

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



转炉炼钢操作与控制

ZHUANLU LIANGANG CAOZHUO YU KONGZHI

主 编 李 荣 史学红
副主编 姚 娜 郭 江



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

要 要 容 内

高职高专“十二五”规划教材

转炉炼钢操作与控制

主 编 李 荣 史学红
副主编 姚 娜 郭 江

北 京
冶金工业出版社
2012

内 容 提 要

本书以培养转炉炼钢工长为目标,兼顾介绍炼钢工、吹氧工、摇炉工和副摇炉工的相关技能知识,在概述转炉炼钢生产认知的基础上,系统地阐述了转炉炼钢整个生产过程和岗位工作任务,内容包括转炉设备操作与维护、原料准备操作、顶吹和复吹转炉炼钢生产以及炉衬操作与维护。

本书可作为高职高专院校冶金技术专业的教学用书,也可作为钢铁冶金企业相关技术人员职业资格和岗位技能培训教材,还可供从事炼钢生产行业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

转炉炼钢操作与控制/李荣,史学红主编. —北京:
冶金工业出版社, 2012. 6
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5024-5886-7

I. ①转… II. ①李… ②史… III. ①转炉炼钢—
高等职业教育—教材 IV. ①TF71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 084038 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 王 优 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5886-7

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

2012 年 6 月第 1 版, 2012 年 6 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 18.75 印张; 447 千字; 284 页

39.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿信箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前言

“转炉炼钢操作与控制”是高职高专院校冶金技术专业的核心专业课程之一。本课程从高等职业教育的性质、特点、任务出发,以职业能力培养为重点,以国家制定的转炉炼钢工《职业技能鉴定标准》的职业能力特征、工作要求以及鉴定考评项目为依据,以工作内容和过程为导向进行课程建设;课程内容引进企业实际案例,重现实际生产项目,充分体现了职业岗位和职业能力培养的要求;课程实施理论与实践交互式教学,通过校内外实训基地,将钢铁生产企业的真实工作项目引入教学环节中,把课堂逐渐推向企业的工作现场,使课程实现向社会服务的转化,充分体现了课程的职业性、实践性和开放性。因此,为适应高职教育改革、满足转炉炼钢项目化教学的要求,我们编写了本书。

在编写过程中,我们依据课程标准的要求,结合转炉炼钢生产实际和各岗位群的技能要求精选内容,本书共分6个学习情境、14个单元,每个单元内容均包括学习目标、工作任务、实践操作、知识学习、知识拓展以及思考与练习。与以往教材相比,本书打破了传统的理论与实践教学分割的体系,将理论知识贯穿于实操技能的学习过程中,实现“理实一体化”;体现出基于岗位工作任务、以工作内容和过程为导向进行课程开发的理念,可以满足项目化教学的需要。通过本书的知识学习与能力训练,学生可以掌握转炉炼钢的理论知识,并具备转炉工长岗位组织生产的能力,为全面提高学生的素质打好基础。

本书由济源职业技术学院李荣、山西工程职业技术学院史学红担任主编,济源职业技术学院姚娜、郭江担任副主编。具体编写分工为:史学红编写单元1、10、12,吉林电子信息职业技术学院吕国成编写单元2,郭江编写单元3~5,姚娜编写单元6,济源职业技术学院宋玉安编写单元7,济源职业技术学院兴超编写单元8、9,李荣编写单元11,济源职业技术学院周鸿燕编写单元13,北京科技大学邢相栋编写单元14。济源职业技术学院汤长青教授对全书进行了审阅。

在编写过程中,得到了山西工程职业技术学院、济源钢铁集团公司、济南钢铁集团公司有关人员的大力支持和帮助,谨在此表示衷心感谢。同时,本书的编写参考了国内外公开发表的文献资料,编者向有关作者和出版社一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,书中不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2012年1月

目 录



学习情境1 转炉炼钢生产认知

单元1 转炉炼钢生产认知	1
1.1 学习目标	1
1.2 工作任务	1
1.3 实践操作	1
1.4 知识学习	2
1.4.1 氧气转炉炼钢法的发展	2
1.4.2 我国氧气转炉的发展概况	3
1.4.3 氧气转炉炼钢法的特点	3
1.5 知识拓展	5
1.6 思考与练习	5

学习情境2 转炉设备操作与维护

单元2 转炉系统设备操作与维护	7
2.1 学习目标	7
2.2 工作任务	7
2.3 实践操作	7
2.3.1 使用计算机操作画面进行转炉倾动系统、冷却系统自动控制操作	7
2.3.2 转炉本体、倾动系统、冷却系统设备的日常检查及常见故障的判断与处理	8
2.4 知识学习	12
2.4.1 转炉炉体	12
2.4.2 炉体支承系统	14
2.4.3 倾动机构	19
2.5 知识拓展	22
2.5.1 转炉本体、倾动系统和冷却系统设备的使用	22
2.5.2 转炉本体、倾动系统和冷却系统设备的安全操作规程	23
2.6 思考与练习	23
单元3 混铁炉、混铁车操作与维护	24
3.1 学习目标	24

3.2 工作任务	24
3.3 实践操作	24
3.3.1 混铁车、混铁炉受铁操作	24
3.3.2 混铁炉出铁操作	24
3.3.3 混铁炉保温操作	25
3.3.4 铁水包的日常维护及穿包事故的征兆、判断与处理	25
3.4 知识学习	26
3.4.1 铁水供应	26
3.4.2 混铁炉	27
3.4.3 混铁车	28
3.4.4 废钢供应	28
3.5 知识拓展	29
3.5.1 混铁炉的安全技术操作规程	29
3.5.2 混铁车铁水倒罐站的安全技术操作规程	30
3.5.3 废钢装槽称量作业的安全技术操作规程	30
3.6 思考与练习	31
单元4 转炉散状料供应系统设备操作与维护	32
4.1 学习目标	32
4.2 工作任务	32
4.3 实践操作	32
4.3.1 使用计算机操作画面按工艺要求完成散状料的上料操作	32
4.3.2 散状料供应系统设备常见故障的判断	34
4.4 知识学习	34
4.4.1 散状材料供应	34
4.4.2 铁合金供应	38
4.5 知识拓展	39
4.5.1 上料、加料设备的使用	39
4.5.2 转炉散状料供应系统设备的安全技术操作规程	41
4.6 思考与练习	41
单元5 转炉供气系统设备操作与维护	42
5.1 学习目标	42
5.2 工作任务	42
5.3 实践操作	42
5.3.1 氧枪的升降操作	42
5.3.2 气体压力和流量的调节	42
5.3.3 损坏氧枪的更换	44
5.3.4 供气系统设备的检查	44
5.3.5 供气系统设备常见故障的判断	45
5.4 知识学习	47
5.4.1 制氧基本原理及氧气转炉炼钢车间供氧系统	47

5.4.2 氧枪	49
5.4.3 氧枪升降和更换机构	54
5.4.4 氧枪各操作点的控制位置	58
5.4.5 副枪	59
5.5 知识拓展	61
5.5.1 供氧装置的使用	61
5.5.2 供气系统设备的安全技术操作规程	62
5.6 思考与练习	62
单元6 转炉烟气净化及煤气回收系统设备操作与维护	63
6.1 学习目标	63
6.2 工作任务	63
6.3 实践操作	63
6.3.1 使用计算机操作画面进行烟气净化及煤气回收系统的操作和监控	63
6.3.2 烟气净化及煤气回收系统设备的检查	63
6.3.3 烟气净化及煤气回收系统设备常见故障的判断	64
6.4 知识学习	67
6.4.1 烟气、烟尘的性质	67
6.4.2 烟气、烟尘净化回收系统的主要设备	68
6.4.3 风机与放散烟囱	76
6.4.4 烟气、烟尘的综合利用	77
6.4.5 烟气净化回收系统的防爆与防毒	79
6.4.6 烟气、烟尘净化回收系统简介	80
6.4.7 二次除尘系统及厂房除尘	81
6.4.8 钢渣处理系统	84
6.5 知识拓展	85
6.5.1 烟气净化及煤气回收系统的使用	85
6.5.2 煤气的回收	86
6.5.3 煤气的放散	88
6.5.4 转炉烟气净化及煤气回收系统设备的安全技术操作规程	88
6.6 思考与练习	90

学习情境3 原料准备操作

单元7 铁水质量鉴别与铁水预处理操作	91
7.1 学习目标	91
7.2 工作任务	91

7.3 实践操作	91
7.3.1 根据铁水成分、温度或钢种要求确定是否进行铁水预处理操作	91
7.3.2 KR法和喷吹法的操作规程及注意事项	91
7.4 知识学习	93
7.4.1 铁水	93
7.4.2 铁水预处理	95
7.5 知识拓展	103
7.5.1 铁水预处理的安全技术操作规程	103
7.5.2 铁水预处理的其他方法及发展动态	103
7.6 思考与练习	108
单元8 废钢的验收与装槽供应操作	109
8.1 学习目标	109
8.2 工作任务	109
8.3 实践操作	109
8.3.1 废钢种类的简单识别	109
8.3.2 指挥天车将废钢料吊运至炉前	110
8.4 知识学习	110
8.4.1 废钢的来源及分类	110
8.4.2 废钢质量对冶炼的影响	110
8.4.3 转炉冶炼对废钢的要求	111
8.5 知识拓展	112
8.5.1 废钢装槽吊运的安全技术操作规程	112
8.5.2 废钢代用品的种类及其对冶炼的影响	112
8.6 思考与练习	113
单元9 散状料的验收与准备操作	114
9.1 学习目标	114
9.2 工作任务	114
9.3 实践操作	114
9.3.1 各种造渣材料、合金料的识别及保存	114
9.3.2 合金的烘烤操作	115
9.4 知识学习	115
9.4.1 造渣剂	115
9.4.2 冷却剂	119
9.4.3 铁合金	119
9.4.4 其他材料	121
9.5 知识拓展	121

9.5.1 石灰的种类及生产方法	121
9.5.2 萤石代用品的种类及特点	122
9.6 思考与练习	123

学习情境4 顶吹转炉炼钢生产

单元10 顶吹转炉装料操作	125
10.1 学习目标	125
10.2 工作任务	125
10.3 实践操作	125
10.3.1 确定120t转炉铁水、废钢的配比及装入量	125
10.3.2 检查炉衬状况	126
10.3.3 指挥天车向转炉兑入铁水、加入废钢	126
10.4 知识学习	126
10.4.1 顶吹转炉的装入量	126
10.4.2 顶吹转炉的装入制度	127
10.5 知识拓展	128
10.5.1 转炉装料操作规程	128
10.5.2 转炉装料作业要求	129
10.6 思考与练习	130
单元11 顶吹转炉冶炼操作	131

11.1 学习目标	131
11.2 工作任务	131
11.3 实践操作	131
11.3.1 吹炼操作方案、终点控制方案的编制	131
11.3.2 转炉吹炼中枪位的控制与调节	133
11.3.3 造渣材料的调整与加入	133
11.3.4 温度的判断与控制	134
11.3.5 化渣、飞溅情况的判断与调整	134
11.3.6 吹炼终点的确定及拉碳	135
11.3.7 补吹、终点的判断	135
11.4 知识学习	135
11.4.1 炼钢的基本任务	135
11.4.2 气体射流与熔池的相互作用	136
11.4.3 金属熔体和熔渣的物理化学性质	148
11.4.4 氧气转炉内的基本反应	155
11.4.5 炼钢工艺制度	171

11.5 知识拓展	202
11.5.1 高硫铁水冶炼工艺操作方案的编制及操作控制	202
11.5.2 高磷铁水冶炼工艺操作方案的编制及操作控制	203
11.5.3 测温与取样操作	203
11.6 思考与练习	205
单元 12 出钢及脱氧合金化操作	207
12.1 学习目标	207
12.2 工作任务	207
12.3 实践操作	207
12.3.1 摇炉出钢操作	207
12.3.2 合金加入量的计算	208
12.3.3 脱氧合金化操作	209
12.3.4 合金加入量的调整	210
12.4 知识学习	210
12.4.1 常炼钢种的成分范围	210
12.4.2 出钢要求	210
12.4.3 脱氧合金化原理	214
12.5 知识拓展	219
12.5.1 镇静钢的脱氧	219
12.5.2 沸腾钢的脱氧	221
12.6 思考与练习	221
学习情境 5 炉衬维护操作	
单元 13 炉衬维护操作	223
13.1 学习目标	223
13.2 工作任务	223
13.3 实践操作	223
13.3.1 炉衬侵蚀情况的判断	223
13.3.2 人工投补、喷补操作	224
13.3.3 溅渣护炉及出渣操作	225
13.4 知识学习	226
13.4.1 转炉用耐火材料	227
13.4.2 炉衬寿命及其影响因素	230
13.4.3 溅渣护炉技术	240
13.5 知识拓展	249
13.5.1 常用耐火材料的识别和选用	249

13.5.2 开新炉操作	252
13.5.3 停炉操作	255
13.6 思考与练习	255

学习情境6 复吹转炉炼钢生产

单元14 复吹转炉炼钢生产	257
14.1 学习目标	257
14.2 工作任务	257
14.3 实践操作	257
14.3.1 冶炼前的准备工作	257
14.3.2 炉衬的检查及修补	258
14.3.3 装料操作	258
14.3.4 冶炼操作	259
14.3.5 出钢操作	261
14.3.6 溅渣护炉操作	262
14.3.7 换出钢口操作	263
14.3.8 停炉操作	263
14.4 知识学习	263
14.4.1 复吹转炉炼钢的发展概况	263
14.4.2 复吹转炉的种类及冶金特点	264
14.4.3 复吹转炉的底吹气体	265
14.4.4 复吹转炉的底部供气元件	267
14.4.5 复吹转炉冶炼工艺制度	270
14.5 知识拓展	275
14.5.1 底吹喷嘴的保护	275
14.5.2 底部供气元件的防堵和复通	276
14.5.3 开新炉	277
14.6 思考与练习	280
附录	281
附录1 Q235 的冶炼技术规程 (南京钢铁公司)	281
附录2 SWRH82B 的冶炼技术规程 (安阳钢铁公司)	282
参考文献	284

学习情境 1

转炉炼钢生产认知

单元 1 转炉炼钢生产认知

1.1 学习目标

- (1) 了解转炉生产的特点、发展过程;
- (2) 能够根据转炉炼钢工艺流程图, 准确地按顺序陈述生产工艺的各环节和转炉炼钢车间的设备系统构成。

1.2 工作任务

认识转炉炼钢生产过程及设备构成。转炉炼钢车间生产主要由以下环节组成:

- (1) 将造渣剂、合金通过上料设备运至高位料仓。
- (2) 氧气通过管道送到转炉氧枪, 其他辅料通过天车运至操作平台。
- (3) 将高炉铁水通过铁水罐车或鱼雷罐车运入转炉车间, 铁水罐车中的铁水需兑入混铁炉, 将混铁炉(车)中的铁水出到铁水包, 运至炉前兑入转炉。
- (4) 将运入转炉车间的废钢按废钢配料单装槽, 运至炉前装入转炉。
- (5) 摇正炉体, 降枪吹炼, 适时加入造渣剂造渣, 并进行烟气净化和煤气回收。到达终点时提枪停吹, 测温取样。成分、温度合格后摇炉出钢, 同时完成合金化任务。
- (6) 出钢结束, 视炉衬侵蚀情况维护炉衬, 然后摇炉倒渣, 再将炉子摇到装料位置, 准备下一炉装料。

1.3 实践操作

转炉炼钢是由转炉炼钢工(班组长)协调组织的班组生产过程。转炉炼钢工根据车间生产值班调度下达的生产任务计划工单, 组织本班组人员在规定的时间内, 以经济的方式, 安全地利用转炉及附属设备将铁水冶炼成符合钢种要求的钢水, 并对转炉设备进行维护。

转炉炼钢工首先要根据任务工单上所要求的钢种成分、出钢温度和车间提供的铁水成分、铁水温度, 编制原料配比方案和工艺操作方案。然后与原料工段协调完成铁水、废钢及其他辅料的供应。再组织本班组人员按照操作标准, 安全地完成铁水及废钢的加入、吹氧冶炼、取样测温、出钢合金化、溅渣护炉、出渣等一整套完整的冶炼操作。在进行冶炼操作这个关键环节时, 应与吹氧工配合, 在熟练使用转炉炼钢系统设备的基础上, 运用计

算机操作系统控制转炉的散状料供应系统设备、供气系统设备、除尘系统设备,及时、准确地调整氧枪高度、炉渣成分、冶炼温度、钢液成分,完成出钢合金化和煤气回收任务,保证炼出合格的钢水。此外,还要按计划做好炉衬的维护,并填写完整的冶炼记录。

1.4 知识学习

氧气转炉炼钢自20世纪50年代初问世以来,在世界各国得到了广泛的应用,技术不断地进步,设备不断地改进,工艺不断地完善,在短短的几十年里从顶吹发展到复合吹炼。氧气转炉炼钢的飞速发展,使炼钢生产进入了一个崭新的阶段,钢的产量不断增加,钢的成本不断下降。从目前来看,氧气转炉炼钢法仍是国内外主要的炼钢方法。

1.4.1 氧气转炉炼钢法的发展

1856年,英国人贝塞麦发明了底吹酸性空气转炉炼钢法。将空气吹入铁水,使铁水中的硅、锰、碳高速氧化,依靠这些元素氧化放出的热量将液体金属加热到能顺利进行浇注所需的温度,从此开创了大规模炼钢的新时代。由于采用酸性炉衬和酸性渣操作,吹炼过程中不能去除磷、硫,同时为了保证有足够的热量来源,要求铁水有较高的硅含量。

1879年,英国人托马斯又发明了碱性底吹空气转炉炼钢法,改用碱性耐火材料作炉衬,在吹炼过程中加入石灰造碱性渣,并通过将液体金属中的碳氧化到含量低于0.06%的“后吹”操作,集中化渣脱磷。在托马斯法中,磷取代硅成为主要的发热元素,因此此法适合于处理高磷铁水,并可得到优质磷肥。西欧各国一直使用此法直到20世纪60年代。

早在1856年贝塞麦就提出了利用纯氧炼钢的设想,由于当时工业制氧技术水平较低、成本太高,氧气炼钢未能实现。直到1924~1925年间,德国才在空气转炉上开始进行富氧鼓风炼钢的试验。试验证明,随着鼓入空气中 O_2 含量的增加,钢的质量有明显的改善。但是,当鼓入空气中富氧浓度超过40%时,炉底的风眼砖损坏严重,因此又开展了采用 $CO_2 + O_2$ 或 $CO_2 + O_2 + H_2O$ (汽)等混合气体的吹炼试验,但效果都不够理想,没能投入工业生产。

20世纪40年代初,制氧技术得到了迅速发展,给氧气炼钢提供了物质条件。1948年,德国人杜雷尔在瑞士采用水冷氧枪垂直插入炉内吹炼铁水获得成功。1952年在林茨(Linz)城,1953年在多纳维茨(Donawitz)城先后建成了30t氧气顶吹转炉车间并投入生产,称为LD法。由于氧气顶吹转炉反应速度快、生产率及热效率很高、可使用20%~30%的废钢以及便于自动化控制,又克服了空气吹炼时钢质量差、品种少的缺点,因此成为冶金史上发展最迅速的新技术。

氧气顶吹转炉炼钢法出现以后在世界各国得到了迅速发展,不仅新建转炉、停建平炉,而且纷纷拆除平炉改建氧气转炉,如日本到1997年底已全部拆除平炉。进入20世纪70年代,转炉炼钢技术日趋完善,公称吨位为400t的大型氧气顶吹转炉先后在苏联、联邦德国等国家投入生产,单炉生产能力达400~500万吨/年,大型转炉的平均吹炼时间为11~12min,月平均冶炼周期已缩短到26~28min。氧气转炉不仅能冶炼全部平炉钢种,还可以冶炼部分电炉钢种。随着炉衬耐火材料的不断改进和溅渣护炉技术的应用,炉衬寿命也不断提高,我国武钢氧气转炉炉衬寿命已高达25000次以上。

回顾氧气转炉炼钢技术的发展,可划分为三个时期:

(1) 转炉大型化时期(1950~1970年)。这一时期以转炉大型化技术为核心,逐步完善了转炉炼钢工艺与设备,先后开发出大型化转炉设计制造技术、OG法除尘与煤气回收技术、计算机静态与副枪动态控制技术、镁炭砖综合砌炉与喷补挂渣等护炉工艺技术。

(2) 转炉复合吹炼时期(1970~1990年)。这一时期,由于连铸技术的迅速发展,出现了全连铸的炼钢车间,对转炉炼钢的稳定性和终点控制的准确性提出了更高的要求。为了改善转炉吹炼后期钢-渣反应远离平衡的问题,实现平稳吹炼的目标,综合顶吹、底吹转炉的优点,研究开发出各种顶底复合吹炼工艺技术,并在世界上迅速推广。

(3) 转炉综合优化时期(1990年以后)。这一时期,社会上对洁净钢的生产需求日益增加,迫切需要建立起一种全新的、能大规模廉价生产洁净钢的生产体系。围绕洁净钢生产,研究开发出铁水“三脱”预处理、高效转炉生产、全自动吹炼控制与溅渣护炉等重大新工艺技术,降低了生产成本,大幅度提高了生产效率。

现代转炉炼钢采用的重大技术有:转炉大型化技术,转炉复合吹炼技术,煤气回收与负能炼钢技术,全自动转炉吹炼控制技术,溅渣护炉与转炉长寿技术。

1.4.2 我国氧气转炉的发展概况

1951年,碱性空气侧吹转炉炼钢法首先在我国唐山钢厂试验成功,并于1952年投入工业生产。1954年,开始了小型氧气顶吹转炉炼钢的试验研究工作。1962年,将首钢试验厂空气侧吹转炉改建成3t氧气顶吹转炉,开始了工业性试验。在试验取得成功的基础上,我国第一个氧气顶吹转炉炼钢车间(2×30t)在首钢建成,于1964年12月26日投入生产。而后,又在唐山、上海、杭州等地改建了一批3.5~5t的小型氧气顶吹转炉。1966年,上钢一厂将原有的一个空气侧吹转炉炼钢车间改建成3座30t的氧气顶吹转炉炼钢车间,并首次采用了先进的烟气净化回收系统,于当年8月投入生产,还建设了弧形连铸机与之相配套,扩大了氧气顶吹转炉炼钢的品种。这些都为我国日后氧气顶吹转炉炼钢技术的发展提供了宝贵经验。此后,我国原有的一些空气侧吹转炉车间逐渐改建成中小型氧气顶吹转炉炼钢车间,并新建了一批大中型氧气顶吹转炉车间。我国小型氧气顶吹转炉有天津钢厂20t转炉、济南钢厂13t转炉、邯郸钢厂15t转炉、太原钢铁公司引进的50t转炉、包头钢铁公司50t转炉、武钢50t转炉、马鞍山钢厂50t转炉等,中型氧气顶吹转炉有鞍钢150t和180t转炉、攀枝花钢铁公司120t转炉、本溪钢铁公司120t转炉等。20世纪80年代,宝钢从日本引进建成具有70年代末技术水平的300t大型转炉3座,首钢购入二手设备建成210t转炉车间;90年代,宝钢又建成250t转炉车间,武钢引进250t转炉,唐钢建成150t转炉车间,首钢又建成210t转炉炼钢车间;此外许多平炉车间改建成氧气顶吹转炉车间。到2009年我国氧气顶吹转炉共有616座,其中100t以下的转炉有431座,100~200t的转炉有151座,200t以上的转炉有34座,最大公称吨位为300t。顶吹转炉钢占年总钢产量的84.85%。

1.4.3 氧气转炉炼钢法的特点

与平炉、电炉炼钢法相比,氧气转炉炼钢法具有生产率高、钢中气体含量低、钢的质量好等特点。

氧气转炉炼钢法炉内反应速度快,冶炼时间短,具有很高的生产率。随着转炉容量的增大,生产率进一步提高。图1-1比较了不同炉容下各种炼钢炉的小时产钢量,说明顶吹氧气转炉炼钢法的小时产钢量为平炉炼钢法的6~8倍,是效率极高的炼钢方法。

氧气转炉炼钢法可以生产的钢种范围广,不仅可冶炼微碳($w[\text{C}] < 0.015\%$)、低碳、中碳直到磷含量达1.3%~1.5%的高碳钢,还可冶炼微量的工业纯铁、低合金到中合金钢,并可冶炼镍、铬含量高达30%的超低碳不锈钢。

氧气转炉钢具有与平炉钢相同或更高的质量。氧气转炉炼钢法具有下列优点:

(1) 钢中气体含量少,见表1-1。

(2) 由于炼钢主要原材料为铁水,废钢用量所占比例不大,因此Ni、Cr、Mo、Cu、Sn等残余元素含量低。由于钢中气体和夹杂少,氧气转炉钢具有良好的抗时效性能、冷加工变形性能和焊接性能,钢材内部缺陷少。其不足之处是强度偏低,淬火性能稍次于平炉钢和电炉钢。此外,氧气转炉钢的力学性能及其他方面性能也是良好的。

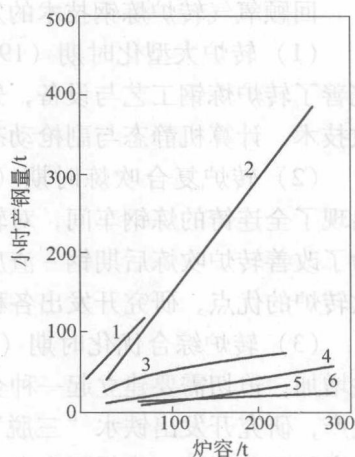


图1-1 各种精炼炉的炼钢效率

1—碱性转炉；2—纯氧顶吹转炉；

3—氧气侧吹转炉；4—碱性平炉

(氧气使用量(标态)为10~40m³/t)；

5—电炉；6—酸性平炉

表1-1 各种炼钢法的气体含量

项目 炼钢法	$w[\text{H}]/\times 10^{-6}$	$w[\text{N}]/\times 10^{-6}$	$p_{\text{H}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kPa}$	p_{CO}/kPa	$p_{\text{N}_2}/\text{kPa}$	$w[\text{O}]/\%$
碱性平炉	3~7 ^③	30~60	≈ 0.2 (吹蒸汽)		≈ 0.65	0.04~0.07
酸性平炉	3~6	25~60	≈ 0.15 (吹空气)		≈ 0.7	0.03~0.05
碱性电炉(氧化期)	3~7 ^③	30~80	≈ 0.2 (吹蒸汽)		≈ 0.8	0.04~0.07
碱性电炉(还原期)	3~6 ^①	60~150	≈ 0.04	≈ 0.6	$p_{\text{N}_2} \approx 50p_{\text{CO}_2}$ (平衡时)	0.004~0.01
	6~10 ^②					
	3~10 ^③					
氧气顶吹转炉	1~3	10~20	≈ 0	≈ 100		0.04~0.06

①吹氩法；

②普通法；

③矿石法。

(3) 原材料消耗少,热效率高,成本低。氧气转炉金属料消耗量一般为1100~1140kg/t,比平炉稍高些。耐火材料消耗量仅为平炉的15%~30%,一般为2~5kg/t。由于氧气转炉炼钢是利用炉料本身的化学热和物理热,热效率高,不需外加热源,因此,在燃料和动力消耗方面比平炉、电炉均低。氧气转炉的高效率和低消耗,使钢的成本较低。

(4) 原料适应性强。氧气转炉对原料的适应性强,不仅能吹炼平炉生铁,而且能吹炼中磷($w[\text{P}] = 0.5\% \sim 1.5\%$)和高磷($w[\text{P}] > 1.5\%$)生铁,还可吹炼含钒、钛等特殊成分的生铁。

(5) 基建投资少, 建设速度快。氧气转炉设备简单、重量轻, 所占的厂房面积和所需重型设备的数量比平炉车间少, 因此投资比相同产量的平炉车间低 30% ~ 40%, 而且生产规模越大, 基建投资就越省。氧气转炉车间的建设速度比平炉车间快得多。

(6) 氧气转炉炼钢生产比较均衡, 有利于与连铸配合, 还有利于开展综合利用(如煤气回收)及实现生产过程的自动化。

但氧气转炉炼钢法在钢的品种上还不如电炉, 特别是炼制高合金钢还有一定的困难; 在原料适应性方面, 吹炼高磷生铁时存在一定问题, 吹炼高碳钢种时终点控制较难, 这些都有待进一步研究解决。

近年来, 由于氧气转炉炼钢与炉外精炼技术相结合, 所炼钢种进一步扩大, 目前能生产的钢种近 300 个。日本和美国氧气转炉生产的合金钢或特殊钢占转炉钢产量的 10% 以上。目前, 采用转炉-精炼-连铸工艺生产优特钢成为一种发展趋势, 与电炉炼钢相比, 具有原料纯净(铁水冶炼, 钢中杂质元素和残留元素含量低且稳定)、终点温度和成分的命中率高、生产周期短等优势, 既提高了产品质量, 又降低了生产成本。

1.5 知识拓展

展望 21 世纪, 转炉炼钢生产技术将出现以下发展趋势:

(1) 合理优化工艺流程, 形成紧凑式连续化的专业生产线。目标是: 以产品为核心, 将铁水预处理、炼钢、精炼、连铸和轧钢有机地结合起来, 形成紧凑式连续化生产的专业生产线。这样, 从铁水到成品钢材的生产周期将缩短到 2.5 ~ 3h。

(2) 转炉高速吹炼工艺技术。目标是: 建立一座转炉吹炼制, 使一座转炉的产量达到传统两座转炉的生产能力, 冶炼周期为 20 ~ 25min, 年产炉数不少于 15000 炉, 转炉炉龄不低于 15000 炉。

(3) 建立大规模、廉价生产洁净钢的生产体系。目标是: 大规模生产洁净度高的钢材, 某些钢种(如 IF 钢、石油管线钢等)应达到钢中杂质总量 $w[S] + w[P] + w[TO] + w[N_2] + w[H_2] \leq 100 \times 10^{-6}$; 成分控制精度为 $C \pm 0.01\%$, $Si, Mn \pm 0.02\%$; $Ti, V, Nb < \pm 0.01\%$; 夹杂物直径 $d_s \leq 10\mu m$, 无脆性夹杂物。

(4) 节能与环境保护。目标是: 转炉炼钢工序实现“负能”炼钢, 减少炼钢渣量 50%, 全部粉尘回收利用。

1.6 思考与练习

简述为什么转炉炼钢方法是使用最多的方法。

