

武钢炼钢生产技术 进步概况



萧忠敏 编

冶金工业出版社

武 钢 炼钢生产技术进步概况

萧忠敏 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

北 京

冶金工业出版社

2003

内 容 简 介

本书以武钢3座钢厂的生产工艺技术为基础,从理论上简要介绍了现代转炉钢厂的生产工序,即铁水预处理—转炉顶底复合吹炼—钢水炉外精炼—连续铸钢的发展史、基本原理、工业应用和发展趋势;从生产实践上较系统、详细地介绍了武钢3座钢厂上述4个主要工序的设计参数、技术装备、工艺研究、质量改进、产量提高、品种开发、技术创新、生产实绩等情况,并对有关工序下一步的发展提出了建议。

全书共分12章,内容包括:武钢炼钢概况、铁水预处理技术、氧气顶吹转炉和顶底复合吹炼、溅渣护炉、计算机控制炼钢及转炉工序负能炼钢等技术开发应用,钢水炉外精炼技术、连铸、武钢3座钢厂生产和开发的钢种系列、钢号和获奖简况,投产以来钢产量增长及“九五”以来主要技术经济指标,炼钢系统历年主要科技进步项目获奖简况,炼钢系统获国家专利及技术输出,武钢“十五”科技进步规划炼钢专业的主要目标,炼钢生产技术部分常用技术和术语及部分常用英文缩写词汇,炼钢技术经济指标等。

本书可供炼钢专业的科技人员、管理人员和生产操作人员参考,也可供炼钢前后工序的有关人员了解炼钢生产技术时阅读。

图书在版编目(CIP)数据

武钢炼钢生产技术进步概况/萧忠敏编. —北京:冶金工业出版社,2003.12
ISBN 7-5024-3336-8

I. 武... II. 萧... III. ①转炉炼钢 ②炼钢厂—技术进步—概况—武汉市 IV. ①TF71 ②F426.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 078314 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

责任编辑 朱华英 美术编辑 王耀忠

责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 李玉山

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003年12月第1版,2003年12月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;38.25印张;917千字;578页;1—2000册

98.00元

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(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

编审委员会

主 任 刘本仁 邓崎琳

副 主 任 张 翔 宰文新 傅连春

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 刚 刘良田 刘振清 李凤喜 余志祥

余新河 赵继宇 骆忠汉 喻承欢

武钢在我国攀登世界最大产钢国高峰的全过程中功勋卓著。一炼钢以大型平炉工艺从1959年起为祖国提供了包括武钢含铜钢系列的数千万吨优质钢。二炼钢开发氧气转炉顶底复吹工艺、设置炉外处理并率先引进板坯连铸，领先建成国内首家全连铸氧气转炉炼钢厂，顺利地为武钢一米七轧机提供原料钢坯。改革开放后90年代，具有世界一流装备的三炼钢建成投产，一炼钢技术改造计划也全部完成，平炉功成身退，全公司以最新工艺流程继续发展。

三个炼钢厂针对不同时期市场对钢材品种质量的新要求，和降低生产成本的永恒目标，都持续努力发展自己的创新能力、吸收外来经验、密切多方合作，对原有工艺实施各种各样的改进、升级措施，取得了非常显著的成效，有的还成为国际同行瞩目的亮点。半个世纪来，武钢炼钢所以能始终出色完成其全部承担任务，这也是一个决定性的因素。

本书以严谨的态度，充分的资料，对三个炼钢厂历来建设、改造、生产和管理方面的重要技术进步举措，就其来龙去脉、主要内容、实施情况、经济效果等，做了较详细的阐述和中肯的解析，无疑将给广大读者——其中包括这些项目本身的发动者、实施者、参与者、支持者和关心者——带来很大鼓舞和更坚定的信心，并对今后工作带来有益的启发。它是武钢优良企业文化氛围中萌发出来的一叶新秀，有助于武钢继续发展成为祖国更强大的、以高新钢材为特色的钢铁企业。谨表深切欢迎、衷心祝贺。

邵象华

2003年7月31日

中国科学院院士、中国工程院院士、原中国金属学会常务理事及炼钢学术委员会主任、
炼钢学会理事长邵象华题词

回顾总结历史，
理清开发思路，
不懈务实创新。

殷瑞钰

2003. 7. 15

中国工程院院士、中国金属学会副理事长及炼钢专业委员会主任委员、钢铁研究总院名誉院长、
原冶金工业部副部长殷瑞钰题词

祝武钢炼钢生产技术
不断发展，为中国钢铁
事业作出更大贡献。

邓崎琳

二〇〇二年二月

武汉钢铁集团公司副总经理、有限责任公司总经理、中国金属学会理事及
炼钢专业委员会副主任委员邓崎琳题词

序

纵观 20 世纪国际钢铁工业的发展进程,可以清晰地看到炼钢生产技术的进步显著地促进了整个钢铁工业的发展,特别是 20 世纪 50 年代以来,炼钢领域先后开发出氧气顶吹转炉、连续铸钢、炉外精炼、超高功率电炉、近终形连铸以及与之相伴出现的铁水预处理、计算机自动控制炼钢、连铸—连轧紧凑流程等一系列新技术、新工艺,不但加速了炼钢生产技术的发展,而且也促进了整个钢铁工业生产流程的变革。

我国改革开放以来,特别是近 10 余年来,随着整个国民经济的高速持续发展,钢铁工业生产也取得了巨大成就。1981 年钢产量增加到 3340 万 t 时,连铸比(下同)仅 7.6%;1996 年钢产量达到 10124 万 t,跃居世界第一产钢大国,连铸比上升至 60.07%;2001 年钢产量达到 15266 万 t,连铸比再上升至 89.44%,超过世界连铸比平均 86.6% 的水平;2002 年钢产量达到 18155 万 t,钢产量已连续 7 年保持世界第一。这是炼钢行业不断采用新工艺、新技术、优化工艺和优化品种结构,取得举世瞩目成绩的充分体现。

武钢是“一五”期间由苏联援建的新中国第一个现代化大型钢铁联合企业,炼钢采用 500t 平炉—模铸工艺生产。一炼钢从 1959 年 9 月底投产至 1999 年淘汰落后工艺、完成技术改造,40 年间共生产钢 6421.8 万 t,占同期公司累计钢产量的 58.27%,为国家的经济建设和国防建设做出了巨大贡献。

在此有必要向中青年炼钢科技工作者和生产操作人员简介一下武钢含铜钢的研究和开发概况。一炼钢投产初期,武钢高炉所用的大冶铁矿含铜量高,冶炼过程无法脱铜,以致一炼钢投产初期钢中含铜量达 0.40% 以上。20 世纪 50 年代,国外不少资料认为,钢中含铜不应大于 0.35%。国内使用钢材部门,对含铜钢材认识也不一致,严重制约了武钢的生产和发展。为此,国务院和国家科委、国家计委、冶金部的领导,都十分重视武钢含铜钢的研究和生产,将其列入 1963~1972 年国家 10 年科技发展规划,拨专款在武钢建立了我国第一个铜钢试验基地,并先后组织国内科研单位、高校、企业等与武钢合作,共同进行了系统、大量、长期的研究。研究结果表明:钢中含有一定量的铜,在采用适宜的加热、轧制和产品深加工工艺的条件下,不但不会降低钢材的性能,而且还可提

高钢的强度和耐大气腐蚀性能。武钢在国内首创了含铜钢系列,先后研制出 65 个含铜钢号,包括一批可用于重要项目建设的含铜的低合金钢种,从理论上和实践上提高了我国含铜钢的研究能力和生产技术水平。1700mm 轧机投产前,国外专家认为含铜钢不能轧制硅钢片、镀锡板等主要产品,同样,大量的系统的试验研究表明,含有一定量的铜对钢材的性能无影响,国外专家信服了这些研究结论。武钢对含铜钢的研究和开发创新工作,不但对武钢的生产、发展起到“存亡”的关键作用,而且对世界通用含铜钢的标准有了新的突破和贡献。

改革开放以来,特别是近 10 多年来,武钢在炼钢生产技术领域取得了显著的进步和巨大的成绩。20 世纪 70 年代中后期在引进 3 套 1700mm 板材轧机的同时,二炼钢引进了具有当时国际一流水平的连铸、钢水精炼和铁水脱硫等设备,成为我国第一个具有铁水脱硫预处理—氧气顶吹转炉—钢水炉外精炼—连铸生产流程的较现代化的炼钢厂。1985 年 3 月,二炼钢在国内率先实现全连铸生产,它是在攻克了高牌号硅钢连铸技术难题和采用了一系列连铸新技术、新工艺的基础上,突破原设计连铸比 80% 的指标而实现的。其总结出的全连铸生产技术管理经验“以连铸为中心、以转炉为基础、以设备为保证”,被原冶金工业部定为推进全国连铸生产的技术方针。与此同时,二炼钢立足国内,自主开发的氧气转炉顶底复合吹炼技术对实现全连铸和开发众多新钢种也起到显著作用。20 世纪 90 年代中后期,随着具有世界一流装备水平的三炼钢的投产和一炼钢技改的完成,公司于 1999 年年底实现了全连铸生产,在国内 4 个年产 500 万 t 钢以上的特大型钢铁企业中率先实现全连铸。近几年来,炼钢系统在复吹转炉溅渣护炉、计算机控制炼钢提高终点碳、温度双命中率、提高钢水精炼和铁水预处理生产技术水平、生产高质量洁净钢等诸多方面均取得显著成绩,达到世界一流水平,复吹转炉炉龄居于国际领先水平。炼钢系统生产的“双高”钢种和优质铸坯为轧钢系统提供了优良的原料,从而为公司经济效益的持续增长做出了巨大贡献。

萧忠敏同志在武钢从事炼钢科研及技术管理工作近 45 年。在工作期间,他深入实际、钻研业务,收集了大量的资料,接受委托后,用了半年多时间,编写出《武钢炼钢生产技术进步概况》一书,全书约 90 余万字。该书既系统介绍了转炉钢厂 4 个主体工序技术的发展简史、基本原理、工业应用和发展趋势,又较详细地介绍了武钢 3 座钢厂 4 个主体工序的设计参数、技术装备、工艺研究、质量改进、产量提高、品种开发、技术创新、生产实绩和与时俱进地进行一系列技术改造等情况,并对各工序下一步的发展提出了看法和建议。该书不但对公司炼钢专业的科技、管理和生产操作人员会有所参考、启迪,起到以史为鉴的作用,而

且对炼钢前后工序及公司有关人员了解炼钢生产技术也有一定参考作用。

我祝贺此书的出版和发行,并祝愿早日实现“把武钢建设成为国际一流水平的现代化钢铁企业,形成年产 1200 万 t 钢的生产能力,成为我国硅钢片和汽车板的主要生产基地”的发展目标。希望此书会对武钢炼钢生产技术的继续发展和进步起到促进作用。

张春铭

2003 年 2 月 18 日

张春铭 武汉钢铁公司原副经理、总工程师、曾任中国科学技术协会全国委员会委员、中国金属学会常务理事、湖北省金属学会副理事长、湖北省科协副主席

编者的话

2002年7月,武汉钢铁有限责任公司技术质量部领导召集部内几位同志开会,传达集团公司有关部门的意见:要求编写一套结合武钢生产情况并具有知识性、趣味性和故事性的钢铁生产普及知识丛书。我部承担炼铁、炼钢、轧钢和硅钢等专业的编写任务。但当时对该套丛书的编写深度、读者对象、篇幅大小等均未明确,只要求8月底各承担作者提出编写大纲或提纲,再开会研究。

笔者接受炼钢专业的编写任务后,苦思良久,感到有几个问题必须搞清楚,方可开始进行编写:(1)读者对象和编写内容的深浅;(2)炼钢专题的篇幅大小,字数应控制在多少范围;(3)炼钢专业技术结合武钢生产可以写成较系统的知识性的读物,但要写成故事性、趣味性的读物却十分困难。对这些问题曾多次征询过有关人员的意见。

鉴于上述情况,为了按时提出编写大纲,笔者按自己的构思,提出了以下内容的编写大纲:(1)大纲应包括武钢3座钢厂炼钢全工序的内容,即铁水预处理、转炉冶炼、钢水精炼、连铸等工序;(2)既要适宜公司炼钢专业的科技人员参考,也要对广大生产操作人员有所启迪,所以对上述4个工序既应有一部分理论知识的阐述,又应结合武钢3座钢厂的生产技术实际予以介绍;(3)武钢炼钢投产至今已有43年的历史,转炉-连铸工艺虽已淘汰了落后的平炉—模铸工艺,但一炼钢在技术改造前的40年间已生产6421万t钢,为武钢生产乃至全国钢铁生产和国家建设做出了重要贡献,不应忘记武钢炼钢生产技术的发展历史,对落后的已淘汰的生产工艺技术可以不写,但对一炼钢所做的贡献应予以充分肯定;(4)除了对炼钢工作者有较强的针对性外,也要考虑对炼钢前后工序、即炼铁和轧钢系统的人员及公司有关部门的人员了解炼钢生产技术也有一定的参考作用。基于这些考虑,起草了一个系统较完整、内容较齐全、篇幅较大的编写大纲。技术质量部领导肯定并支持了这份提纲,并让笔者按其思路放开写,不要受字数篇幅的限制,写出后再请公司领导、各钢厂、各单位炼钢专业有关领导和专家审定、修改。

为此,笔者开始收集整理有关资料,按照提纲所列章节内容开始编写这本定名为《武钢炼钢生产技术进步概况》一书。其主要内容包括12个部分:(1)武钢炼钢概况;(2)铁水预处理技术;(3)氧气顶吹转炉和顶底复合吹炼、溅渣护炉、计算机控制炼钢及转炉工序负能炼钢等技术开发应用;(4)钢水炉外精炼技

术;(5)连铸;(6)武钢3座钢厂生产和开发的钢种系列、钢号和获奖简况;(7)武钢产量增长及“九五”以来主要技术经济指标;(8)武钢历年炼钢系统主要科技进步项目获奖简况;(9)武钢炼钢系统技术专利申请、获国家专利及技术输出;(10)武钢炼钢专业“十五”科技进步规划的主要目标;(11)炼钢生产技术部分常用技术和术语及部分常用英文缩写词汇;(12)炼钢技术经济指标等。在主要章节中均较详细地介绍了武钢3座钢厂的有关生产、技术、品种、质量、试验研究和开发创新等情况,并较系统地介绍了武钢炼钢系统投产以来的有关资料。

在此需要说明的是,书中所介绍的理论内容,绝大部分引自2001年3月出版的《中国冶金百科全书》(钢铁冶金),该《全书》是几十位国内知名专家、教授按“条目”内容精心编写的,不但浓缩了该项技术的精华,而且又用较通俗易懂的写法阐述了基本理论和技术工艺知识,具有较高的权威性。它既不同于一般的教科书,也不同于专题技术论文,对了解某一“条目”的内容有很好的系统性、科学性、知识性,对于炼钢专业技术人员、生产操作人员以及公司内非炼钢专业的有关人员均有重要的参考、指导和启迪作用。笔者对个别条目的内容做了部分补充。将这些资料介绍给公司广大炼钢工作者是非常有益的。本书引用的武钢生产技术实践的主要资料,系笔者收集的公司生产、科研、管理等部门炼钢工作者公开发表的文章,少数为公司的内部资料,共105篇(份)。所有这些文章,都是公司炼钢系统的专业人员对生产实践、工艺研究、质量改进、产量提高、品种开发、技术创新等多方面内容所做的生产和技术总结。对重大项目的成果鉴定亦予以介绍。该书引用的这些文章内容,从一个侧面也反映了武钢炼钢生产技术的进步,特别是近几年的显著进步。在引用的资料中,也包括笔者撰写和联合撰写的涉及铁水脱硫、转炉复吹、溅渣护炉、钢水精炼、实现全连铸、转炉扩容的系统改造、淘汰平炉的技术改造、弧形铸机的改造等内容的文章及有关资料20篇。笔者1958年从鞍钢调来武钢至今,已在武钢炼钢专业的科研和技术管理部门工作了近45年,将收集到的这些炼钢生产技术的资料介绍给同行,或许会对中青年同行有一定参考作用。

在本书完稿之时,传来武钢2002年3座钢厂已生产745万t钢的喜讯,2003年公司计划大幅度增加钢产量到830万t。2003年1月9日,刘本仁总经理在公司工作会议上的报告中提出:“到‘十五’末期,初步把武钢建设成为国际一流水平的现代化钢铁企业,形成1200万t钢的生产能力,成为我国生产硅钢片和汽车板的主要生产基地”。在此,我衷心地期待和祝愿这一目标早日实现。

笔者衷心感谢90高龄的邵象华院士、殷瑞钰院士、刘本仁总经理、邓崎琳副总经理在百忙中为本书题词;衷心感谢84岁高龄的原公司副经理、总工程师张春铭老前辈为本书作序;衷心感谢公司、3座钢厂、技术质量部、技术中心各位领

导和专家组成的编审委员会在提供资料、审定稿件等方面所给予的大力支持、帮助和指正;还要诚挚地感谢刘良田教授级高级工程师对全书进行仔细的审校。

由于笔者是在承担《炼钢》杂志主编工作之余抓紧时间赶在年底前完成此书的编写任务的,故时间非常紧促,收集的资料定有不够全面的地方,甚至还可能有一些不妥之处,恳请公司领导、专家、炼钢同行和读者予以指正。

萧忠敏

2003年1月18日初稿

2003年6月16日修订

目 录

1 武钢炼钢概况

1.1 炼钢概述	1
1.1.1 炼钢的基本原理	1
1.1.2 炼钢的主要方法、分类、钢的组织 and 性能	2
1.1.2.1 钢的分类	2
1.1.2.2 主要炼钢方法	3
1.1.2.3 钢的组织 and 性能	5
1.1.3 武钢炼钢概述	6
1.2 武钢第一炼钢厂	6
1.2.1 兴建、生产和原主体工艺的淘汰	6
1.2.2 技术改造及其主体工艺和技术装备	7
1.2.2.1 技术改造	7
1.2.2.2 技术改造的规模、主体工艺和技术装备	7
1.2.3 产品大纲和主导钢种	7
1.3 武钢第二炼钢厂	8
1.3.1 建设和生产	8
1.3.2 主体工艺和技术装备	8
1.3.3 产品大纲和主导钢种	9
1.4 武钢第三炼钢厂	9
1.4.1 兴建和生产	9
1.4.1.1 投产难度、达产速度达到国际先进水平	10
1.4.1.2 产量逐年大幅度增加	11
1.4.2 主体工艺和技术装备	11
1.4.3 生产的主导钢种	11

2 铁水预处理技术

2.1 铁水预处理技术	12
2.1.1 铁水预处理技术概述	12
2.1.1.1 目的	12
2.1.1.2 原理	12
2.1.1.3 工艺	13
2.1.1.4 预处理剂	13
2.1.2 铁水预脱硫	13
2.1.2.1 脱硫工艺	14

2.1.2.2 影响铁水脱硫效果的主要因素	14
2.1.2.3 铁水脱硫技术的展望	15
2.1.3 铁水预脱硅	15
2.1.3.1 脱硅工艺和方式	16
2.1.3.2 高炉炉前脱硅的过程控制	17
2.1.3.3 影响脱硅效果的主要因素	17
2.1.4 铁水预脱磷	17
2.1.4.1 脱磷工艺和方法	18
2.1.4.2 影响脱磷效果的主要因素	19
2.1.4.3 脱磷铁水的应用效果	20
2.1.4.4 铁水预脱磷存在的问题	21
2.2 武钢3座钢厂铁水预处理装备类型及应用效果	22
2.2.1 概况	22
2.2.1.1 武钢铁水脱硫技术装备及脱硫量增长	22
2.2.1.2 武钢3座钢厂铁水脱硫工艺主要设计参数	23
2.2.1.3 武钢铁水脱硫能力的展望	24
2.2.2 一炼钢铁水罐喷吹式脱硫技术及应用	25
2.2.2.1 设计的脱硫装置的应用	25
2.2.2.2 采用纯镁脱硫剂的技术改造和工艺优化	25
2.2.2.3 纯镁铁水脱硫的综合效果	28
2.2.3 二炼钢铁水罐KR机械搅拌式脱硫技术及应用	29
2.2.3.1 KR机械搅拌式铁水脱硫技术的应用	29
2.2.3.2 新建2号铁水脱硫站的选型和生产	29
2.2.4 三炼钢鱼雷罐喷粉式铁水脱硫技术及应用	31
2.2.4.1 鱼雷罐喷粉技术应用效果	31
2.2.4.2 对鱼雷罐喷吹工艺采用的几项改进措施	31
2.2.4.3 影响鱼雷罐铁水脱硫效果和回硫因素的简析	32
2.2.4.4 脱硫工序存在的问题及扩大铁水脱硫能力时应考虑的方案	35
3 氧气顶吹转炉及顶底复合吹炼、溅渣护炉、计算机控制 炼钢及转炉工序负能炼钢等技术开发应用	
3.1 氧气顶吹转炉及顶底复合吹炼技术	36
3.1.1 氧气顶吹转炉炼钢技术概述	36
3.1.1.1 简史	36
3.1.1.2 吹炼过程	38
3.1.1.3 热源及温度控制	38
3.1.1.4 吹炼时氧的传递过程	39
3.1.1.5 转炉吹炼反应	40
3.1.1.6 造渣和脱磷脱硫	40

3.1.1.7 吹炼终点控制	42
3.1.1.8 钢的品种和质量	46
3.1.2 氧气顶吹转炉主要构件及相关附属设备	47
3.1.2.1 转炉炉体	48
3.1.2.2 氧枪	49
3.1.2.3 副枪	50
3.1.2.4 附属设备	51
3.1.2.5 挡渣出钢	52
3.1.3 氧气转炉顶底复合吹炼技术	53
3.1.3.1 简史	54
3.1.3.2 工艺原理和设备配置	54
3.1.3.3 顶底复吹的类型	58
3.1.3.4 技术经济效益	59
3.2 武钢3座钢厂氧气转炉装备、设计参数及达产	59
3.2.1 一炼钢氧气转炉装备、设计参数及达产	59
3.2.1.1 氧气转炉技术装备	59
3.2.1.2 转炉主要技术经济指标	60
3.2.1.3 达产简况	60
3.2.2 二炼钢氧气转炉装备、设计参数及达产	61
3.2.2.1 氧气转炉技术装备	61
3.2.2.2 转炉扩容前后主要技术参数对比	61
3.2.2.3 转炉扩容系统改造的主要内容、冶金效果和经济效益	62
3.2.3 三炼钢氧气转炉技术装备、设计参数及达产	65
3.2.3.1 氧气转炉技术装备	65
3.2.3.2 转炉主要技术经济指标	66
3.2.3.3 达产简况	66
3.3 武钢氧气转炉顶底复合吹炼技术的开发与应用	67
3.3.1 复吹技术开发与应用	67
3.3.1.1 50t 转炉复吹技术自主开发	67
3.3.1.2 “七五”国家重点科技攻关	67
3.3.1.3 转炉复吹技术开发获奖情况	68
3.3.2 50t 转炉复吹装备技术和吹炼工艺技术的开发	69
3.3.2.1 50t 转炉复吹装备技术的开发	69
3.3.2.2 50t 转炉复吹工艺技术的开发	69
3.3.3 50t 转炉复吹的冶金特征、效果与经济效益	74
3.3.3.1 钢中碳和氧	74
3.3.3.2 渣中总铁量	75
3.3.3.3 钢中锰	75
3.3.3.4 脱磷	76

3.3.3.5 脱硫·····	77
3.3.3.6 质量提高·····	77
3.3.3.7 品种增加·····	78
3.3.3.8 消耗降低·····	79
3.3.3.9 经济效益显著·····	80
3.3.4 3座钢厂转炉复吹的应用·····	80
3.3.4.1 250t 转炉复吹供气模式的优化·····	81
3.3.4.2 3座钢厂复吹转炉底部供气砖的布置·····	82
3.4 武钢复吹转炉溅渣护炉炉龄长寿和稳定冶金效果技术的创新和应用·····	82
3.4.1 转炉溅渣护炉技术的开发与国内外的应用概述·····	82
3.4.1.1 转炉溅渣护炉技术的开发及国外的应用·····	82
3.4.1.2 转炉溅渣护炉技术在国内的应用·····	83
3.4.2 转炉溅渣护炉的基本操作和炉龄长寿机理研究·····	83
3.4.2.1 基本操作·····	83
3.4.2.2 炉龄长寿机理研究·····	84
3.4.3 溅渣层的浸蚀特性和适宜溅渣护炉的终渣成分控制·····	85
3.4.3.1 溅渣层的浸蚀特性·····	85
3.4.3.2 适宜溅渣护炉的终渣成分控制·····	85
3.4.4 顶底复吹转炉采用溅渣护炉技术后,底部供气元件寿命明显降低,冶金效果 受到严重影响·····	86
3.4.4.1 概况·····	86
3.4.4.2 国内外技术对策·····	87
3.4.5 武钢复吹转炉溅渣护炉工艺技术的创新·····	87
3.4.5.1 课题的研究内容、目的与意义·····	87
3.4.5.2 武钢开发创新的复吹转炉溅渣护炉关键技术和控制技术·····	88
3.4.6 武钢采用复吹转炉溅渣护炉后,炉龄长寿、底部供气砖同步和稳定的冶金 效果·····	90
3.4.6.1 复吹转炉炉龄大幅度提高,与底部供气砖使用次数同步,炉形 得到合理控制·····	90
3.4.6.2 稳定良好的复吹冶金效果·····	92
3.4.6.3 长寿蘑菇头透气效果的冷态实验研究·····	103
3.4.6.4 采用溅渣护炉工艺实现长寿炉龄的经济效益简析·····	104
3.4.6.5 关于经济溅渣炉龄的初步研究·····	106
3.4.6.6 武钢复吹转炉溅渣护炉工艺技术获奖情况·····	107
3.5 三炼钢计算机控制炼钢技术的自主开发和成功应用·····	108
3.5.1 概述·····	108
3.5.1.1 简史·····	108
3.5.1.2 三炼钢转炉计算机控制系统·····	108
3.5.1.3 国内钢厂应用及三炼钢自主开发和成功应用·····	109