



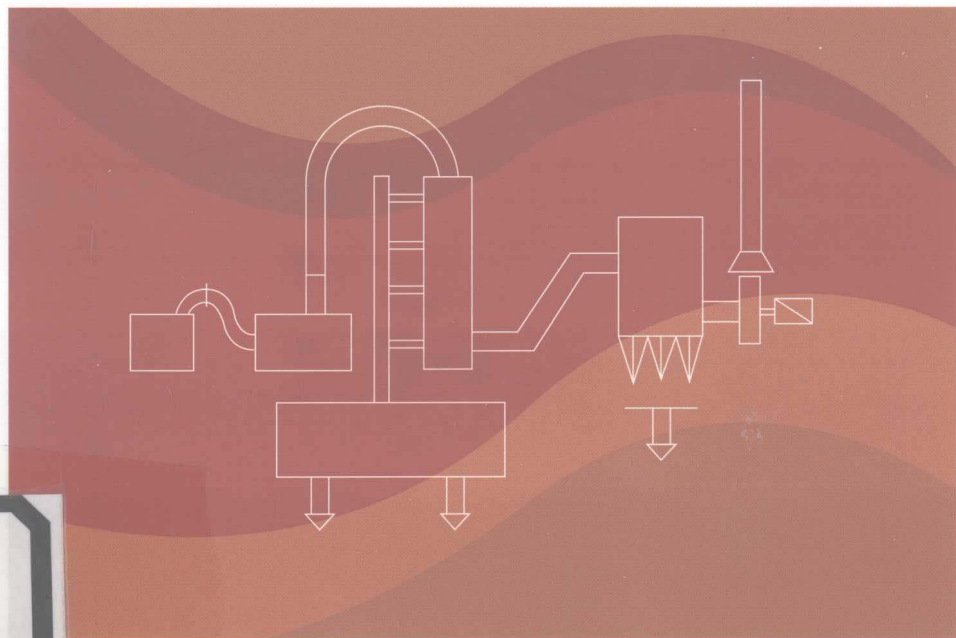
冶金操作岗位培训丛书

YEJIN CAOZUO GANGWEI PEIXUN CONGSHU

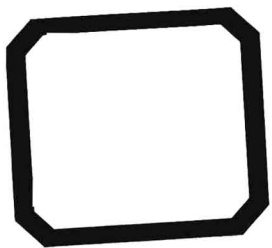
电弧炉炼钢工

DIANHULU LIANGANGGONG

董中奇 时彦林 主编 彭可武 王波 副主编



化学工业出版社



操作岗位培训丛书

DUO ZUO GANGWEI PEIXUN CONGSHU

电弧炉炼钢工

DIANHULU LIANGANGGONG

董中奇 时彦林 主编 彭可武 王波 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书参照冶金行业职业技能标准和技能鉴定规范,根据冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求,内容涵盖了电弧炉炼钢工所必须掌握的基本知识和技能。主要包括电弧炉炼钢技术概述、电弧炉热工基础和电弧炉设备、电弧炉炼钢原料和耐火材料、电弧炉炼钢冶炼工艺及操作、电弧炉用氧技术和辅助燃烧技术、现代电弧炉炼钢的基本工艺特点和配料计算、合金钢冶炼等。理论联系实际,知识全面,工艺特点突出,具有很强的实用性和指导性。

本书可作为电弧炉炼钢工的培训教材,也可供冶金专业技术人员、企业技术工人提高专业知识和工作技能参考,还可供职业院校冶金专业学生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电弧炉炼钢工/董中奇,时彦林主编. —北京:化学工业出版社,2012.2

(冶金操作岗位培训丛书)

ISBN 978-7-122-13158-4

I. 电… II. ①董…②时… III. 电弧炉-电炉炼钢-岗位培训-教材 IV. TF741.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第277511号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:边涛

文字编辑:向东
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张12½ 字数356千字

2012年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00元

版权所有 违者必究

前言

电炉炼钢法是目前两种主要的炼钢方法之一。与转炉炼钢流程比,电炉炼钢流程采用全废钢冶炼的能源消耗仅为转炉炼钢流程的40%左右。因此随着废钢的积累、直还铁产量的增加及人们对节能环保的日益重视,近年来,电弧炉炼钢增长迅速。电炉炼钢装备在废钢预热及余热回收、电弧炉大型化、超高功率供电、强化供氧、加料自动化等装置的开发应用上均不断完善,同时与终点控制相关的取样测温、智能控制及成本控制系统等方面也取得了长足进步,推动了电弧炉炼钢技术和低碳炼钢技术的进步。随着电炉炼钢工业的发展,对冶炼人才的需求不断加大。为了顺应行业的发展,必须提高冶炼技术人员的知识和技能水平。本书就是为适应上述要求而编写的。

本书参照冶金行业职业技能标准和技能鉴定规范,根据冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求,主要介绍了电弧炉炼钢工所必须掌握的基本知识和技能。内容主要包括电弧炉炼钢技术概述、电弧炉热工基础和电弧炉设备、电弧炉炼钢原料和耐火材料、电弧炉炼钢冶炼工艺及操作、电弧炉用氧技术和辅助燃烧技术、现代电弧炉炼钢的基本工艺特点和配料计算和合金钢冶炼。全书在内容编排上努力做到基本概念清晰,强调实践,突出技能。语言上力求深入浅出,通俗易懂。同时,书中也注意反映新知识、新技术、新工艺、新方法的应用和发展。本书可作为电弧炉炼钢工的培训教材,也可供冶金专业技术人员、企业技术工人提高专业知识和工作技能参考,还可供职业院校冶金专业的学生阅读。

本书由董中奇、时彦林主编,彭可武和王波副主编,参加编写工作的还有李建朝、齐素慈、刘艳霞、张士宪、贾燕和张欣杰。

本书在编写过程中参考多种相关资料,在此,对其作者一并表示由衷的感谢。

由于水平所限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 电弧炉炼钢技术概述	1
1.1 电弧炉炼钢的基础	1
1.1.1 钢与生铁的区别	2
1.1.2 碱性电弧炉与酸性电弧炉	3
1.1.3 传统碱性电弧炉炼钢过程	3
1.2 电弧炉炼钢技术的发展	6
1.2.1 大型电弧炉的发展	6
1.2.2 超高功率电弧炉供电系统的进步	7
1.2.3 电弧炉辅助装置的进步	12
1.2.4 炉门氧枪	12
1.2.5 炉壁氧枪	13
1.2.6 测温定碳等装备的发展	15
1.2.7 余热锅炉利用	16
1.2.8 智能化电弧炉	17
1.3 电弧炉炼钢的技术经济指标	19
1.3.1 电弧炉炼钢主要技术经济指标	19
1.3.2 提高技术经济指标的主要途径	22
第 2 章 电弧炉热工基础和电弧炉设备	24
2.1 冶炼过程的能量供给与热交换	24
2.1.1 电弧炉炼钢过程中的能量供给制度	24
2.1.2 冶炼过程中的热交换	26
2.2 电弧炉的基本构造	28
2.3 电弧炉本体结构	30

2.3.1	炉体的金属构件	30
2.3.2	炉缸	39
2.3.3	炉膛	39
2.3.4	炉顶拱度	39
2.3.5	炉墙与炉门	40
2.3.6	炉衬	40
2.3.7	电极位置	42
2.4	电弧炉机械设备	42
2.4.1	电极夹持器	43
2.4.2	电极升降机构	44
2.4.3	炉体倾动机构	46
2.4.4	炉盖旋出或开出机构	47
2.4.5	废钢预热装置	48
2.4.6	水冷装置	48
2.4.7	偏心炉底出钢机构	50
2.4.8	补炉机	51
2.4.9	排烟除尘装置系统	53
2.4.10	底吹系统	59
2.5	电弧炉主要电气设备	59
2.5.1	电气设备的组成	59
2.5.2	配电操作	62
2.6	基本电参数和电热特性的计算	64
2.7	电气设备的维护和相关常识	66
2.7.1	供电曲线的制定	66
2.7.2	变压器的正常使用	67

第 3 章 电弧炉炼钢原料和耐火材料 69

3.1	直接还原铁	69
3.1.1	直接还原铁的理化指标	70
3.1.2	电弧炉炼钢对直接还原铁的性能要求	71
3.1.3	直接还原铁的加入方式	71

3.1.4	直接还原铁配加铁水冶炼的操作要点分析	73
3.1.5	直接还原铁配加生铁冶炼的操作要点分析	74
3.1.6	使用直接还原铁后金属收得率的基本分析方法	75
3.2	冷生铁	75
3.2.1	加入冷生铁的电弧炉冶炼特点	76
3.2.2	高比例配加冷生铁冶炼操作的关键技术	77
3.3	碳化铁	82
3.3.1	碳化铁的加入方式	83
3.3.2	碳化铁的加入量或喷吹量的控制	83
3.4	脱碳粒铁和 Corex 铁	85
3.4.1	脱碳粒铁	85
3.4.2	Corex 铁	85
3.5	热装铁水技术	86
3.5.1	热装铁水的方式	86
3.5.2	热装铁水的时间	88
3.5.3	热装铁水对渣料的要求	89
3.5.4	热装铁水对冶炼电耗的影响	89
3.5.5	提高热装铁水比例的主要方法	91
3.6	废钢	95
3.6.1	对于废钢质量的要求	95
3.6.2	对于废钢尺寸的要求	98
3.6.3	一些特殊废钢的消化和处理方法	99
3.7	合金材料	102
3.7.1	常用的合金材料	102
3.7.2	合金材料的管理工作	103
3.8	电弧炉的造渣材料	105
3.8.1	造渣材料	105
3.8.2	氧化剂	107
3.8.3	脱氧剂和增碳剂	108
3.8.4	电极	110
3.9	电弧炉的耐火材料	113
3.9.1	耐火材料的主要性能和分类	113

3.9.2	电弧炉用耐火材料	115
3.9.3	电弧炉用绝热材料和黏结剂	119
第4章	电弧炉炼钢冶炼工艺及操作	121
4.1	传统电弧炉炼钢工艺流程配置	121
4.2	冶炼前的准备工作	123
4.2.1	配料操作及注意事项	123
4.2.2	装料操作及装料方法	124
4.2.3	烘炉的操作	131
4.2.4	补炉操作	134
4.3	熔化期的操作及特征判断	136
4.3.1	炉料的熔化过程	136
4.3.2	炉料熔化时物化反应	138
4.3.3	缩短熔化期的途径	139
4.3.4	熔化期造渣及去磷操作	143
4.4	氧化期的操作及特征判断	145
4.4.1	控制脱磷操作	147
4.4.2	控制脱碳操作	153
4.4.3	氧化期的造渣操作	160
4.4.4	氧化期的操作要点	170
4.5	还原期的操作及特征判断	174
4.5.1	还原期的目的	174
4.5.2	还原期的造渣操作	191
4.5.3	还原期温度控制操作	195
4.5.4	还原期的操作工艺	200
4.6	电弧炉冶炼的泡沫渣控制技术	208
4.6.1	石灰的溶解机理	208
4.6.2	电弧炉炼钢对熔渣的要求与泡沫渣的功能	211
4.6.3	泡沫渣原理	213
4.6.4	泡沫渣的性能指标	216
4.6.5	影响泡沫渣质量的因素	217

4.6.6	自耗式氧枪吹炼条件下的泡沫渣操作	221
4.6.7	超声速氧枪控制下的泡沫渣技术	226
4.6.8	超声速集束氧枪吹炼条件下的泡沫渣控制	232
4.6.9	不同类型泡沫渣的冶炼效果分析	233
4.6.10	氧化铁皮、泡沫渣改进剂在泡沫渣工艺中的 应用.....	235
4.7	电弧炉冶炼过程脱碳留碳操作技术	239
4.7.1	脱碳反应的作用和配碳量的确定	239
4.7.2	配碳方式分析	241
4.7.3	工艺条件对脱碳反应的影响	242
4.7.4	电弧炉生产中提高脱碳速度的方法	246
4.7.5	电弧炉冶炼过程的留碳操作技术	248
4.8	电弧炉冶炼过程脱除有害杂质技术	249
4.8.1	脱磷操作技术	249
4.8.2	脱硫操作技术	252
4.8.3	脱氮操作技术	253
4.8.4	脱氢操作技术	258
4.8.5	脱铅、脱锌操作技术.....	259
4.9	电弧炉出钢技术	259
4.9.1	留钢留渣操作技术	259
4.9.2	偏心炉底出钢技术——EBT 技术	266

第 5 章 电弧炉用氧技术和辅助燃烧技术

5.1	电弧炉用氧技术	273
5.1.1	炉门自耗式氧枪及其操作	273
5.1.2	水冷超声速氧枪及其操作	276
5.1.3	超声速集束射流氧枪及其操作	280
5.2	辅助能源输入技术	287
5.2.1	烧嘴的用途	287
5.2.2	烧嘴的结构	288
5.2.3	烧嘴的布置	290

5.2.4	烧嘴的使用	291
5.3	二次燃烧技术	291
5.3.1	二次燃烧技术概述	291
5.3.2	二次燃烧喷枪的使用	293
第 6 章	现代电弧炉炼钢的基本工艺特点	295
6.1	现代超高功率电弧炉炼钢的特点	295
6.1.1	超高功率电弧炉炼钢的优势	295
6.1.2	超高功率电弧炉炼钢生产线的主要特点	297
6.2	现代电弧炉炼钢先进技术	299
6.2.1	废钢预热技术	299
6.2.2	强化用氧技术	303
6.2.3	电弧炉底吹气技术	305
6.2.4	密封罩技术和高效除尘技术	306
6.3	现代电弧炉炼钢的基本工艺操作过程	307
6.3.1	工艺准备	307
6.3.2	进料操作	309
6.3.3	冶炼操作	309
6.3.4	出钢操作	310
6.4	直流电弧炉冶炼工艺操作要点	310
第 7 章	配料计算和合金钢冶炼	312
7.1	装料前的配料计算	312
7.1.1	装料前的配料方法	312
7.1.2	配料计算	313
7.2	熔化期的配料计算	317
7.2.1	每吨钢的垫底石灰加入量计算法	317
7.2.2	加矿后补加石灰量计算	318
7.3	氧化期进行配料计算	318
7.4	还原期进行配料计算	322
7.4.1	合金加入量的计算	322

7.4.2	单元高合金钢合金加入量计算	326
7.4.3	多元高合金钢合金加入量计算	327
7.4.4	钢液分析成分高于计算成分时的计算	334
7.5	合金钢的冶炼和操作	337
7.5.1	合金结构钢的冶炼	337
7.5.2	滚动轴承钢的冶炼	346
7.5.3	高速工具钢的冶炼	353
7.5.4	不锈钢的冶炼	361
附录 1	电弧炉炼钢工复习题	371
附录 2	电弧炉炼钢工复习题参考答案	377
附录 3	电弧炉炼钢工实际操作内容及评分标准	380
参考文献	388

第1章 电弧炉炼钢技术概述

1.1 电弧炉炼钢的基础

近现代炼钢方法主要有转炉炼钢法、平炉炼钢法和电炉炼钢法，结构示意图如图 1-1 所示。平炉炼钢法基本已被淘汰，电炉炼钢法与转炉炼钢法最根本的差别在于所使用的热源不同，电炉炼钢法是以电能作为热源的。通常所说的电炉炼钢，主要是指电弧炉炼钢，因为其他类型的电炉如感应电炉、电渣炉等所炼的钢数量较少。

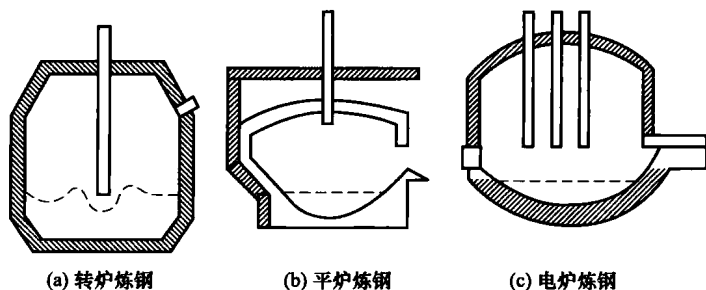


图 1-1 结构示意图

电弧炉炼钢就是利用电极和炉料间放电产生的电弧，借助电弧的辐射和直接作用加热并熔化金属和炉渣，冶炼出各种成分的钢和合金的一种炼钢方法。

电弧炉炼钢与其他炼钢方法相比较，有其独特的优点。电弧炉炼钢是靠电弧进行加热的，其温度可以高达 2000℃ 以上，超过了其他炼钢炉用一般燃料燃烧加热时所能达到的最高温度。同时，熔化炉料时，热量大部分是在被加热的炉料包围中产生的，而且无大量高温废气带走的热损失，所以热效率比平炉、转炉炼钢法要高。

用电能加热还能精确地控制温度。因为炉内没有可燃烧气体，所以可以根据工艺要求在各种不同的气氛中进行加热，也可在任何压力或真空中进行加热。

由于电弧炉炼钢具有上述特点，能保证冶炼含磷、硫、氧低的优质钢，能使用各种元素（包括铝、铁等容易被氧化的元素）来使钢合金化，冶炼出各种类型的优质钢和合金钢，如滚珠轴承钢、不锈钢耐酸钢、高速工具钢、电工用钢、耐热钢和合金以及磁性材料等。

电弧炉炼钢与平炉、转炉相比较的另一个优点是基建投资少，占地面积小。尤其是和转炉相比，它可以用废钢作为原料，不像转炉那样需要热铁水，所以不需要一套庞大的炼铁和炼焦系统。

另外，从长远观点看，电能的成本稳定，供应方便；电弧炉设备简单，操作方便；还比较易于控制污染。

由此可见，用电弧炉炼钢的优越性是相当大的，所以现在世界各国都在大力发展纯氧顶吹转炉的同时，稳步地发展电弧炉炼钢技术。当前电弧炉的发展趋势是：发展大型电弧炉；发展超高功率供电技术；采用各种炉外精炼法；发展直接还原法炼钢；逐步扩大机械化自动化及用电子计算机进行过程控制等。

1.1.1 钢与生铁的区别

生铁是含碳1.7%以上并含有一定数量的硅、锰、磷、硫等元素的铁碳合金的统称，主要用高炉生产。目前伴随着炼铁工业的发展，以Corex方法为代表的炼铁新工艺的生产将会对于铁的概念有进一步的扩展。生铁一般分为三大类：供炼钢用的炼钢生铁、供铸造用的机件和铸造工具用的铸造生铁（包括制造球墨铸铁用的生铁），以及如用作铁合金和硅铁等的特种生铁。此外，还有含特殊元素钒的含钒生铁。生铁的非铁元素杂质较高，是不能进行塑性加工的铁碳合金。

钢是指以铁为基体、碳为主要元素的多元合金，是含碳量一般在2.11%以下，并含有其他元素的可变形的铁碳合金（在铬钢中含碳量有可能大于2.11%，但2.11%通常是钢和铸铁的分界线）。钢的品种繁多，成分性能和用途各不相同，为了便于生产、管理和使用，通常把钢分为碳素钢和合金钢两种。

1.1.2 碱性电弧炉与酸性电弧炉

炼钢电弧炉根据炉衬的性质不同，可以分为碱性炉和酸性炉。碱性电弧炉的炉衬是用镁砂、白云石等碱性耐火材料修砌的；而酸性电弧炉炉衬是用硅砖、石英砂、白泥等酸性材料修砌的。

由于炉衬的性质不同，在炼钢过程中所采用的造渣材料也不一样。碱性炉要用石灰为主的碱性材料造碱性渣，而酸性炉则是用石英砂为主的材料造酸性渣。

碱性电弧炉由于使用碱性炉渣，能有效地去除钢中的有害元素磷、硫，而酸性渣无去除磷、硫的能力，所以酸性炉炼钢要用含磷、硫很低的原材料，在特殊钢生产中不能大量采用，一般以钢锭和连铸坯为产品的电炉炼钢厂都是使用碱性电弧炉。但酸性炉渣阻止气体透过的能力大于碱性渣，使钢液升温快，因而异型铸造车间多数使用酸性电弧炉。两种电弧炉的比较如表 1-1 所示。

表 1-1 碱性电弧炉和酸性电弧炉的比较

比较项目		碱性电弧炉		酸性电弧炉	
炉衬材料	炉底	碱性耐火材料	镁砂沥青或镁砂焦油打结	酸性耐火材料	石英砂石泥打结加硅转
	炉墙		沥青镁砂砖及沥青白云石砖		石英砂白泥掺加水玻璃打结
	炉盖		高铝砖		硅砖
	出钢槽		高温水泥或沥青镁砖		黏土
造渣材料		石灰、萤石		石英砂、石灰	
脱磷硫效果		很好		无	
适用范围		电炉车间冶炼优质合金钢		铸钢车间	

1.1.3 传统碱性电弧炉炼钢过程

电弧炉炼钢一般是用废钢铁作为固体炉料，所以电弧炉炼钢过程首先是利用电能使其熔化及升温，然后在炉内进行精炼，去除钢中的有害元素、杂质及气体，调整化学成分到成品规格范围，以及使钢液在出钢时达到适合浇铸所需要的温度。

碱性电弧炉炼钢的工艺方法，一般可分为氧化法、不氧化法（又称装入法）及返回吹氧法。

氧化法冶炼操作由扒补炉、装料、熔化期、氧化期、还原期、

出钢等6个阶段组成。其特点是在氧化期，用加矿石或吹氧进行脱磷和脱碳，使熔池沸腾，以降低钢中的气体和杂质，再经过脱氧还原和调整钢液的化学成分及温度，然后出钢。用这种方法冶炼，可以得到钢，还可以利用廉价废钢作为原料，因此一般钢种大多采用氧化法冶炼。其缺点是如果炉料中有合金返回料，则其中的某些合金元素会被氧化而损失于炉渣中。

不氧化法在冶炼过程中没有氧化期，能充分回收原料中的合金元素。因此，可在炉料中配入大量的合金钢切头、切尾、废锭、注余钢、切屑和汤道钢等，减少铁合金的消耗，降低钢的成本。炉料溶清后，经过还原调整钢液成分和温度后即可出钢。由于冶炼时间较短，低合金钢、不锈钢、高速工具钢等均可以用此法冶炼。其缺点是不能去磷、去夹杂物和除气，因此对炉料要求高，必须配入清洁无锈、含磷低的钢铁料，并在冶炼过程中要求采取各种措施防止吸气。同时钢液的化学成分基本上取决于配料的成分，这就要求炉料配料的化学成分和称量力求准确，致使这种冶炼方法用得比较少。

返回吹氧法是在炉料中配入大量的合金钢返回料。依据碳和氧的亲合力在一定的温度条件下比某些合金元素和氧的亲合力大的理论，当钢液升到一定温度以后，向钢液中吹氧，强化冶炼过程，达到在脱碳、去气、去夹杂物的同时，又回收大量合金元素的目的。这样，既降低成本，又提高质量。返回吹氧法常用于不锈钢、高速工具钢等高合金钢的冶炼。因为这些高合金钢如果用氧化法冶炼，由于元素的烧损，在还原期要加入大量铁合金，特别是要加入低碳的铁合金，这样不仅使成本提高，而且使还原期操作极为困难。

现在将生产中主要采用的氧化法冶炼的工艺流程做一个概括的介绍。

(1) 补炉。补炉是指当上炉出钢完毕后，需要迅速将炉体损坏的部分进行修补，以便进行下一炉的冶炼。

碱性电弧炉炼钢的工艺方法，一般可分为氧化法、不氧化法（又称装入法）及返回吹氧法。

氧化法冶炼操作由扒补炉、装料、熔化期、氧化期、还原期、

升，炉体开出，或者炉盖升起旋开，用吊车吊起料罐将炉料一次加入炉膛内，称顶装料。小于 3t 的电弧炉多数是用手工从炉门装料。

(3) 熔化期。从通电开始到炉料全部熔清的阶段称为熔化期。其主要任务是迅速熔化全部炉料，并且要求去除部分的磷。为了加速炉料的熔化和节省用电量，在熔化期一般采用吹氧助熔。此外，如发现电极损坏或长度不够，应在熔化期接好电极，同时堵好出钢口，调换渣包，整理好冶炼操作时所需要的一切工具及做好各项准备工作。

(4) 氧化期。当炉料全部熔清后取样分析进入氧化期。这阶段的任务如下。

- ① 最大限度地降低钢液中的磷含量；
- ② 去除钢中气体（氮、氢）及夹杂物；
- ③ 将钢液温度加热到稍高于出钢温度。

为完成上述任务，必须向炉内加入石灰、矿石，进行吹氧、流渣等操作。当氧化期结束时，要将炉渣扒掉。

(5) 还原期。停电扒除氧化渣后，用石灰、萤石造新渣，开始进入还原期。还原期的主要任务如下。

- ① 去除钢中的硫含量；
- ② 脱氧；
- ③ 调整钢液化学成分及温度。

还原期操作时要分批向炉渣面均匀加入炭粉、硅铁粉，设法使炉渣颜色变白并保持白渣，并向熔池中加入锰铁、硅铁以及冶炼钢种所需要的铁合金。为了最终脱氧，还要向钢液内插铝块。

(6) 出钢。出钢是指将经过冶炼符合要求的钢液，从出钢口处倾入盛钢桶，然后进行浇铸。出钢时要求炉渣覆盖在钢流面上，随钢流一起倾入盛钢桶。

所以氧化法冶炼一炉钢的操作顺序为：上炉钢→补炉→装料→熔化期→氧化期→还原期→出钢浇铸成钢锭。

电弧炉炼钢操作时，除了控制钢的化学成分外，要特别重视冶炼温度和炉渣成分的调整。温度的高低主要是通过变压器输入功率大小来控制，电功率大小可以通过调节供电电压、电流的大小来进

行调整。炉渣成分可随意调整，例如多加些石灰就能增强炉渣的碱性及黏度，加些萤石能增强炉渣的流动性，甚至可以将原有渣子扒除掉（或扒除部分）重新造渣。总之，可根据冶炼需要对炉渣适当控制。

1.2 电弧炉炼钢技术的发展

电炉炼钢法是目前两种主要的炼钢方法之一。电炉钢产量2008年约占全球粗钢总产量的30%（中国电炉钢产量仅为国内总钢产量的9%左右）。与转炉炼钢流程比，电炉炼钢流程采用全废钢冶炼的能源消耗仅为转炉炼钢流程的40%左右。因此随着废钢的积累、直还铁产量的增加及人们对节能环保的日益重视，电炉钢产量将逐步增加。回顾电弧炉炼钢的发展历程可见，电炉炼钢能源消耗的降低、冶炼时间的缩短，均伴随着电炉炼钢装备的技术发展与进步。近年来电炉炼钢装备在废钢预热及余热回收、电弧炉大型化、超高功率供电、强化供能、加料自动化等装置的开发应用上均不断完善，同时与终点控制相关的取样测温、智能控制及成本控制系统等方面也取得了长足进步，推动了电弧炉炼钢技术和低碳炼钢技术的进步。

1.2.1 大型电弧炉的发展

世界上现有较大型电弧炉约1400座，其中炉容量最大可达400t。发达工业国家特别是欧洲和日本等主流电弧炉容量为80~150t，近几年来有增至150~200t的趋势。国内一般通俗称等于及大于100t电炉为大型电炉。从技术经济指标看：大型电炉的生产率及能源利用率均高于中小型电炉。国内电弧炉大型化是从20世纪90年代开始的，主要采用100~150t电弧炉，电炉炼钢装备主要由国外生产商提供。从国内现有大型电炉的设备及生产情况看，总体生产状况良好，同等原料条件下的技术经济指标与国外基本相近。表1-2为国内外典型电炉技术经济指标的对比情况。国内电炉生产厂家在过去很长一段时间内仅能生产炉容量约50t电炉炼钢炉。近年来国内电炉制造技术取得了较大进步，国内在对国外电炉设备引进消化的基础上，制造的100t电炉主体设备已基本达到国际先进水平。