

LT 冶金职业技术教育丛书

YEJIN ZHIYE JISHU JIAOYU CONGSHU

炼铁工艺

LIANTIE GONGYI

冶金工业职业技能鉴定指导中心

解广安 / 主编



中国工人出版社

冶金职业技术教育丛书

炼铁工艺

解广安 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国工人出版社



冶金职业技能教育丛书

图书在版编目 (CIP) 数据

炼铁工艺 / 解广安主编. — 北京: 中国工人出版社, 2004. 9

(冶金职业技术教育丛书)

ISBN 978 - 7 - 5008 - 3398 - 7

I. 炼... II. 解... III. 高炉炼铁—生产工艺—技术培训—教材 IV. TF53

炼铁工艺

解广安主编

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 096279 号

出版发行: 中国工人出版社

地 址: 北京鼓楼外大街 45 号

邮 编: 100011

电 话: (010) 62005038 (传真) 82075935 (编辑室)

发行热线: (010) 64019912 62005042

网 址: <http://www.wp-china.com>

经 销: 新华书店

印 刷: 三河市燕郊汇源印刷有限公司

版 次: 2005 年 1 月第 1 版 2008 年 5 月第 3 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

字 数: 448 千字

印 张: 20.25

全套定价: 104.90 元

版权所有 侵权必究

印装错误可随时退换

中国工人出版社

前 言

1996年,在原冶金工业部统一部署、安排下,我们组织全国50多所冶金技工学校的优秀教师和生产第一线的工程技术人员编写了冶金技工学校教学用书。这套教材按照原冶金工业部颁布的教学计划和教学大纲编写,汇集了国内外冶金工业的新技术和新成果,具有很强的实用性和可操作性,同时也满足了冶金技工学校的教学和冶金企业职工岗位培训的需要。教材发行八年来,在冶金职业技术学校 and 职工岗位培训的使用过程中,得到教师和学校的好评。

进入新世纪以来,冶金工业迅速发展,更先进的技术和设备进入冶金厂矿。我们也陆续收到用户反馈的意见和修订建议。经过对反馈的意见、建议的总结归纳和酝酿筹备,从2004年5月开始,我们分期分批对教材进行修订,并命名为《冶金职业技术教育丛书》。新丛书在原教材的基础上,进行了大量的增补和删减工作,力求保持内容新颖,强调理论联系实际,使之更符合冶金职业技术教学与实践工作的需要。

为进一步提高质量,缩短出版周期,我们委托原书的主编承担修订任务,以满足用户的需求,敬请广大读者在使用过程中,把意见和建议反馈给我们。

冶金工业职业技能鉴定指导中心

2004年11月

目 录

绪 论	(1)
思考题	(7)
第一章 铁矿石	(8)
第一节 矿物、岩石、矿石和脉石的概念	(8)
第二节 铁矿石的种类和性能	(8)
第三节 铁矿石质量的评价	(9)
第四节 我国的铁矿资源及进口矿概况	(13)
第五节 铁矿石的混匀和中和	(15)
思考题	(18)
第二章 铁矿粉造块	(19)
第一节 粉矿造块的意义和作用	(19)
第二节 烧结过程	(19)
第三节 球团过程	(56)
第四节 烧结矿和球团矿的质量检验	(65)
思考题	(68)
第三章 燃料	(70)
第一节 焦炭的作用及理化性能	(70)
第二节 焦炭生产过程	(73)
思考题	(75)
第四章 辅助原料	(76)
第一节 熔剂	(76)
第二节 锰矿石	(78)
第三节 其他辅助原料	(79)
思考题	(80)
第五章 从高炉解剖看铁矿石的还原	(81)
第一节 高炉解剖研究的意义与状况	(81)
第二节 炉料下降过程的层状分布	(82)
第三节 软熔带的形成及其影响因素	(83)

第四节 软熔带对冶炼过程的影响	(83)
思考题	(84)
第六章 炉料的蒸发、挥发和分解	(85)
第一节 水分的蒸发和水化物的分解	(85)
第二节 挥发物的挥发	(86)
第三节 碳酸盐的分解	(86)
思考题	(89)
第七章 氧化物还原及生铁形成	(90)
第一节 还原反应基本原理	(90)
第二节 铁氧化物的还原	(91)
第三节 复杂化合物中的铁氧化物还原	(99)
第四节 铁氧化物的直接还原和间接还原对焦化的影响	(100)
第五节 高炉中非铁元素的还原	(107)
第六节 铁氧化物的还原机理和还原速度	(112)
第七节 生铁的形成	(116)
思考题	(117)
第八章 造渣和脱硫	(118)
第一节 炉渣概述	(118)
第二节 炉渣的性能	(142)
第三节 炉渣结构理论	(129)
第四节 造渣过程及对冶炼过程的影响	(132)
第五节 我国几种特殊炉渣的冶炼问题	(134)
第六节 生铁去硫	(135)
思考题	(142)
第九章 燃料燃烧和热交换	(144)
第一节 燃料的燃烧	(144)
第二节 煤气上升过程中体积成分的变化	(154)
第三节 热交换	(156)
思考题	(160)
第十章 炉料和煤气运动	(161)
第一节 炉料下降及力学分析	(161)
第二节 炉料运动规律和冶炼周期	(170)
第三节 煤气流在高炉内的合理分布	(171)
第四节 影响煤气流分布的因素	(173)
第五节 上下部调剂的综合利用	(179)
思考题	(180)

第十一章	炼铁计算	(181)
第一节	配料计算	(181)
第二节	物料平衡	(185)
第十二章	高炉强化冶炼	(191)
第一节	概述	(191)
第二节	精料	(192)
第三节	高压操作	(195)
第四节	高风温	(200)
第五节	富氧鼓风及调湿鼓风	(203)
第六节	喷吹燃料	(207)
第七节	低硅生铁的冶炼	(212)
第八节	高寿命炉衬	(214)
思考题		(216)
第十三章	特种矿石冶炼	(217)
第一节	钒钛磁铁矿冶炼	(217)
第二节	含氟含碱铁矿冶炼	(220)
思考题		(226)
第十四章	炉内操作	(227)
第一节	基本操作制度	(227)
第二节	炉况判断与调节	(234)
第三节	炉况失常及处理	(242)
思考题		(252)
第十五章	炉前操作	(253)
第一节	操作平台和操作指标	(253)
第二节	炉前常用的耐火材料	(260)
第三节	出铁操作	(265)
第四节	用氧气烧渣、铁口操作	(273)
第五节	出铁事故及其处理	(273)
第六节	撇渣器操作	(279)
第七节	撇渣器的事故及处理	(282)
第八节	放渣操作	(284)
第九节	渣口事故及处理	(287)
第十节	更换风、渣口装置	(290)
第十一节	特殊炉况的炉前操作	(296)
思考题		(301)
第十六章	开炉、休风、复风、封炉、停炉	(304)
第一节	开炉前的准备	(304)

第二节	开炉操作	(308)
第三节	休风和复风	(309)
第四节	封炉	(313)
第五节	停炉	(314)
思考题		(316)

绪 论

一、钢铁工业在国民经济中的作用

钢铁工业在人类社会活动中占有极其重要的地位,工业、农业、交通、建筑及国防等工业建设均离不开钢铁。一个国家的钢铁生产水平,直接反映了这个国家的科学技术发展程度和人民的生活水平。

二、我国炼铁史简述

在世界历史上,我国和印度、埃及是用铁最早的国家,也是最早掌握冶炼技术的国家,要比欧洲早 1900 多年。

据史料推测,我国殷代就有了铁器,春秋时期(公元前六七世纪),已采用较大规模的冶铁鼓风机,发明和掌握了冶铸技术,逐步由青铜器时代过渡到铁器时代,并在农业上逐渐得到了推广。

公元前 200 多年的战国时代,我国掌握了生铁脱碳技术,发明了“自然钢”的冶炼法,造出了非常坚韧而锋利的宝剑。东汉初期,南阳地区已经制造出水力鼓风机,扩大了炼铁生产规模,产量和质量都得到了提高,使炼铁生产向前迈进了一大步。

北宋时期冶铁技术进一步发展,由皮囊鼓风机改为木风箱鼓风,并广泛以石炭(煤)为炼铁燃料,当时的冶铁规模是空前的。在大通(山西交城西北)、徐州的利国、兖州的莱芜(山东莱芜南)、扬州的利安(河南安阳附近)设四监,全国设十二冶、十务、三十五场,经营冶铁业。当时规模最大的冶铁中心——利用监,设有三十六个冶场,工匠约四千人。元朝初年意大利人马可·波罗到了中国,看到了中国用“黑石”作燃料来冶铁,诧为奇事。

冶炼技术在我国的发展,表现了我国古代劳动人民的伟大创造力,有力地促进了我国封建社会的经济繁荣。只是到了 18 世纪,清王朝开始没落,冶铁业和其他各业一样仍然停留在封建作坊的生产形式上。此时,英国爆发了工业革命,进入资本主义初期,使用了蒸汽机带动的鼓风机,不久英国又用高炉煤气作鼓风预热,使冶铁炉的规模不断扩大,高炉就具有了现代高炉的雏形。

我国修建现代化高炉始于 1891 年,在汉阳建造两座日产百吨生铁的小高炉,以后又在大冶、阳泉等地建了一些小高炉。日本帝国主义侵占我东北后,为了掠夺我国矿产资源和人力资源,在鞍山、本溪等地建了一些高炉。

解放前,我国的钢铁工业极其落后。产量最高的 1943 年,钢只有 90 万吨,生铁产量只有 180 万吨。新中国成立后,在中国共产党的领导下,我国的钢铁工业得到了迅速恢复

和发展,1953年生铁产量就超过了历史最高水平,达到了190万吨。到20世纪60年代,我国炼铁工作者应用了许多新工艺和新技术,使炼铁生产的技术经济指标达到了国际先进水平。十年动乱期间,炼铁生产和技术遭受巨大损失,拉大了我国炼铁生产和技术与世界先进水平的差距。十一届三中全会以来,我国走上了改革开放的振兴道路,钢铁工业经过恢复和调整,取得了巨大的成就。

三、现代高炉炼铁生产工艺流程

铁广泛地存在于自然界中,就金属而言,铁在自然界中的贮存量仅次于铝,居第二位(若以地壳中所有元素为100%,铝占7.5%,铁占5.1%)。自然界里的铁元素几乎都是以氧化物的形式存在于矿石中,如赤铁矿(Fe_2O_3)、磁铁矿(Fe_3O_4)等。高炉冶炼生铁的本质就是从铁矿石中将铁还原出来,并熔化成生铁流出炉外。还原铁矿石需要的还原剂和热量由燃料燃烧产生。炼铁的主要燃料是焦炭,为了节省焦炭,使用了喷吹煤粉、重油、天然气等辅助燃料新工艺过程。随着采矿、选矿和造块等技术的不断发展,现代高炉几乎全部采用了人造富矿(烧结矿、球团矿)作为含铁原料。因炉料特性不同,有的高炉在冶炼时还需加入适量的熔剂(石灰石等)。

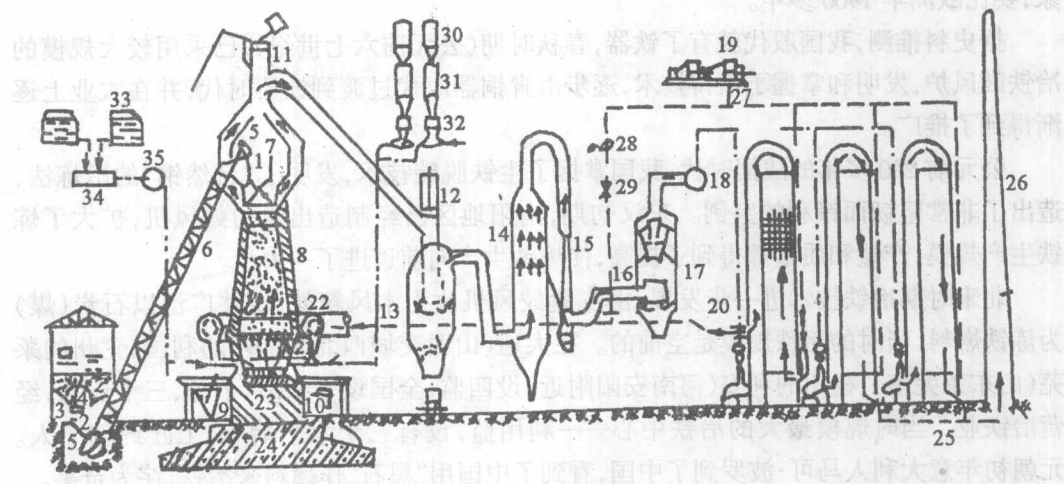


图1 高炉炼铁工艺流程

1—贮矿槽; 2—焦仓; 3—称量车; 4—焦炭筛; 5—料车; 6—斜桥; 7—炉顶装料设备; 8—高炉本体; 9—渣罐; 10—铁水罐; 11—放散阀; 12—切断阀; 13—除尘器; 14—洗涤塔; 15—文式管; 16—高压阀组; 17—脱水器; 18—净煤气总管; 19—鼓风机; 20—热风炉; 21—风口; 22—热风总管; 23—炉基基墩; 24—炉基基座; 25—烟道; 26—烟囱; 27—放风阀; 28—混风调节阀; 29—混风大闸; 30—煤粉收集罐; 31—储煤罐; 32—吹煤罐; 33—储油罐; 34—过滤器; 35—加压泵

在高炉炼铁生产中,高炉是工艺流程的主体,从其上部装入的铁矿石、燃料和熔剂向下运动,下部鼓入空气燃烧燃料,产生大量的还原性气体向上运动,炉料经过加热、还原、熔化、造渣、渗碳、脱硫等一系列物理化学过程,最后生成液态炉渣和生铁。高炉炼铁生

产的工艺流程如图 1 所示。

高炉是一个竖式圆筒形冶炼炉,由炉基、炉壳、炉衬及冷却设备、支柱或框架组成。用耐火砖或其他耐火材料砌筑成的炉衬形成的高炉内部空间形状称为炉型,一般由上至下分为炉喉、炉身、炉腰、炉腹和炉缸五部分。如图 2 所示。

以高炉本体为核心,高炉生产还包括以下几个系统:

1. 上料系统:包括贮矿场,贮矿槽,焦炭滚筛,称量漏斗,称量车,料坑,斜桥和卷相机,大型高炉采用皮带上料。本系统的任务是将原、燃料运到炉顶装入受料漏斗。

2. 装料系统:包括受料漏斗,旋转布料器,大小钟漏斗,大、小钟,大、小钟平衡杆,探尺。高压操作的高炉还有均压阀和放散阀。本系统的任务是均匀地按工艺要求将上料系统运来的炉料装入炉内。

3. 送风系统:包括鼓风机,热风炉,热风总管,换热器等。本系统的任务是将从鼓风机房送出的冷风加热并送入高炉。

4. 煤气回收及除尘系统:包括煤气上升管,煤气下降管,重力除尘器,洗涤塔,文式管,脱水器,电除尘器,有的高炉用布袋除尘等。高压高炉还有高压阀组。本系统的任务是将炉顶引出的含尘量很高的荒煤气净化成合乎要求的气体燃料。

5. 渣铁处理系统:包括出铁场,泥炮,开口机,炉前吊车,铁水罐,渣水罐,铸铁机,堵渣口机,水渣池及炉前水力冲渣设施等。本系统的任务是定期将炉内的渣、铁出净,保证高炉连续生产。

6. 喷吹系统:喷吹系统目前以喷煤为主。喷煤系统有制粉机,收集罐,贮存罐,喷吹罐,混合器和喷枪。喷油系统有卸油泵,贮油罐,过滤器,送油泵,稳压罐,调整装置及喷枪。本系统的任务是磨制、收存和计量后把煤粉或重油从风口喷入高炉。

7. 动力系统:该系统包括水、电、压缩空气、氧气、蒸汽等生产供应部门。本系统的任务是为高炉各生产系统提供保障服务。

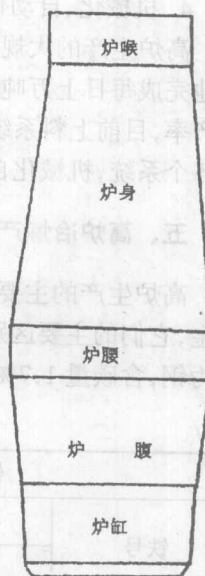


图 2

四、高炉生产特点

1. 生产规模大型化

近年来高炉向大型化发展,目前世界上已有数座 5580m^3 以上容积的高炉在生产。我国也已经有 4300m^3 的高炉投入生产,日产生铁万吨以上,日消耗矿石近 2 万吨,焦炭等燃料 5 千吨。这样每天有数万吨的原、燃料运进和产品输出,还需要消耗大量的水、风、电、气。生产规模及吞吐量如此之大,是其他企业不可比拟的。

2. 高炉生产是钢铁联合企业中的重要环节

现代化的钢铁联合企业,都以生产规模相匹配的生产流程为基本形式,高炉处于中间,起着重要的承上启下作用。因此,高炉工作者应努力防止各种事故,保证联合生产的

顺利进行。

3. 长期连续生产

高炉从开炉投产到停炉，一代炉龄一般有十年左右(中间可能进行一次中修)。在此期间是不间断地连续生产的,仅在设备检修或发生事故时才能停止生产(称为休风)。某个环节出现问题,都将影响冶炼过程甚而停产,给企业带来巨大损失。

4. 机械化、自动化程度高

高炉生产的大规模化及连续性,必须有较高的机械化和自动化来保证。为了准确连续地完成每日上万吨原料及产品的装入和排出,为了改善劳动条件,保证安全,提高劳动生产率,目前上料系统朝着皮带化方向发展,电子计算机,工业电视等均已装备高炉生产的各个系统,机械化自动化程度越来越高。

五、高炉冶炼产品

高炉生产的主要产品是生铁,副产品有炉渣、煤气和炉尘。生铁、钢和熟铁都是铁碳合金,它们的主要区别是含碳量不同,含碳量小于 0.2% 的为熟铁,含碳量 0.2% ~ 1.7% 的为钢,含碳量 1.7% 以上的为生铁。高炉生铁含碳量为 4% 左右。

表 1 炼钢用生铁 GB/T717—1998

铁 种		炼钢用生铁		
铁号	牌 号	炼 04	炼 08	炼 10
	代 号	L04	L08	L10
化学成分(%)	C		≥3.50	
	Si		≤0.45	> 0.45 ~ 0.85 > 0.85 ~ 1.25
	Mn	一组	≤0.40	
		二组	> 0.40 ~ 1.00	
		三组	> 1.00 ~ 2.00	
	P	特级	≤0.100	
		一级	≤0.100 ~ 0.150	
		二级	> 0.150 ~ 0.250	
		三级	> 0.250 ~ 0.400	
	S	特类	≤0.020	
		一类	> 0.02 ~ 0.03	
		二类	> 0.03 ~ 0.05	
		三类	> 0.05 ~ 0.07	

1. 生铁

生铁分为制钢生铁和铸造生铁两类,它们的主要区别是含硅量不同。根据炼钢方法

的不同,制钢生铁可分为碱性平炉生铁、酸性转炉和碱性转炉生铁。

铸造生铁按照硅的含量分为六级。各种牌号生铁成分及要求见表 1、表 2。

表 2 铸造用生铁 GB718-82

铁 种		铸 造 用 生 铁					
铁号	牌号	铸 34	铸 30	铸 26	铸 22	铸 18	铸 14
	代号	Z34	Z30	Z26	Z22	Z18	Z14
化 学 成 分 %	C	> 3.3					
	Si	> 3.20 ~ 3.60	> 2.80 ~ 3.20	> 2.40 ~ 2.80	> 2.00 ~ 2.40	> 1.60 ~ 2.00	1.25 ~ 1.60
	Mn	1 组	≤ 0.50				
		2 组	> 0.50 ~ 0.90				
		3 组	> 0.90 ~ 1.30				
	P	1 级	≤ 0.06				
		2 级	> 0.06 ~ 0.10				
		3 级	> 0.10 ~ 0.20				
		4 级	> 0.20 ~ 0.40				
		5 级	> 0.40 ~ 0.90				
	S	1 类	≤ 0.03				≤ 0.04
		2 类	≤ 0.04				≤ 0.05
		3 类	≤ 0.05				

2. 炉渣

炉渣有许多用途。液态炉渣用水急冷水淬成水渣,是良好的制砖和制水泥原料。液态炉渣用高压蒸汽或高压压缩空气吹成渣棉,可做绝热材料。冷凝后的干渣也是制砖和生产水泥的原料,还可以制成其他建筑材料。

3. 高炉煤气

每冶炼 1 吨生铁约会产生 1700 ~ 2500m³ 煤气,其化学成分有 CO₂(15% ~ 20%), CO(20% ~ 30%), H₂(1% ~ 3%), N₂(56% ~ 58%)和少量的 CH₄ 经除尘后能成为很好的低热值气体燃料,发热值一般为 2900 ~ 3800KJ/m³。高炉煤气是无色无味透明的气体,由于含 CO 较高,会使人中毒致死。当煤气与空气混合,煤气含量达到 46% ~ 62%,温度达到着火点(650℃)时,就会发生爆炸。因此,在煤气区域工作时要特别注意防火防爆和煤气中毒。

4. 炉尘(瓦斯灰)

炉尘是随高速上升的煤气带出高炉的细颗粒炉料,在除尘系统与煤气分离。炉尘中含铁 30% ~ 45%,含碳 8% ~ 20%,每冶炼一吨生铁约产生 10 ~ 150kg 炉尘。炉尘回收后可作为烧结原料,也可制作水泥。

六、高炉炼铁主要技术经济指标

对高炉生产的技术水平和经济效益的总要求是高产、优质、低耗、长寿和安全。主要指标有：

1. 高炉有效容积利用系数 η ：它是指每立方米高炉有效容积一昼夜生产炼钢铁的吨数，即高炉每昼夜生产某品种的铁量(P)乘以该品种折合为炼钢铁的折算系数(A)后与有效容积(V_u)的比值： $\eta = P \times A / V_u (t/m^3 \cdot d)$

2. 冶炼强度 I：分为焦炭冶炼强度和综合冶炼强度两个指标。焦炭冶炼强度是指每昼夜、每立方米高炉有效容积消耗的焦炭量，即一昼夜装入高炉的干焦炭量(Q_k)与有效容积(V_u)的比值： $I_{\text{焦}} = Q_k / V_u (t/m^3 \cdot d)$

由于采用喷吹燃料技术，将一昼夜喷吹的燃料量与焦炭量相加后与有效容积之比就称为综合冶炼强度： $I_{\text{综}} = (Q_k + Q_{\text{喷}}) / V_u (t/m^3 \cdot d)$

3. 休风率：休风率是高炉休风停产时间占规定日历作业时间的百分数。规定日历作业时间是指日历时间减去计划大、中修时间和封炉时间。

4. 生铁合格率：这是质量指标。生铁的化学成分符合国家标准时称合格生铁。生产的合格铁量占高炉总产铁量的百分数即为生铁合格率。

5. 焦比 K：它是冶炼 1 吨生铁所需要的干焦量： $K = Q_k / P (kg/t)$

6. 折算焦比 $K_{\text{折}}$ ：它是将所炼某种生铁折算成炼钢铁以后，计算冶炼 1 吨炼钢铁所需要的干焦炭量： $K_{\text{折}} = Q_k / p \times A (kg/t)$

7. 煤比(Y)和油比(M)：煤比是每炼 1 吨生铁所喷吹的煤粉量。油比是每炼 1 吨生铁所喷吹的重油量。 $Y = Q_y / p (kg/t)$ ； $M = Q_m / p (kg/t)$

8. 综合燃料比：它是指每炼 1 吨生铁所消耗的干焦炭量与煤粉、重油量之和。

$$K_{\text{综}} = (Q_k + Q_y + Q_m) / p (kg/t)$$

9. 综合焦比：首先应确定煤粉或油与焦炭的置换比。喷吹单位重量(或体积)的燃料所能代替焦炭的数量称为燃料的置换比。综合焦比是将冶炼 1 吨生铁所喷吹的煤粉或重油量乘上置换比折算成干焦炭量，再与冶炼 1 吨生铁所消耗的干焦炭量相加即为综合焦比。

10. 生铁成本：生铁成本是冶炼 1 吨生铁所需要的费用，包括原料、燃料、动力、工资及管理费用。生铁成本是评价高炉经济效益好坏的重要指标。

七、炼铁技术发展方向

炼铁技术近年来发展很快，主要进展有以下几个方面：

1. 高炉容积向大型化发展，世界上不断有 4000m³ 以上的高炉投入生产，由于高炉大型化，生铁产量增加，焦比降低，效率高、成本低，易于机械化和自动化，大型化成为必然趋势。

2. 进一步改善原料条件，普遍使用精料，即要求原料品位高，熟料，粒度小，含粉率低，成分粒度稳定等，尤其是在改善人造富矿质量，提高高温冶金性能，加强整粒，改善炉

料结构,提高焦炭质量等方面,投入了大量的精力,这是改善高炉生产最基础的条件。

3. 采用大喷吹量,以其他燃料代替焦炭,同时富氧及应用高风温,进一步促进大喷吹,达到降低生铁成本的目的。

4. 采用高压操作,应用轴流风机提高风压强化冶炼,还可利用煤气进行余压发电。

5. 普遍使用电子计算机进行过程控制,强化对高炉冶炼理论的研究。

6. 作为研究课题,探索 21 世纪将普遍使用的冶炼新技术,如熔融冶炼技术等已取得了很大进展,还将实现原子能炼铁、炼钢的设想。

思考题

1. 高炉炼铁的一般工艺流程是如何安排的? 各系统的作用是什么?

2. 什么是铁? 什么是钢和熟铁?

3. 高炉冶炼的主副产品有哪些? 各有什么用处?

4. 结合本厂高炉实际,进行高炉主要的技术经济指标计算。

第二章

高炉炼铁的主要原料

第一节

生铁 (含 C = 2.0~4.0%, Si = 0.5~1.0%, Mn = 0.5~1.0%, P = 0.03~0.05%, S = 0.01~0.03%) 是高炉冶炼的主要产品。生铁的颜色随含碳量的不同而变化,含碳量越高,颜色越黑。生铁的性质硬而脆,不能锻压,只能铸造。生铁的用途很广,如炼钢、铸造等。生铁的成分见表 2-1。

第二节

熟铁 (含 C = 0.02~0.05%, Si = 0.01~0.03%, Mn = 0.01~0.03%, P = 0.005~0.01%, S = 0.001~0.003%) 是高炉冶炼的副产品。熟铁的性质软而韧,可以锻压,主要用于制造机械零件。熟铁的成分见表 2-2。

第一章 铁矿石

第一节 矿物、岩石、矿石和脉石的概念

矿物是地壳中自然产生的具有一定化学成分和结晶构造的元素或化合物。矿物除少数以天然元素(如自然金 Au、自然铜 Cu 等)形式存在外,绝大多数都是天然化合物,如黄铜矿 CuFeS_2 、黄铁矿 FeS_2 等。

由单一或多种矿物组成的固体称为岩石。在当前技术和经济条件下,能从中提取有工业价值的金属元素或有用矿物的岩石叫矿石。铁在自然界里以固态天然化合物分布在岩石和土壤中,只有具有开采价值,并在现代技术条件下能经济地冶炼出生铁的含铁矿物才称为铁矿石。在铁矿石中不含铁的化合物称为脉石,成分主要是 SiO_2 , 其次是 Al_2O_3 、 CaO 和 MgO 等。

第二节 铁矿石的种类和性能

铁矿石按其成分可分为四大类:磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿和菱铁矿。

一、磁铁矿

主要含铁矿物为磁性氧化铁,化学式为 Fe_3O_4 (其中含 $\text{FeO} = 31\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 69\%$),理论含铁量为 72.4%。它的显著特征是具有强磁性。其结构致密,还原性较差,颜色及条痕均为铁黑色,有半金属光泽,比重 4.9~5.2,硬度 5.5~6,脉石主要是石英及硅酸盐,一般含有害杂质硫和磷较高。磁铁矿中含有 TiO_2 及 V_2O_5 等组成复合矿,被称为钒钛磁铁矿等矿种。自然界中纯磁铁矿很少,由于地表氧化作用使部分磁铁矿氧化为赤铁矿,仍残留磁铁矿的晶格及外形,称为假象赤铁矿。

二、赤铁矿

赤铁矿是无水氧化铁矿石,化学式为 Fe_2O_3 ,理论含铁量 70%,颜色为暗红色。这种铁矿含有害杂质硫、磷较少,还原性比磁铁矿好,具有半金属光泽,硬度 5.5~6,比重 4.9~5.3,脉石多为硅酸盐。

三、褐铁矿

褐铁矿是一种含水氧化铁矿石,化学式为 $n\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ($n = 1 \sim 3, m = 1 \sim 4$),它是由其他铁矿石风化后生成的,绝大部分含铁矿物以 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在。理论含铁量随含水多少而变动,一般为 55.2% ~ 66.1%。有的含磷较高,颜色为浅褐到深褐或黑色,条痕为褐色,硬度 1 ~ 4,比重 3.3 ~ 4,脉石常为矿质黏土。它较前两种矿易还原。

四、菱铁矿

菱铁矿是碳酸盐铁矿石,化学式为 FeCO_3 ,理论含铁量为 48.2%,颜色有灰色、浅黄及褐色,风化后为深褐色,具有玻璃光泽,硬度 3.5 ~ 4,比重 3.8,含硫低,含磷高,脉石以碱性氧化物为主,还原性很好。

第三节 铁矿石质量的评价

原料是炼铁生产的物质基础,铁矿石(包括人造富矿)是高炉炼铁生产的主要原料,铁矿石质量的优劣,直接影响高炉冶炼过程和技术经济指标。

衡量铁矿石质量优劣的主要标准是:化学成分、物理性质和冶金性质。适宜于高炉冶炼的矿石必须是:含铁量高,脉石少,有害杂质少,化学成分稳定,粒度均匀,并具有良好的还原性及一定的机械强度等。

一、矿石含铁量

矿石含铁量(亦称矿石品位)是衡量铁矿石质量的主要指标。一般把实际含铁量占理论含铁量 70% 以上的称为富矿,低于此值的称为贫矿。有使用价值的铁矿石含铁量一般在 23% ~ 65% 之间。富矿经过破碎、筛分后可直接入炉冶炼,贫矿需经过选矿富化,造块后才能使用。铁矿石含铁量愈高,愈有利于降低焦比和提高产量。

二、脉石成分

脉石成分一般都是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 等。以 SiO_2 为主的脉石称酸性脉石;以 CaO 和 MgO 为主的脉石称为碱性脉石。现有的铁矿资源中,脉石成分绝大多数为酸性脉石。

三、有害元素

铁矿石中的某些元素对高炉冶炼有不利影响,或使钢铁性能变坏,这些元素称为有害元素或有害杂质,主要有硫、磷、铅、锌、砷等。高炉冶炼要求矿石中的有害杂质愈少愈好。我国规定矿石中的有害元素界限见表 1-1。