

冶金科学技术普及读物  
现代钢铁流程

# 新编 钢水精炼暨 铁水预处理

# 1500 问

本书编辑委员会 编



中国科学技术出版社

冶金科学技术普及读物

# 新编 钢水精炼暨 铁水预处理 1500 问

本书编辑委员会 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本书共十二章,1546问。第一章,常用铁水预处理技术;第二章,RH真空循环脱气精炼技术;第三章,LF钢包炉外精炼技术;第四章,VD真空吹氧脱碳精炼技术;第五章,VOD真空吹氧脱碳精炼技术;第六章,AOD氩氧脱碳精炼技术;第七章,ASEA-SKF钢包精炼技术;第八章,CAS精炼技术;第九章,典型钢种(IF钢、轴承钢、硬线用钢、石油管线钢、齿轮钢、不锈钢、重轨钢、弹簧钢、耐候钢、硅钢)的钢水精炼;第十章,炉外处理与炼钢连铸的合理匹配和车间的工艺布置;第十一章,铁水预处理和钢水精炼用耐火材料;第十二章,钢水精炼自动化。本书可作为钢水精炼暨铁水预处理生产操作者自学或培训的教材,亦可供从事钢水精炼暨铁水预处理技术工作的科技人员和管理人员参考,还可供大、中专院校冶金专业的学生参考,又可供为钢水精炼暨铁水预处理生产提供设备、配件及技术服务的供方企业营销与技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

新编钢水精炼暨铁水预处理 1500问/本书编辑委员会 编,  
北京:中国科学技术出版社,2007.3  
ISBN 978-7-5046-4627-9

I. 新... II. 本... III. 钢水-精炼-问答  
IV. TF769-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 019837 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书

中国科学技术出版社出版  
北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081  
电话:010-64441867 传真:010-64441856  
<http://www.kjpbbooks.com.cn>  
科学普及出版社发行部发行  
北京北方印刷厂印刷

开本:787毫米×1092毫米 1/16 印张:25 字数:640千字  
2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷  
印数:1-6000册 定价:89.00元  
ISBN 978-7-5046-4627-9/TF·19

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

# 《新编钢水精炼暨铁水预处理 1500 问》

## 编辑委员会名单

### 主 编

- 成国光 博士、教授、博士研究生导师、北京科技大学冶金与生态工程学院钢铁冶金系主任
- 萧忠敏 中国金属学会炼钢专业委员会委员、《炼钢》杂志主编、武钢科技创新部教授级高级工程师
- 姜周华 博士、教授、博士研究生导师、东北大学钢铁冶金研究所所长、教育部材料先进制备技术工程研究中心常务副主任

### 副 主 编 (排名不分先后)

- 姜起华 研究员 中国钢铁工业协会副秘书长, 中国冶金报社社长
- 刘良田 教授级高级工程师 武钢硅钢管理部
- 李凤喜 教授级高级工程师 中国金属学会炼钢分会及连铸分会副主任委员、武钢第二、第三炼钢厂厂长
- 焦晓渝 教授级高级工程师 钢铁研究总院科技信息室副主任
- 缪新德 高级工程师 江阴兴澄特种钢铁有限公司技术部部长
- 李 林 博士、教授级高级工程师 钢铁研究总院耐火材料研究室副主任
- 陆江帆 高级工程师 上海宝钢股份有限公司特殊钢分公司党委副书记
- 汪周勋 高级工程师 上海宝钢工程技术有限公司首席设计师
- 傅君彪 高级工程师 东北特钢集团大连金牛股份有限公司技术质量部副部长

- 孙彦广 高级工程师 冶金自动化研究设计院副院长
- 朱 荣 博士 北京科技大学冶金与生态工程学院教授
- 张家泉 博士、博士研究生导师、北京科技大学冶金与生态工程学院教授
- 周 俐 硕士 安徽工业大学冶金资源学院教授
- 高 伟 硕士 首钢第二炼钢厂精炼车间
- 王明林 博士 连铸技术国家工程研究中心
- 战东平 博士 东北大学钢铁冶金研究所
- 李花兵 博士 东北大学钢铁冶金研究所
- 游香米 博士 东北大学钢铁冶金研究所
- 赵继增 教授级高级工程师 北京利尔耐火材料(集团)有限公司总裁
- 赵大同 工程师 太钢第二炼钢厂厂长助理兼技术质量科科长
- 丁永锷 高级工程师 上海宝钢工程技术有限公司冶炼事业部
- 陆闻言 硕士 《中国冶金报》总编辑
- 陈贵民 中国冶金报社副社长
- 娄 霆 高级工程师 合肥市百胜科技发展有限公司董事长兼本溪北台钢铁(集团)有限公司副总裁
- 赵新春 高级工程师 本溪北台钢铁(集团)有限公司副总裁
- 宫安东 高级工程师 本溪北营钢铁(集团)有限公司总经理
- 韩永德 高级工程师 本溪北营钢铁(集团)有限公司炼钢厂厂长
- 刘 祥 高级工程师 江苏利淮钢铁(集团)有限公司副总经理
- 李培松 高级工程师 江苏利淮钢铁(集团)有限公司副总经理
- 张银生 高级工程师 江苏利淮钢铁(集团)有限公司副总经理
- 肖国栋 高级工程师 新疆八一钢铁(集团)公司技术中心主任
- 仇雅鸣 高级工程师 贵州水城钢铁(集团)有限公司副总经理
- 王琳松 高级工程师 贵州水城钢铁(集团)有限公司副总经理
- 孙宝良 高级工程师 北京鹏程瀚宇工程有限公司董事长
- 万如铁 高级工程师 抚顺新钢铁有限责任公司总经理
- 梁 超 高级工程师 河南济源钢铁(集团)有限公司常务副总经理
- 周为民 高级工程师 河南济源钢铁(集团)有限公司副总经理
- 李贵国 高级工程师 四川德胜(集团)有限公司总裁
- 刘 锋 高级工程师 山东莱钢永锋钢铁有限公司董事长
- 常 建 高级工程师 承德钢铁(集团)有限公司总经理
- 苏广奇 高级工程师 舞阳钢铁有限责任公司总经理

张爱兵	高级工程师	湖南湘潭钢铁(集团)有限公司副总经理
蒋运安	高级工程师	秦皇岛首钢板材有限公司总经理
王青海	高级工程师	首钢总公司总经理
刘洪滨	高级工程师	河北前进钢铁(集团)有限公司总经理
谢碧祥	高级工程师	新疆金特和钢钢铁有限公司董事长
吴占忠	高级工程师	秦皇岛麦斯塔技术工程有限公司总经理
熊小星	教授级高级工程师	江西新余钢铁(集团)有限公司总经理
杨伟增	高级工程师	天津钢铁有限公司工程建设总指挥部党委书记
彭金城	高级工程师	天津钢铁有限公司工程建设轧钢指挥部副指挥
黄振球	高级工程师	宜兴市振球炉料有限公司总经理
王 东	高级工程师	宜兴市振球炉料有限公司副总经理

### 编 委(排名不分先后)

刘炳宇	教授级高级工程师	武钢生产技术部
余新河	高级工程师	武钢第一炼钢厂厂长
严发致	高级工程师	武钢第一炼钢厂
王金平	高级工程师	武钢第一炼钢厂
陈清泉	高级工程师	武钢第二炼钢厂第一副厂长兼总工程师
林利平	工程师	武钢第二炼钢厂
曹 维	工程师	武钢第二炼钢厂
汪晓川	高级工程师	中国金属学会炼钢专业委员会炉外精炼学术委员会委员、武钢第三炼钢厂
陈双全	高级工程师	武钢第三炼钢厂
卢震亚	工程师	武钢第三炼钢厂
李大明	工程师	武钢硅钢管理部
谭和平	高级工程师	东北特钢集团大连金牛股份有限公司炼钢科科长
王 庭	工程师	东北特钢集团质量部
白冰洋	工程师	东北特钢集团制造部
路敬然	工程师	东北特钢集团质量部
杨庆敏	工程师	东北特钢集团技术中心
贺智勇	博士、钢铁研究总院耐火材料研究室高级工程师	
文洪杰	博士、钢铁研究总院耐火材料研究室教授级高级工程师	

- 彭小艳 硕士、钢铁研究总院耐火材料研究室工程师  
王笑一 硕士、钢铁研究总院耐火材料研究室助理工程师  
王彦明 工程师 太钢第二炼钢厂原料作业区主管  
王彦平 助理工程师 太钢第二炼钢厂技术质量科技术员  
郭劲夫 工程师 本溪北营钢铁(集团)有限公司备件部部长  
高学志 高级工程师 天津钢铁有限公司设备处副处长  
齐文涛 高级工程师 抚顺新钢铁有限责任公司总经理助理  
刘彦华 高级工程师 北京能泰环保有限公司董事长  
熊余平 主任编辑 《中国冶金报》副总编辑  
任静波 主任编辑 《中国冶金报》副总编辑  
郑国柱 主任编辑 中国冶金报社社长助理  
邹若敏 主任编辑 中国冶金报社综合部主任  
王 庆 主任编辑 《中国冶金报》“装备技术导刊”主编  
贾晓静 《中国冶金报》“装备技术导刊”编辑  
黄秀声 硕士 中国钢铁新闻网科技频道编辑

## 本书策划

- 夏杰生 主任编辑 《中国冶金报》原科技部主任,中国钢铁新闻网科技频道主管,北京金帅企业形象设计有限公司总经理,北京科普创作协会会员。

# 前 言

中国钢铁工业协会副秘书长  
中国冶金报社社长

姜超华

半个世纪以来,世界各国的钢铁企业为了使自己的产品能在激烈的市场竞争中立于不败之地,十分注重开发钢水精炼暨铁水预处理技术。

近20多年来,这两项技术在国外钢铁生产中十分迅速地得到了普及应用。原先,钢水精炼暨铁水预处理技术的应用范围仅限于生产特殊钢和优质钢,后来扩大到了普通钢的生产领域。现在,这两项技术已经成为现代钢铁生产中必不可少的环节和技术进步的重要内容。究其原因,是这两项技术细化了钢铁生产工序,适应了优质、快节奏钢铁生产的要求,全面提高了钢材产品的技术含量和附加值。由于其在温度、成分及时间节奏匹配上具有协调和完善作用,这两项技术对钢铁企业稳定生产、调整产品结构以及节能降耗具有重要意义。

目前,钢水精炼暨铁水预处理在我国炼钢厂还不十分普及,即使是能使用预处理铁水生产的炼钢厂也仅限于在冶炼一些质量要求高的品种钢、优质钢和特殊钢上,因而预处理铁水比和钢水精炼比与国外相比相差甚远,铁水预处理与钢水精炼的技术装备水平也有较大差距。但也有例外,例如,为了结束从国外重复引进RH真空精炼技术的历史,武钢承担了原国家经贸委下达的HR多功能真空精炼技术“八五”攻关课题。该项目有国内生产、设计、科研、设备制造十多个单位参加攻关,在消化吸收武钢20世纪80年代相引进的2号RH技术基础上,进行开发创新,并吸收了国外20世纪90年代最先进的工艺成果,建成同年代国际先进水平的新1号RH真空精炼系统(见封面)。该系统设备国产化率达到66%,投产一次成功,在一年内达到了设计生产能力,精炼技术措施先进,工序利润达到1450万元/年。该项目曾荣获1999年冶金科技进步一等奖,2000年国家科技进步二等奖。此外,宝钢、太钢、东北特钢等企业的钢水精炼暨铁水预处理技术进步也取得可喜成绩。



榜样的力量是无穷的,要提高我国钢材产品的市场竞争能力,使其质量达到国际先进标准的水平,就必须像武钢等企业的科技工作者那样,既善于学习,又善于创新,努力提高我国钢水精炼暨铁水预处理的技术装备水平,尤其要大力推动所有的普钢厂都能积极采用钢水精炼暨铁水预处理技术。这是时代的要求。

而要完成这一历史使命,需要雄厚的人才资源支撑。因此,培养技术人才的任务是十分重要和迫切的,国内各科研院所、冶金高校及钢铁企业培养技术人才和提高科技人员及炼钢专业工人素质的强烈愿望,是我们编辑出版这本科学技术普及读物的主要动因。我们应借这本读物出版的春风,做好炼钢专业技术咨询、炼钢生产新技术普及、人才培养、专题讲座、人才举荐等重要工作,争取以雄厚的实力、丰硕的技术成果,走在世界炼钢科技的前列。

以成国光、萧忠敏、姜周华为首的全国炼钢连铸界的一百多位专家、教授历时两年的辛劳,精心编辑出版的《新编钢水精炼暨铁水预处理 1500 问》一书,荟萃了国内外科研究所、高校及炼钢企业在钢水精炼暨铁水预处理领域的科技新成果,填补了国内缺少钢水精炼暨铁水预处理科普读物的空白,必将受到炼钢界人士的欢迎。

本书采用问答形式,结合生产实际,深入浅出,通俗易懂,着重讲清“为什么”和“怎么做”。本书是钢水精炼暨铁水预处理生产、操作者自学或者用作培训的良好教材,亦可供从事钢水精炼暨铁水预处理生产的技术人员和管理人员参考,还可供大、中专院校炼钢—连铸专业的学生参考,也可供为钢水精炼暨铁水预处理生产提供设备、配件及相关技术服务的供方企业技术及营销人员参考。

在本书的编写过程中,参阅了近年来国内外炼钢学术会议的论文集和出版物以及某些钢水精炼暨铁水预处理专著中提供的经验和资料,在此,向这些作者和出版部门表示衷心谢意!

本书的出版得到了武钢第二、第三炼钢厂及其厂长李凤喜教授级高工的大力支持,对此表示衷心感谢!

由于编写时间仓促及编者水平的限制,书中的缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

# 目 录

## 第一章 常用铁水预处理技术

### 一、铁水预处理基础知识

1. 什么是铁水预处理? ..... (1)
2. 什么是铁水“三脱”技术? ..... (1)
3. 铁水脱硫的目的是什么? ..... (1)
4. 铁水脱硅的目的是什么? ..... (1)
5. 铁水脱磷的目的是什么? ..... (1)
6. 铁水脱硫的基本原理是什么? ..... (2)
7. 铁水脱硅的基本原理是什么? ..... (2)
8. 铁水脱磷的基本原理是什么? ..... (2)
9. 铁水脱硫有哪些方法,常用的铁水  
脱硫剂有哪些? ..... (2)
10. 铁水脱硅有哪些方法,常用的铁水  
脱硅剂有哪些? ..... (3)
11. 铁水脱磷有哪些方法,常用的铁水  
脱磷剂有哪些? ..... (3)
12. 铁水经过“三脱”处理后,硅、磷、硫  
含量一般达到什么水平? ..... (3)
13. 铁水脱硫技术发展的趋势如何? ..... (3)
14. 为什么铁水脱磷必须先脱硅? ..... (3)
15. 电石系脱硫剂的脱硫原理及特点  
是什么? ..... (4)
16. 石灰系脱硫剂的脱硫原理及特点  
是什么? ..... (4)
17. 苏打系脱硫剂的脱硫原理及特点  
是什么? ..... (4)
18. 镁和镁基脱硫剂的脱硫原理及特点  
是什么? ..... (5)
19. 如何选择铁水脱硫剂? ..... (6)
20. 在不同情形下,脱硫剂的脱硫能力  
强弱顺序如何? ..... (6)
21. 铁水脱硫效率  $\eta_s$  的含义是什么? ..... (6)
22. 提高铁水脱硫效果的措施有哪些?  
..... (6)
23. 什么是铁水脱硫剂的反应率  $\eta_m$ ? ..... (6)
24. 什么是铁水脱硫剂效率  $K_s$ ? ..... (7)
25. 什么是铁水脱硫反应的分配比  $L_s$ ?  
..... (7)
26. 铁水脱硫中的均相反应和多相  
反应指的是什么? ..... (7)
27. 在铁水脱硫反应中边界层指的  
是什么? ..... (7)
28. 铁水脱硫过程中,多相反应的反应  
过程如何进行? ..... (7)
29. 铁水脱硫站的处理能力怎样核算?  
..... (8)
30. 铁水脱硫常用的促进剂有哪些,  
其作用原理是什么? ..... (8)
31. 什么是稀相输送,什么是浓相输送?  
..... (8)
32. 什么是脱硫剂和载流气体的粉气比?  
..... (9)
33. 什么是固定床、流态化床、稀相  
流态化床? ..... (9)
34. 铁水浅脱硫、深脱硫及超深脱硫其  
程度通常如何划分,其脱硫程度  
对冶炼有何意义? ..... (9)
35. 脱硫后铁水兑入转炉前为什么必须  
扒渣? ..... (10)
36. 铁水脱硫后扒渣时的铁损大小与  
哪些因素有关? ..... (10)
37. 转炉吹炼到终点时,钢水为什么会

- 出现回硫现象,如何防止? ..... (10) ..... (16)
- 二、铁水罐喷吹脱硫法**
38. 铁水采用喷吹脱硫有哪些优缺点?  
..... (10)
39. 采用喷吹脱硫对气动输送有  
哪些要求? ..... (11)
40. 铁水脱硫在气动输送中稀相输送和  
浓相输送各有哪些优缺点,纯镁  
脱硫工艺适宜采用何种输送方式?  
..... (11)
41. 喷吹法铁水脱硫用载气为何  
选择  $N_2$  气? ..... (11)
42. 铁水喷粉脱硫主要工艺设备有哪些?  
..... (11)
43. 铁水脱硫喷粉罐的基本结构有哪些?  
..... (12)
44. 脱硫用喷粉罐的工作原理是什么?  
..... (12)
45. 铁水脱硫喷枪的基本结构和种类  
有哪些? ..... (12)
46. 铁水脱硫采用喷吹纯镁工艺使用的  
喷粉罐和喷枪有何特点? ..... (13)
47. 铁水镁脱硫的热力学特点是什么?  
..... (13)
48. 铁水镁脱硫的动力学特点是什么?  
..... (13)
49. 采用镁进行铁水脱硫有哪些工艺  
方法? ..... (13)
50. 镁作为铁水脱硫剂为什么要进行  
钝化? ..... (14)
51. 铁水脱硫用的钝化镁有哪些要求?  
..... (14)
52. 铁水采用纯镁脱硫的工艺流程有何  
特点? ..... (14)
53. 什么是  $Mg + CaO$  混合喷吹脱硫法?  
..... (15)
54. 什么是  $Mg + CaO$  复合喷吹法? ..... (15)
55. 铁水采用纯镁脱硫工艺主要特点  
有哪些? ..... (15)
56. 采用铁水纯镁脱硫工艺有哪些优点?
57. 影响铁水纯镁脱硫效率的主要工艺  
参数有哪些? ..... (16)
58. 采用转炉兑铁罐进行喷粉脱硫有  
哪些优点? ..... (16)
59. 如何建立铁水脱硫数学模型? ..... (16)
60. 铁水喷吹脱硫如何实现自动喷吹? ... (17)
61. 铁水采用纯镁脱硫后,为何要加入  
黏渣剂? ..... (17)
62. 采用纯镁脱硫的经济效益如何? ..... (17)
63. 将  $CaO + Mg$  在喷吹前混合脱硫  
的主要缺点是什么? ..... (17)
64.  $CaO + Mg$  复合喷吹脱硫的特点  
是什么? ..... (18)
65.  $CaO + Mg$  复合喷吹脱硫的优点  
是什么? ..... (18)
66.  $CaO + Mg$  复合喷吹脱硫可以  
达到什么样的脱硫效果? ..... (18)
67.  $CaO + Mg$  复合脱硫过程中,  
镁的利用率如何? ..... (18)
68. 石灰粉的钝化方法有哪些,  
其机理是什么? ..... (18)
69. 为什么可以采用硅油对石灰粉  
进行物理钝化而不需要进行  
化学钝化? ..... (19)
70. 物理钝化的主要工艺流程是什么?  
..... (19)
71. 以金属镁作脱硫剂的脱硫方法  
有哪些? ..... (19)
72. 采用镁脱硫过程输送气体如何  
选择? ..... (19)
73. 金属镁及镁脱硫反应产物的物理  
化学性质如何? ..... (19)
74. 镁脱硫过程中,可能会发生哪些化学  
反应? ..... (19)
75. 如何计算镁的饱和蒸气压? ..... (20)
76. 镁的饱和蒸气压与温度有何关系?  
..... (20)
77. 温度和压力是如何影响镁在铁水  
中溶解的? ..... (20)

78. 喷镁脱硫过程中,高炉下渣对脱硫效果有何影响? ..... (20)
79. 如何提高铁水脱硫喷枪的使用寿命? ..... (20)
80. 如何提高喷吹脱硫铁水罐的使用寿命? ..... (21)
81. 纯镁铁水脱硫工艺目前存在的主要问题是什么? ..... (21)
- 三、KR 机械搅拌铁水脱硫法
82. KR 铁水脱硫的原理是什么? ..... (21)
83. KR 铁水脱硫处理工艺流程有哪些? ..... (21)
84. KR 搅拌铁水脱硫与喷吹铁水脱硫有什么不同,两种方法各有什么优缺点? ..... (21)
85. KR 铁水脱硫站的主要工艺设备以及功能有哪些? ..... (21)
86. 原引进的 KR 铁水脱硫技术的脱硫剂是  $\text{CaC}_2$ ,为什么要改成  $\text{CaO}$ ? ..... (22)
87. KR 铁水脱硫采用的  $\text{CaO}$  脱硫剂中为什么要添加一定比例的萤石( $\text{CaF}_2$ )? ..... (22)
88. KR 铁水脱硫采用的  $\text{CaO}$  脱硫剂中确定  $\text{CaO}$  与  $\text{CaF}_2$  比例的原则是什么? ..... (22)
89. 为什么 KR 铁水脱硫使用的  $\text{CaO}$  脱硫剂必须有一定的粒度组成,粒度偏大、偏小对脱硫会造成什么影响? ..... (22)
90. KR 铁水脱硫加入脱硫剂的时机是如何控制的? ..... (22)
91. KR 铁水脱硫的脱硫剂加入量是如何控制的? ..... (22)
92. KR 铁水脱硫如何确定搅拌时间,纯搅拌时间的含义是什么? ..... (22)
93. KR 铁水脱硫处理过程中搅拌速度是如何确定的,如何判断搅拌速度过快、过慢? ..... (23)
94. KR 铁水脱硫搅拌头插入铁水液面的深度采用什么方式控制,其控制原则是什么? ..... (23)
95. KR 铁水脱硫工艺对扒渣有哪些要求? ..... (23)
96. KR 铁水脱硫工艺为什么需要进行二次扒渣? ..... (23)
97. KR 铁水脱硫对专用铁水罐的工作层要求与高炉普通铁水罐的要求有何不同,为什么? ..... (23)
98. KR 铁水脱硫搅拌头是用什么材料制作的,对其制作有什么具体要求? ..... (23)
99. KR 铁水脱硫对使用中的搅拌头有什么要求? 如何进行热修补? ..... (23)
100. KR 铁水脱硫在搅拌操作前,对脱硫罐与搅拌器中心线有什么要求? ..... (23)
101. KR 铁水脱硫在加入脱硫剂时对搅拌器转速有什么要求? ..... (23)
102. 为什么搅拌头修补前应将表面渣、残铁清理干净? ..... (24)
103. 制作完的搅拌头为什么应在钢箱内静置养生一段时间? ..... (24)
104. 在KR 铁水脱硫过程中造成搅拌头磨损的主要原因是什么? ..... (24)
105. KR 铁水脱硫使用新的搅拌器时,它的搅拌速度应如何控制? ..... (24)
106. KR 铁水脱硫搅拌器的最大提升速度是多少? ..... (24)
107. KR 铁水脱硫时,操作中出现扒渣机不能前进的主要原因是什么? ..... (24)
108. KR 铁水脱硫时,出现扒渣机小车运行前快后慢的主要原因是什么? ..... (24)
109. KR 铁水脱硫操作时,扒渣机工作应注意些什么? ..... (24)
110. KR 铁水脱硫扒渣机扒渣时压缩空气压力低于多少时应停止操作? ..... (24)
111. KR 铁水脱硫除尘罩的升降是依

- 靠什么传动完成的? ..... (24)
112. KR 铁水脱硫扒渣机在运行前,小车的  
前进端极限、后退端极限应  
设在什么位置? ..... (24)
113. KR 铁水脱硫当罐内渣块重于多少时,  
原则上不能强行扒渣? ..... (25)
114. KR 铁水脱硫对高炉铁水成分、  
温度有什么要求? ..... (25)
115. KR 铁水脱硫对高炉铁水的渣层  
厚度有什么要求? ..... (25)
116. KR 铁水脱硫对取样有什么要求?  
..... (25)
117. KR 铁水脱硫处理后硫未达到目标  
值时,可以进行二次脱硫的条件是  
什么? ..... (25)
118. KR 铁水脱硫铁水温度与含硫量为  
一定值时,搅拌器转速高低的脱硫  
效率有什么不同? ..... (25)
119. KR 铁水脱硫工艺的脱硫效率  
是否仅与铁水温度和铁水含  
硫量有关? ..... (25)
120. 制作搅拌头,叶片浇注完后为  
什么需要一段时间才能装  
轴部钢模? ..... (25)
121. 制作搅拌头时,浇注完毕后必须进行  
振动,其主要目的是什么? ..... (25)
122. KR 铁水脱硫如需要进行二次取样,  
对取样样勺有什么要求? ..... (26)
123. 经KR 脱硫处理的铁水在搅拌后  
如何确定镇静时间,铁水镇静  
的作用是什么? ..... (26)
124. KR 铁水脱硫后“直兑”转炉的  
脱硫铁水,应注意些什么? ..... (26)
125. KR 铁水脱硫在搅拌操作前,对脱  
硫罐铁水液面有什么要求? ..... (26)
126. KR 铁水脱硫对扒渣合格的要求  
是什么? ..... (26)
127. 是否搅拌器插入越深,KR 铁水  
脱硫的脱硫效果越好? ..... (26)
- 四、鱼雷罐喷吹铁水脱硫技术**
128. 鱼雷罐喷吹法脱硫工艺有何优缺点?  
..... (26)
129. 鱼雷罐喷吹脱硫间的组成和工艺  
布置怎样? ..... (26)
130. 鱼雷罐脱硫的主体设备有哪些? ... (27)
131. 鱼雷罐的修理设备有哪些? ..... (27)
132. 鱼雷罐内衬一般用什么材料,如何  
维护其内衬? ..... (27)
133. 鱼雷罐喷吹脱硫法脱硫喷枪的结构  
形式和插入方式是什么样的? ... (27)
134. 鱼雷罐喷吹脱硫法的脱硫剂粒度对  
脱硫效果有何影响? ..... (27)
135. 鱼雷罐喷吹脱硫法铁水温度对  
脱硫效果有何影响? ..... (28)
136. 鱼雷罐喷吹脱硫法铁水初始  
硫含量对脱硫效果有何影响? ... (28)
137. 鱼雷罐喷吹脱硫法鱼雷罐中铁水  
重量对脱硫有何影响? ..... (29)
138. 鱼雷罐喷吹脱硫法喷吹时间对  
脱硫效果有何影响? ..... (29)
139. 鱼雷罐喷吹脱硫法输送气体量与  
压力对脱硫效果有何影响? ..... (29)
140. 鱼雷罐喷吹脱硫法的脱硫剂喷吹速度  
对脱硫效果有何影响? ..... (29)
141. 鱼雷罐喷吹脱硫法的脱硫剂和载流  
气体的粉气比对脱硫效果  
有何影响? ..... (29)
142. 鱼雷罐喷吹脱硫法的脱硫剂单耗对  
脱硫效果有何影响? ..... (30)
143. 鱼雷罐结盖的原因有哪些,如何  
处理? ..... (30)
144. 如何减轻鱼雷罐喷吹过程中的  
喷溅现象? ..... (30)
145. 脱硫喷吹系统堵塞的原因有哪些,  
如何处理? ..... (30)
146.  $\text{CaC}_2$  储料仓乙炔浓度超标如何  
处理? ..... (30)
147. 鱼雷罐倒渣的目的是什么? ..... (30)
148. 鱼雷罐脱硫铁水回硫的因素及

- 控制方法有哪些? ..... (30)
149. 碳化钙基脱硫剂的质量要求  
有哪些? ..... (30)
150. 影响鱼雷罐铁水脱硫效果的  
因素主要有哪些? ..... (31)
151. 鱼雷罐脱硫喷枪更换的标准  
是什么? ..... (31)
152. 加快鱼雷罐周转和罐况控制对  
铁水脱硫有何积极影响? ..... (31)
- 五、铁水脱硅**
153. 铁水采用“三脱”预处理有何  
优缺点? ..... (31)
154. 什么是铁水预脱硅? ..... (31)
155. 铁水脱硅的方法有哪些,各有  
哪些优缺点? ..... (31)
156. 高炉出铁脱硅时常遇到的问题  
是什么? ..... (32)
157. 高炉出铁过程加入的消泡剂的  
主要成分是什么,其消泡机理  
是什么? ..... (32)
158. 高炉出铁脱硅剂单耗与脱硅率  
有什么关系? ..... (32)
159. 为什么铁水脱磷必须先脱硅? ..... (32)
160. 铁水脱硅的目的是什么? ..... (32)
161. 铁水脱硅的基本原理是什么? ..... (32)
162. 脱硅过程铁水温度如何变化? ..... (33)
163. 如何选择固体脱硅剂? ..... (33)
164. 影响脱硅效率的主要因素有哪些?  
..... (33)
165. 铁水“三脱”处理,硅、硫、磷含量  
一般脱除到什么水平? ..... (33)
- 六、铁水脱磷**
166. 为什么要进行铁水预脱磷? ..... (33)
167. 铁水预脱磷的处理方法有哪些? ..... (33)
168. 铁水预脱磷(石灰系)的原理  
是什么? ..... (34)
169. 脱磷的热力学、动力学条件有哪些?  
..... (34)
170. 铁水预脱磷常用的脱磷剂有哪些?  
..... (34)
171. 脱磷剂的加入方式有哪些? ..... (34)
172. 影响脱磷效果的主要因素有哪些?  
..... (34)
173. 脱磷铁水的应用有哪些? ..... (35)
174. 铁水预脱磷时,如何减少铁水温降?  
..... (35)
175. 脱磷过程可否同时脱硫? ..... (35)
176. 影响脱磷过程同时脱硫的工艺因素  
有哪些? ..... (35)
177. 用转炉双联工艺进行铁水预处理的  
特点是什么? ..... (35)
178. 典型的铁水预处理车间布置有哪些?  
..... (35)
179. 预处理用喷枪的耐火材料要求  
有哪些? ..... (36)
180. 用铁水罐进行预处理脱磷时,  
喷枪插入深度如何确定? ..... (36)
181. 用铁水罐进行预处理脱磷时,  
喷吹压力如何确定? ..... (36)
182. 什么是粉气比,如何选择合理  
的粉气比? ..... (36)
183. 现在铁水“三脱”使用的氧枪  
喷头采用什么型的? ..... (36)
184. 为什么“三脱”铁水在装炉后,  
铁水罐会冒红烟,如何解决? ..... (36)
185. 脱磷剂中  $\text{CaF}_2$  的作用是什么? ..... (37)
186. 气体氧的作用是什么? ..... (37)
187. 石灰系脱磷剂中的石灰粉  
为什么要进行钝化处理? ..... (37)
188. 铁水“三脱”站主要设备有哪些? ..... (37)
189. 转炉内脱磷预处理的特点是什么?  
..... (37)
190. 常用的转炉内脱磷预处理工艺  
方法有哪些特点? ..... (37)
191. 为什么 SRP 方法被看做常用  
的转炉内脱磷预处理工艺  
方法中较好的方法? ..... (38)
192. SARP 法是典型的采用苏打进行  
铁水同时脱磷脱硫的预处理  
方法,其工艺过程是什么? ..... (38)

193. ORP 法是典型的采用石灰系熔剂进行铁水同时脱磷脱硫的预处理方法,其工艺过程是什么? ..... (38)
- 七、铁水同时脱硫脱磷**
194. 铁水同时脱硫脱磷的原理是什么? ..... (38)
195. 影响铁水同时脱硫脱磷的因素有哪些? ..... (39)
196. 铁水同时脱硫脱磷有哪些基本操作? ..... (39)
197. 在铁水预处理同时脱磷脱硫过程中,要达到深度脱磷和同时脱硫或深度脱硫,需注意哪些问题? ..... (40)
198. 常用的铁水同时脱硫脱磷剂有哪些? ..... (40)
199. 为什么苏打( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )和石灰( $\text{CaO}$ )都可以作为同时脱磷脱硫剂使用? ..... (40)
- 八、特殊铁水预处理**
200. 什么是特殊铁水预处理? ..... (41)
201. 铁水提钒原理是什么? ..... (41)
202. 铁水提钒过程中,如何实现提钒保碳? ..... (41)
203. 为什么铁水提钒保碳过程的关键是温度的控制? ..... (41)
204. 铁水提钒方法有哪些,我国主要应用哪些方法? ..... (42)
205. 什么是雾化提钒方法? ..... (42)
206. 什么是转炉提钒方法? ..... (42)
207. 如何实现铁水提钒? ..... (42)
208. 为什么提钒前必须先脱硅? ..... (42)
- 第二章 RH 真空循环脱气精炼技术**
- 一、基本工艺**
209. RH 真空循环脱气法是由谁发明的? ..... (43)
210. RH 有哪几种形式? ..... (43)
211. RH 真空精炼技术的工艺流程是什么? ..... (44)
212. RH 真空循环脱气法钢水的循环原理是什么? ..... (44)
213. 什么是循环因数? ..... (45)
214. 循环高度的含义是什么,如何确定钢水的循环高度? ..... (45)
215. 什么是循环流量,如何计算钢水的循环流量? ..... (45)
216. 如何确定插入管的高度? ..... (45)
217. 上升管内的供驱动气体小管的布置方式有哪几种? ..... (45)
218. 影响 RH 真空循环脱气法钢水循环的因素有哪些? ..... (45)
219. 怎样判断钢水循环的好坏,如何控制钢水循环的状态? ..... (45)
220. 驱动气体的种类有哪些? ..... (46)
221. 驱动气体与钢水循环流量有什么关系? ..... (46)
222. 如何测定钢水循环速度? ..... (46)
223. 供 Ar 系统常见故障有哪些,产生的原因是什么? ..... (47)
224. RH 真空循环脱气法的冶金功能有哪些? ..... (47)
225. RH 真空精炼的工艺模式有哪几种? ..... (47)
226. 什么是 RH 轻处理工艺模式,其主要冶金功能有哪些? ..... (47)
227. 什么是 RH 本处理工艺模式,其主要冶金功能有哪些? ..... (48)
228. RH 真空脱碳的原理是什么? ..... (48)
229. RH 真空脱碳时控制真空泵应当注意哪些问题? ..... (49)
230. RH 真空脱碳时对设备有什么要求? ..... (49)
231. RH 真空脱碳的效果如何,及其影响因素有哪些? ..... (49)
232. RH 真空脱碳时对钢水有哪些要求? ..... (49)
233. 如何控制 RH 真空脱碳时的钢水喷溅? ..... (49)
234. 如何防止 RH 真空脱碳后钢水增碳? ..... (49)

235. 如何计算 RH 真空脱碳过程中的降碳量和降氧量? ..... (49)
236. 为什么 RH 真空脱碳过程中的降碳量和降氧量不一致? ..... (50)
237. RH 真空脱硫的原理是什么? ..... (50)
238. RH 真空脱硫的方式有哪几种? ..... (50)
239. RH 真空脱硫剂的主要成分、配比、粒度如何? ..... (50)
240. RH 真空脱硫的效果如何? ..... (50)
241. RH 真空脱硫时应注意什么? ..... (50)
242. RH 真空脱硫对 RH 真空炉炉衬的使用寿命有什么影响? ..... (51)
243. RH 真空脱硫剂在储存、运输过程中应注意什么? ..... (51)
244. 如何进行 RH 真空脱硫工艺操作(如何计算脱硫剂的加入量、加入时间、搅拌时间等)? ..... (51)
245. 钢液真空脱气反应的步骤有几个? 为有效去除钢中气体应采取哪些措施? ..... (51)
246. RH 真空脱氢原理是什么? ..... (51)
247. RH 真空脱氢的效果如何,影响 RH 真空脱氢效果的因素有哪些? ... (52)
248. RH 真空精炼去除钢中夹杂物的机理是什么? ..... (52)
249. RH 真空精炼后钢中的氧化物能降低到什么水平? ..... (52)
250. 如何准确地测量 RH 真空精炼过程钢水温度? ..... (52)
251. RH 真空精炼过程钢水温度的变化规律如何? ..... (52)
252. 影响 RH 真空精炼过程钢水温度的变化规律的因素有哪些,如何减少 RH 真空精炼过程钢水温降? ..... (52)
253. 铁钉头调温剂的主要理化指标如何,其调温效果如何,添加时要注意什么? ..... (53)
254. 对经 RH 真空精炼的钢水钢包表面的覆盖物有什么要求? ..... (53)
255. RH 真空精炼过程合金化时,添加合金的速度受哪些因素的影响? ... (53)
256. RH 真空精炼过程合金化时,合金元素的收得率受哪些因素的影响,一般情况下,常见元素的收得率是多少? ..... (53)
257. 如何计算 RH 真空精炼时合金的添加量? ..... (54)
258. RH 真空精炼对合金有什么要求? ..... (54)
259. RH 真空精炼合金化过程中加入碳粉时要注意什么? ..... (54)
260. RH 真空精炼影响铝的收得率的因素是什么? ..... (54)
261. 为什么在 RH 真空精炼过程中钢中酸溶铝含量会下降? ..... (54)
262. RH 真空精炼过程合金化时,加入合金对钢水温度的影响如何? ... (54)
- 二、设备及控制**
263. RH 真空精炼炉的精炼周期由哪些时间组成? ..... (54)
264. 影响精炼周期长短的主要因素有哪些? ..... (54)
265. 如何计算 RH 真空精炼炉的作业率? ..... (55)
266. 如何计算 RH 真空精炼炉的生产能力? ..... (55)
267. 为什么在 RH 真空精炼结束前,要有一定的时间对钢水进行单纯的循环处理? ..... (55)
268. RH 真空吹氧精炼方式有哪几种? ..... (55)
269. 什么是 RH - O 真空吹氧技术? ..... (55)
270. 什么是 RH - KTB,它的主要特点有哪些? ..... (55)
271. 什么是 RH - MFB,它的主要特点有哪些? ..... (55)
272. 什么是 RH - OB,它的主要特点有哪些? ..... (56)
273. 什么是 RH - PB,它的主要特点



- 有哪些? ..... (56)
274. 什么是 RH - WPB, 它的主要特点  
有哪些? ..... (56)
275. RH 真空顶吹氧氧枪的结构特点  
是什么? ..... (56)
276. RH 真空顶吹氧氧枪与 RH 真空室  
之间的密封装置的结构特点  
是什么? ..... (56)
277. 如何防止真空顶吹氧氧枪粘钢,  
怎样清除氧枪粘钢? ..... (57)
278. RH 真空吹氧精炼有哪几种冶金  
功能? ..... (57)
279. RH - KTB 是如何提高脱碳能力的?  
..... (57)
280. RH - KTB 吹氧脱碳对钢水温度的  
影响因素有哪些, 热补偿的温度  
值是多少? ..... (57)
281. RH - KTB 吹氧加铝升温的效果  
如何? 其对钢水中的化学成分  
有什么影响? ..... (58)
282. 如何计算 RH - KTB 脱碳时的  
耗氧量? ..... (58)
283. 如何决定 RH - KTB 氧枪的高度?  
..... (58)
284. 如何保证 RH 真空顶吹氧氧枪  
的正常运行? ..... (59)
285. 真空室中的结瘤对 RH 真空精炼  
过程有什么影响, 清除真空室内  
结瘤的方式有哪些? ..... (59)
286. 如何利用 RH - KTB 氧枪清除  
真空室内的结瘤? ..... (59)
287. RH 真空喷粉有哪几种形式,  
各有什么特点? ..... (59)
288. RH 真空喷粉的设备由哪几部分  
组成? ..... (59)
289. RH 真空喷粉对粉剂有什么要求?  
..... (60)
290. RH 真空喷粉工艺有哪些冶金功能?  
..... (60)
291. 影响 RH 真空喷粉脱硫效率的因素  
有哪些? ..... (60)
292. RH 真空喷粉时为什么要用氩气  
作载体? ..... (61)
293. RH 真空精炼时如何测定钢包熔渣  
的厚度? ..... (61)
294. RH 真空精炼时对钢包内的顶渣有  
什么要求? ..... (61)
295. RH 真空精炼过程中钢包内的熔渣  
有什么变化? ..... (61)
296. 如何对钢包内的熔渣进行改质?  
..... (61)
297. RH 真空精炼结束时应当注意哪些  
问题? ..... (61)
298. RH 真空精炼结束真空系统复压  
时要采用哪种气体, 为什么? ..... (61)
299. 为什么在 RH 真空精炼结束后  
要在钢包内添加保温剂? ..... (62)
300. 板坯热浸调整钢水温度时对板坯  
有什么要求? ..... (62)
301. 板坯热浸调整钢水温度效果如何?  
..... (62)
302. RH 真空精炼时如何观察真空室的  
精炼情况? ..... (62)
303. 如何设置 RH 真空室观察装置? ... (62)
304. RH 真空精炼对钢包有什么要求?  
..... (63)
305. 影响 RH 真空精炼时钢液温度的  
因素是什么? ..... (63)
306. 钢包预热温度对 RH 真空精炼时  
钢液温度有哪些影响? ..... (63)
307. RH 真空精炼时如何采取合格的  
钢样? ..... (63)
308. RH 真空精炼过程采取钢样时,  
为什么要加铝箔, 对铝箔有什么要求?  
..... (63)
309. RH 真空精炼时对钢样分析有  
什么要求? ..... (63)
310. 为什么说在真空条件下, 碳是  
理想的脱氧剂? ..... (63)
311. 测定钢液中的氧含量的原理