碳、硅、錳、磷等元素被氧化除去而得到鋼。由于这些元素与氧化合时可放出大量的热，从而使液体金属温度提高，因此不須任何燃料。

1) 轉炉构造

轉炉按鼓入空气的形式可分为底吹、侧吹及頂吹三种。图1—4为底吹式轉炉的构造。它是一个可以旋轉的梨形容器，内砌

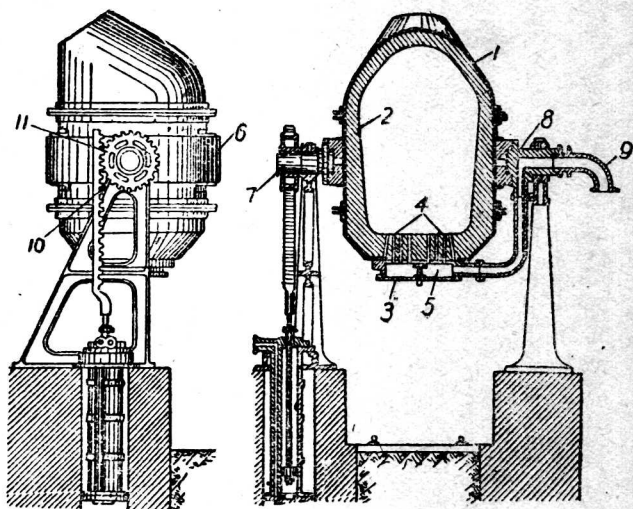


图1—4 轉炉构造。

以耐火材料2，外包以铁壳1。外部中間部分有鋼环6，鋼环上有二个軸頸7和8，分别支持在左右支架上。其中軸頸8为空心。空气则由鼓風机經過管9和空心軸頸8，进入固定于轉炉底部3的風箱5中，再經過嵌在炉底的風嘴4而进入炉中。

轉炉的旋轉是通过裝于軸頸7上的齒輪11与齿条10来实现的。齿条可用电动机或液压使其运动。

轉炉的容量是以注入铁水重量来决定的。一般容量为3—15吨，大的轉炉可达100吨。

根据砌筑炉衬的耐火材料不同，轉炉可分为酸性轉炉和碱性轉炉；前者用酸性耐火材料砌筑炉衬，后者則用碱性耐火材料。

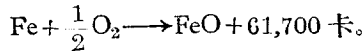
2) 轉爐(底吹式)的熔煉過程

液体生铁由盛铁桶注入轉爐中时,須預先将轉爐傾斜成一定的角度(图1-5.a)使生铁液不致从炉口及炉底風嘴流出。生铁注入后即开始鼓風,同时将轉爐轉到冶煉时的垂直位置(图1-5.b)。鼓入的風量根据生铁的成分及容量来調节。

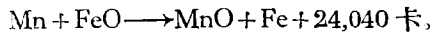
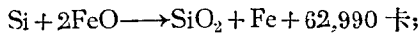
轉爐煉鋼又分为酸性法(貝塞麦法)和碱性法(托馬斯法)。酸性轉爐的冶煉过程可分下面三个时期。

第一期——造渣期或火花期 在这一期內主要是铁、硅和錳的氧化。碳的氧化很少,或完全不氧化。

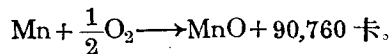
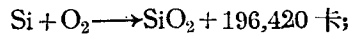
当空气通过液体生铁时,铁首先氧化,并放出大量的热量,使金屬温度提高。



部分 FeO 溶于生铁中,而把本身的氧傳給生铁中的硅和錳,使它們氧化而自身还原。

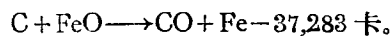
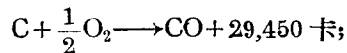


另外,硅、錳尚能被空气中的氧直接氧化。



这些反应都是放热反应,因此在熔煉过程中,温度不断升高到 1600°C 以上。这一时期的特征是从炉口噴出大量的火花,并在炉中生成大量的炉渣,其主要成分是 FeO、SiO₂、MnO。这一期的時間約为 3—5 分钟。

第二期——明亮火焰期 这一期內主要是碳的剧烈氧化。



由于碳的氧化,产生大量 CO,当 CO 从炉口噴出时,与空气中的氧化合而在炉口形成长达数米的火焰。第二期的温度为 1600—1650°C,時間約为 6—10 分钟。

第三期——烟尘期 因其他元素几全被去除,这时主要是铁的氧化。含有 FeO 的褐色烟尘从炉口排出。这一期为時約 1 分钟。此后停止送風,將轉爐傾斜,准备出鋼。

吹煉后的鋼液中溶解有大量的 FeO,若不除去,冷却后会使得鋼变得很脆,而不能应用。因此要进行脫氧。同时脫氧可使铁回收。

鋼的脫氧是依靠对氧的化学亲和力比铁大的金屬来完成的。这些金屬我們称之为脫氧剂,通常用硅铁、錳铁和鋁作为脫氧剂。脫氧作用可由下列反应式表示之:

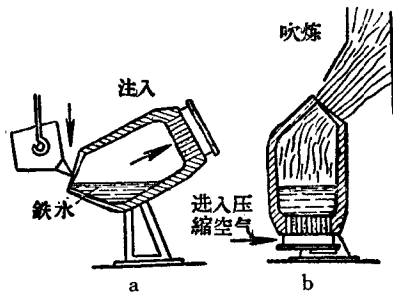
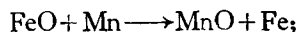
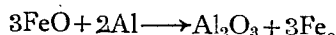
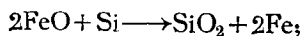


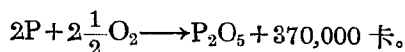
图1-5 轉爐倒入鉄水及吹煉时的位置。



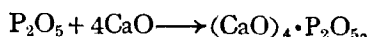
脫氧产物 ($\text{SiO}_2, \text{MnO}, \text{Al}_2\text{O}_3$) 由于它們的比重較鋼水为輕, 因此便进入渣內。

酸性轉炉的缺点是不能去除有害杂质磷和硫。故要炼成合格的鋼, 原料內含硫、磷必須是最少量。而在碱性轉炉內可以去硫、磷, 因碱性轉炉內在吹炼前能加入碱性熔剂, 使炉渣成为碱性, 而与硫、磷結成稳定的炉渣。但酸性轉炉因原料本身含硫、磷低且有自动的脫氧作用, 故质量較高。

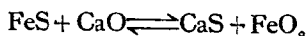
碱性轉炉的熔炼过程(第一及第二期)大致和酸性轉炉相同, 但在第三期磷与氧化合成 P_2O_5 , 同时放出大量的热量。



P_2O_5 随即与石灰化成磷酸鈣而留存于炉渣。



一部分硫可以 CaS 形式除去



3) 側吹碱性轉炉炼鋼法

酸性轉炉炼鋼法要求生铁中硫、磷含量很低(硫 0.025—0.045%, 磷 0.05—0.07%)。这样的生铁来源日漸缺乏, 因此用这种方法的鋼产量也逐年在减少; 底吹碱性轉炉炼鋼法要求生铁中磷含量很高(磷 1.65—2.2%), 因它是以磷作为主要的发热元素。这样的生铁, 只在西欧一些国家較多。我国生铁含磷量大都在 0.05—1.2% 范围内, 使用前两种方法来炼这种生铁都不合适, 如何能創造一种利用含发热元素(如硅、錳、磷)較低的生铁吹炼, 仍能达到必須的炼鋼温度的炼鋼炉就显得特別重要。我国炼鋼工作者經過了多次的研究, 在 1952 年創造了側吹碱性轉炉炼鋼法。这种方法的特点是: 能使用含磷波动范围很大的生铁; 炉子有較高的热效率。这一創举是有世界意义的, 获得了各国冶金工作者們的称赞, 并給予很高的評价。

側吹碱性轉炉的結構如图 1-6 所示。炼鋼时空气从炉子側面与金屬表面成 $18-20^\circ$ 的風眼吹入。吹入的空气, 一部分进入金屬中氧化其杂质, 产生 CO 气体自金屬液逸出, 另一部分空气是側吹到金屬表面上, 遇到上升的 CO , 产生燃燒并发出大量的热。这些热量可使金屬加热至高温。較之底吹碱性轉炉它有以下的优点: 可得到較高的温度, 对原料的含磷量要求較不严格; 鋼中含氮少; 去硫磷也較底吹碱性轉炉好, 故鋼的质量好。缺点是: 铁的吹損較大及炉衬寿命較短。针对此一缺点又作了許多改进, 如改用渦鼓型側吹, 改用三排風口, ……等。

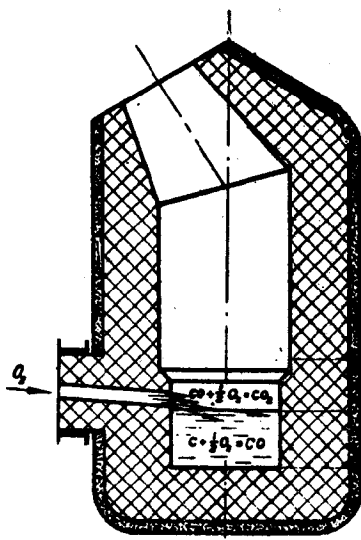


图 1-6 側吹轉炉簡图。

4) 轉爐煉鋼的優缺點

優點：生產率高；設備簡單，建廠快，投資較少；不需外加燃料，生產成本低。因此它對迅速發展工業，具有很重大的意義。

缺點：不能大量回用廢鋼；鋼的化學成分較難控制，因之鋼的質量較差（含氮量較高）；再之鐵的損失也較大。

2. 平爐煉鋼法

平爐又稱馬丁爐。平爐煉鋼法是現代煉鋼法中最主要的一種。它是在蓄熱室火焰爐中進行熔煉的，一般是用煤氣作為燃料。

1) 平爐構造(圖 1-7)

熔煉室 10 由爐頂、爐底和前後牆所構成。在前牆上有加料口 3—5 個，後牆上有出鋼口，爐頂兩端由氣道 9 與蓄熱室 1、2、3、4 相通。

蓄熱室是用耐火材料砌成的格子房，用來預熱空氣和煤氣。

空氣和煤氣分別從通道 6 和 7 進入，經過蓄熱室 3、4 加熱後，通過氣道 b₁ 再進入爐膛燃燒，造成熔煉室的高溫。燃燒後的高溫廢氣則經通道 b 進入蓄熱室 1、2，而將蓄熱室加熱後從煙道 8 排出。

在工作過程中每隔一定時間轉換閘 5，以改變空氣和煤氣的運動方向，而使二組蓄熱室交替使用，保證空氣和煤氣永遠通過預先被廢氣加熱過的蓄熱室而預熱到 1000—1200°C。

平爐熔煉時間與爐子容量、原料的成分以及所須鋼的化學成分有關。一般為 6—15 小時。爐子最常用的容量為 50—220 噸，最大可達 660 噸。

平爐煉鋼也根據爐襯耐火材料的不同而分為鹼性平爐煉鋼法及酸性平爐煉鋼法。

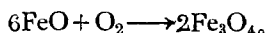
2) 鹼性平爐煉鋼法

爐底是用鹼性耐火材料——白云石和鎂砂燒結而成。所用原料為廢鋼、液體生鐵、石灰石及少量礦石 (Fe₂O₃)。加入礦石的目的是為了氧化雜質。

加料時先加礦石及石灰石，再加入廢鋼。原料加熱到即將熔化時，倒入鐵水。此時礦石和鐵水中之雜質產生強烈的作用，造成初渣，同時渣面上漲，部分爐渣自行流出。到爐料完全熔化後，在爐膛中分上下二層；下層為金屬，上層為雜質的氧化物所組成的渣。以後的熔煉過程則在渣層之下的液體金屬中進行。

這個時期中，氧化性的爐氣、渣和金屬互相作用，依照下列方式進行。

首先爐氣與渣中的 FeO 作用



生成的 Fe₃O₄ 與下層的金屬相接觸，金屬中的鐵被氧化，

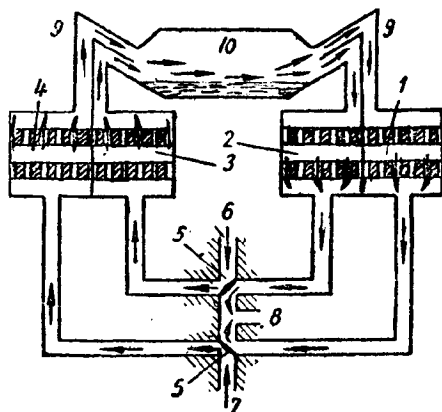
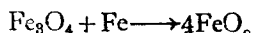
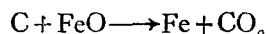
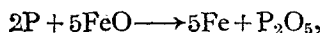
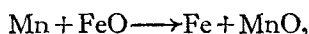
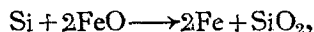


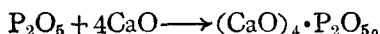
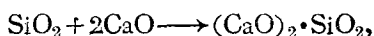
圖 1-7 平爐結構示意圖。

形成的氧化鐵一部分進入爐渣上升到表面，被氧化成高價氧化物，一部分熔於金屬，氧化雜質。



從金屬內放出的 CO 引起了金屬的沸騰，沸騰是煉鋼的必要過程。由於它的攪拌作用，可促進雜質的氧化，以及帶出金屬中殘存氣體和非金屬雜質，同時可使金屬熔池的溫度趨向均勻。

形成的 SiO_2 及 P_2O_5 與 CaO 作用生成穩定的渣。



同時 CaO 與 FeS 作用而去硫。



為了防止硫轉入金屬，必須增加渣的鹼度，即適當地增加石灰或石灰石的用量。

當鋼水的成分和溫度都達到要求時，即停止熔煉，而進行出鋼。此時還必須進行必要的脫氧操作。

酸性平爐的熔煉過程與鹼性平爐大致相同，故不再詳述。

3) 平爐煉鋼的優缺點：

(1) 優點：a. 可熔煉廢鋼，對生鐵原料無特殊要求；

b. 鋼的質量比轉爐好。因為在熔煉時有爐渣保護，所以鋼中氧化鐵和氣體較少；成分也比轉爐容易控制；

c. 鐵的燒損少；

d. 容量大，生產率高。

(2) 缺點：a. 設備複雜，投資較大；

b. 不能煉高合金鋼。

3. 電爐煉鋼法

煉制高級優質鋼及高合金鋼是在電爐內進行的。用來煉鋼的電爐有二種：感應爐和電弧爐，其中應用最廣的是電弧爐。電爐煉鋼亦可分為鹼性法與酸性法二種；前者多用以生產特殊用途的合金鋼如高速鋼、不銹鋼等，而後者則多用以生產鑄鋼。

1) 電弧爐構造 (圖 1-8)

電弧爐內金屬的熔化是利用電極 5 與金屬之間形成的電弧所產生的熱量來熔化和提高金屬的溫度的。

爐子分爐頂、爐牆、爐底三部分，均用高級耐火材料砌成，外部用鋼板焊成。爐頂 6 上有三孔，以便穿入三根電極 5。電極用石墨或炭精製成，電極的上下由升降機操縱。爐子一側有裝料口，用以裝入爐料、排渣和觀測爐內情況，在其相對的一面有出鋼口。電爐出鋼時的傾