

耐火材料

NAIHUO
CAILIAO
SHOUCE

手册

李红霞 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmip.com.cn>

A grayscale photograph of an industrial facility, possibly a steel mill, with complex structural elements and machinery. The image is slightly faded and serves as the background for the top half of the cover.

耐火材料

NAIHUO
CAILIAO
SHOUCE

手册

李红霞 主编

北京
冶金工业出版社
2007

内 容 简 介

本《手册》共6篇30章,分别介绍了耐火材料物理化学基础、耐火材料的分类及性质、耐火材料显微结构、铝硅系耐火原料、碱性耐火原料、隔热耐火原料、其他耐火原料、耐火材料用结合剂与外加剂、耐火材料生产工艺及生产装备、铝硅系耐火制品、碱性耐火制品、含碳耐火材料、特种耐火材料、功能耐火材料、耐火材料在不同行业中的应用、耐火材料的化学分析、物理性能测试、耐火材料的标准化现状等。

本《手册》除供耐火材料专业技术人员使用外,还可供冶金、化工、轻工、建材和窑业等专业技术人员使用,也可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

耐火材料手册/李红霞主编. —北京:冶金工业出版社,
2007.1

ISBN 978-7-5024-4084-8

I. 耐… II. 李… III. 耐火材料—手册 IV. TQ175-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 095673 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 章秀珍 美术编辑 王耀忠

责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 丁小晶

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2007年1月第1版,2007年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 66.25印张; 1733千字; 1039页; 1—5000册

188.00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)

编辑委员会

主任 李红霞

副主任 杨传福 王守业 徐延庆

委员 (以姓氏笔画排序)

方正国 王守业 王金相 尹洪峰 田守信

孙加林 李红霞 邢守渭 李亚伟 李勇

张国栋 杨传福 徐延庆 高振昕 袁林

柴俊兰 魏同

主编 李红霞

副主编 徐延庆 王守业 柴俊兰

主审 陈肇友 李楠 李再耕

参加编写单位

中钢洛阳耐火材料研究院

武汉科技大学

中冶焦耐工程技术有限公司

宝钢集团公司研究院

北京科技大学

西安建筑科技大学

中钢集团洛阳耐火材料集团公司

鞍山科技大学

北京瑞泰高温材料科技股份有限公司

营口青花集团

郑州振中电熔锆业有限公司

前 言

耐火材料是高温技术工业不可缺少的基础材料,钢铁工业、有色金属工业、机械工业、建材工业、化学工业等国民经济重要支柱产业的发展都与耐火材料工业的发展息息相关。耐火材料工业的发展已成为国民经济发展的基础条件之一。

科学技术、高温工业特别是冶金工业的快速发展,带动了我国耐火材料工业的迅猛发展,这不仅表现在我国迅速成为世界耐火材料第一生产和消耗大国,还表现在我国耐火材料工业技术水平的全面提升,推动了我国耐火材料新工艺技术的广泛采用和新品种的不断开发。为了全面总结我国耐火材料工业的技术进步,更好地推动耐火材料品种、质量的升级,我们受冶金工业出版社之邀,在作者单位的大力支持下,组织同行业的专家、学者编写了《耐火材料手册》(以下简称手册)。

《手册》共分6篇30章,其中基础篇3章,分别介绍了耐火材料物理化学基础、耐火材料的分类及性质、耐火材料显微结构;原料篇5章,分别介绍了铝硅系耐火原料、碱性耐火原料、隔热耐火原料、其他耐火原料、耐火材料用结合剂与外加剂;工艺与装备篇2章,分别介绍了耐火材料生产工艺、耐火材料生产装备;制品篇9章,分别介绍了铝硅系耐火制品、碱性耐火制品、含碳耐火材料、特种耐火材料、功能耐火材料、含锆耐火制品、不定形耐火材料、隔热耐火材料、熔铸耐火材料制品;应用篇4章,分别介绍了钢铁工业用耐火材料、有色冶金工业用耐火材料、建材工业窑炉用耐火材料、其他窑炉用耐火材料;检验与检测篇7章,分别介绍了国家监督检查和生产许可证制度与产品质量仲裁检验和产品质量鉴定、耐火材料产品抽样验收规则和外观检查及检测试样制备方法、耐火材料化学分析、无损检测及在耐火材料中的应用、定形耐火材料制品物理性能检测方法、不定形耐火材料检测方法、耐火陶瓷纤维制品物理性能检测方法。此外,为了方便读者查阅,使用有关标准,附录中列出了相关标准目录。

《手册》第1章由陈肇友编写,第2章由柴俊兰、王守业编写,第3、27章由黄振

武、卫晓辉编写,第4、6章由王战民编写,第5章由张国栋编写,第7章由徐利华、胡宝玉编写,第8、17章由李再耕编写,第9章由尹洪峰编写,第10章由吴运广等编写,第11、21章由李勇、刘雄章、赵会敏编写,第12章由高心魁编写,第13章由赵惠忠、王周福编写,第14章由胡宝玉、徐延庆、吴吉光编写,第15章由李红霞、杨彬编写,第16章由王金相编写,第18章由林育炼编写,第19章由徐宝奎、宋作人编写,第20章由田守信、徐延庆编写,第22章由袁林、王杰曾编写,第23章由赵会敏、胡宝玉、聂建华、邓承继、祝洪喜、张美杰、金胜利、谭俊峰编写,第24、25、26、28、29、30章由彭西高、王秀芳、梁献雷、赵建立、郭红丽、唐新洛、张亚静编写,附录由王效瑞编写。全书由陈肇友、李楠、李再耕三位专家负责审稿。

《手册》的编写出版工作,得到了中钢洛阳耐火材料研究院(简称洛耐院)、武汉科技大学、中冶焦耐工程技术有限公司、宝钢集团公司研究院、北京科技大学、西安建筑科技大学、中钢集团洛阳耐火材料集团公司、鞍山科技大学、北京瑞泰高温材料科技股份有限公司、营口青花集团、郑州振中电熔铝业等单位的大力支持。几次编写工作会议,洛耐院精心组织,得到了全体作者以及上述单位派出的代表很好的合作,大家认真地讨论,为保证手册的内容质量奠定了很好的基础;作者们负责地写作以及反复的修改,特别是《手册》的酝酿和启动工作,冶金工业出版社的同志,洛耐院的老院长王金相教授、高振昕教授、徐延庆教授、王守业教授等做了很好的推动工作和组织工作;陈肇友、李楠、李再耕三位老教授认真负责的审读工作,徐延庆教授、柴俊兰教授的汇总、整理、组织工作等,大家付出了辛勤的劳动和智慧。值此《手册》出版之际,谨向上述单位和作者以及为《手册》编写出版工作给予支持的朋友表示最诚挚的谢意。

《手册》虽然经过反复讨论和修改,但限于编者水平,加之大部分作者均是本单位各方面的骨干,承担有繁重的科研、生产和管理工作,时间仓促,在内容和编排上可能会有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

李红霞

2006年7月于洛阳

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
耐火材料显微结构	88.00
耐火材料厂工艺设计概论	35.00
微粉与新型耐火材料	21.00
耐火材料技术与应用	20.00
钢铁工业用节能降耗耐火材料	15.00
碱性不定形耐火材料	9.80
刚玉耐火材料	26.00
高炉砌筑技术手册	66.00
短流程炼钢用耐火材料	49.50
耐火材料性能与评价	13.80
特种耐火材料(第3版)	29.00
筑炉工程手册	168.00
非氧化物复合耐火材料	36.00
不定形耐火材料(第2版)	36.00
蓝晶石 红柱石 硅线石	32.00
Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系实用耐火材料	18.00
耐火纤维应用技术	30.00
MgO-C质耐火材料	9.80
耐火材料工艺学(第2版)	18.60
钢包用耐火材料	19.00
ZrO ₂ 复合耐火材料(第2版)	26.00
钢铁用耐火材料	45.00
化学热力学与耐火材料	66.00
耐火材料与钢铁的反应及对钢质量的影响	22.00
炼焦煤性质与高炉焦炭质量	29.00
特种耐火材料实用技术手册	70.00
耐火材料新工艺技术	69.00
高炉冶炼操作技术	30.00
铝电解炭阳极生产与应用	58.00



目 录

第一篇 基 础

1 耐火材料物理化学基础	3	性能.....	55
1.1 耐火材料物理化学基础.....	3	2.4.1 热容.....	55
1.1.1 耐火物的熔点与蒸气压.....	3	2.4.2 热膨胀性.....	56
1.1.2 化学反应的吉布斯自由能 变化.....	4	2.4.3 热导率.....	58
1.1.3 固相参加下的反应动力学.....	6	2.4.4 温度传导性.....	59
1.1.4 熔体与晶粒间的二面角及其 与耐火材料结构关系.....	9	2.4.5 导电性.....	59
1.2 耐火材料晶型转变.....	11	2.5 耐火材料的力学性能	60
1.2.1 SiO ₂ 晶型转变.....	11	2.5.1 耐压强度.....	60
1.2.2 ZrO ₂ 晶型转变.....	14	2.5.2 抗折强度.....	62
1.2.3 C ₂ S(2CaO·SiO ₂)晶型转变.....	15	2.5.3 粘结强度.....	62
1.2.4 Al ₂ O ₃ 晶型的转变.....	15	2.5.4 弹性模量.....	63
1.3 耐火材料相关相图.....	16	2.5.5 高温扭转强度.....	63
1.3.1 二元系统相图.....	18	2.5.6 耐磨性.....	64
1.3.2 三元系统相图.....	30	2.6 耐火材料的使用性能	64
2 耐火材料的分类及性质	49	2.6.1 耐火度.....	64
2.1 耐火材料的化学与矿物组成.....	49	2.6.2 荷重软化温度.....	66
2.1.1 耐火材料的化学组成.....	49	2.6.3 抗热震性.....	67
2.1.2 耐火材料的矿物组成.....	50	2.6.4 高温体积稳定性.....	68
2.2 耐火材料性能的划分.....	51	2.6.5 高温蠕变性.....	69
2.3 耐火材料的结构性能.....	52	2.6.6 抗侵蚀性.....	70
2.3.1 气孔率.....	52	2.6.7 抗氧化性.....	72
2.3.2 吸水率.....	53	2.6.8 抗水化性.....	73
2.3.3 体积密度.....	53	2.6.9 耐真空性.....	74
2.3.4 真密度.....	54	2.7 耐火材料的分类	74
2.3.5 透气度.....	54	2.7.1 我国常用耐火材料的分类 方法.....	74
2.3.6 气孔孔径分布.....	55	2.7.2 日本耐火材料的分类方法.....	76
2.4 耐火材料的热学性能和电学		2.7.3 致密定形耐火材料的 分类.....	77
		2.7.4 不定形耐火材料的分类.....	78

3 耐火材料显微结构	79	研究阶段	80
3.1 显微结构的定义	79	3.3 显微结构的图像研究方法	81
3.2 显微结构研究的发展历程	80	3.3.1 形貌分析	81
3.2.1 透射光显微学阶段	80	3.3.2 显微结构参数	83
3.2.2 透射光-反射光结合的研究阶段	80	3.3.3 几种典型耐火材料制品及原料的显微结构特征	83
3.2.3 光学和电子显微术的综合		3.4 显微结构与相图	88

第二篇 原 料

4 铝硅系耐火原料	91	5.2 镁钙质耐火原料	145
4.1 硅质与半硅质耐火原料	91	5.2.1 白云石	145
4.1.1 硅石	91	5.2.2 白云石砂	146
4.1.2 熔融石英	94	5.2.3 合成镁白云石砂	148
4.1.3 SiO ₂ 微粉	95	5.2.4 高铁镁钙砂	159
4.1.4 蜡石	96	5.3 石灰质耐火原料	162
4.1.5 锆英石	97	5.3.1 方解石与石灰石	162
4.2 黏土质耐火原料	99	5.3.2 钙砂	162
4.2.1 软质黏土	99	5.4 镁硅质耐火原料	164
4.2.2 硬质黏土	101	5.4.1 橄榄岩	164
4.2.3 膨润土	101	5.4.2 蛇纹岩	166
4.3 高铝质耐火原料	103	5.4.3 滑石	167
4.3.1 高铝矾土	103	5.5 尖晶石质耐火原料	167
4.3.2 莫来石	107	5.5.1 铬铁矿	168
4.3.3 蓝晶石族原料	112	5.5.2 镁铬砂	173
4.4 氧化铝质耐火原料	114	5.5.3 镁铝尖晶石砂	175
4.4.1 工业氧化铝	115	6 隔热耐火原料	180
4.4.2 烧结刚玉	116	6.1 多孔熟料	180
4.4.3 电熔刚玉	117	6.1.1 生产方法	180
5 碱性耐火原料	123	6.1.2 性能	180
5.1 镁质耐火原料	123	6.2 空心球	181
5.1.1 天然菱镁矿石	123	6.3 漂珠	182
5.1.2 轻烧氧化镁粉	129	6.4 硅藻土	182
5.1.3 烧结镁砂	133	6.5 珍珠岩	183
5.1.4 电熔镁砂	141	6.5.1 矿物性质	183
5.1.5 海水和卤水镁砂	142	6.5.2 矿石类型、分级	184
5.1.6 镁锆砂	143	6.5.3 主要用途	185
		6.6 陶粒	186



6.7 蛭石	186	8.1.2 铝酸钙水泥	222
6.8 岩棉	187	8.1.3 水玻璃结合剂	227
7 其他耐火原料	189	8.1.4 磷酸及磷酸盐结合剂	230
7.1 碳质原料	189	8.1.5 亚硫酸纸浆废液结合剂	239
7.1.1 石墨	189	8.1.6 酚醛树脂结合剂	241
7.1.2 炭素材料	191	8.1.7 沥青结合剂	247
7.2 非氧化物耐火原料	192	8.1.8 硅溶胶结合剂	251
7.2.1 碳化物	192	8.1.9 纤维素结合剂	253
7.2.2 氮化物	196	8.1.10 硅酸乙酯结合剂	255
7.2.3 硅化物	198	8.1.11 ρ - Al_2O_3 结合剂	257
7.2.4 硼化物	199	8.1.12 硫酸铝结合剂	259
7.2.5 赛隆	201	8.1.13 氯化物结合剂	260
7.2.6 AlON 陶瓷材料的结构、性质 及应用	204	8.2 耐火材料用外加剂	263
7.2.7 MgAlON 材料	206	8.2.1 外加剂的分类	263
7.3 其他耐火原料	207	8.2.2 矿化剂	264
7.3.1 锆英石	207	8.2.3 助烧剂	264
7.3.2 斜锆石	210	8.2.4 抗氧化剂	265
7.3.3 氧化锆	211	8.2.5 减水剂	266
7.3.4 氧化铬(铬绿)	217	8.2.6 增塑剂	267
7.3.5 钛酸铝	218	8.2.7 凝胶剂与絮凝剂	267
8 耐火材料用结合剂与外加剂	220	8.2.8 解胶剂与反絮凝剂	268
8.1 耐火材料用结合剂	220	8.2.9 促凝剂与迟效促凝剂	269
8.1.1 结合剂的分类, 结合机理及 选用原则	220	8.2.10 缓凝剂	269
		8.2.11 起泡剂与消泡剂	270
		8.2.12 防缩剂(体积稳定剂)	270
		8.2.13 保存剂和抑制剂	271
		8.2.14 防爆剂(快干剂)	271

第三篇 工艺与装备

9 耐火材料生产工艺	275	9.2.2 混练	279
9.1 耐火原料加工	275	9.2.3 困料	279
9.1.1 选矿与提纯	275	9.3 成型	279
9.1.2 原料煅烧	276	9.3.1 机压成型法	280
9.1.3 原料的破碎、粉碎、细磨	277	9.3.2 可塑成型法	281
9.1.4 原料筛分	278	9.3.3 注浆成型法	281
9.1.5 原料贮藏	278	9.3.4 等静压成型法	282
9.2 坯料的制备	278	9.3.5 振动成型法	283
9.2.1 配料的基本原则	278	9.3.6 捣打成型法	283
		9.3.7 挤压成型法	284

9.3.8 熔铸成型法	284	10.2.4 600L 高速混合机	309
9.3.9 热压成型法	285	10.2.5 强力逆流混合机	310
9.3.10 热压铸成型法	285	10.2.6 混合造粒机及干燥成套 设备	311
9.4 坯体的干燥	286	10.2.7 新型不定形混合设备	314
9.4.1 干燥过程	286	10.3 成型设备	315
9.4.2 干燥制度	286	10.3.1 高压压球机	315
9.5 烧成	287	10.3.2 摩擦压砖机	316
9.5.1 烧成过程中的物理化学 变化	287	10.3.3 液压压砖机	321
9.5.2 影响烧结因素	287	10.3.4 等静压机	322
9.5.3 烧成的工艺过程	289	10.4 干燥设备	324
9.5.4 烧成制度的确定	289	10.4.1 干燥筒	324
10 耐火材料生产装备	291	10.4.2 隧道干燥器	325
10.1 破粉碎设备	291	10.4.3 热处理窑	326
10.1.1 颧式破碎机	291	10.5 烧成设备	327
10.1.2 对辊破碎机	293	10.5.1 回转窑	328
10.1.3 圆锥破碎机	293	10.5.2 超高温竖窑	330
10.1.4 管磨机	295	10.5.3 隧道窑	332
10.1.5 悬辊磨	297	10.5.4 梭式窑	334
10.1.6 振动磨	299	10.5.5 沸腾炉	335
10.1.7 气流磨	300	10.5.6 悬浮炉	337
10.2 混合设备	306	10.6 其他设备	339
10.2.1 预混合设备	306	10.6.1 电子秤	339
10.2.2 湿碾机	307	10.6.2 核子秤	340
10.2.3 行星式强制混合机	309	10.6.3 真空油浸装置	341
		10.6.4 耐火制品机械加工设备	343

第四篇 制 品

11 铝硅系耐火制品	347	11.4.1 黏土砖的生产工艺	355
11.1 硅砖	347	11.4.2 黏土砖的技术指标	356
11.1.1 生产工艺特点	348	11.4.3 各种工业窑炉用黏土砖	356
11.1.2 硅砖的技术指标	349	11.5 高铝砖	358
11.1.3 各种工业窑炉用硅砖	349	11.5.1 高铝砖的生产工艺特点	358
11.2 熔融石英陶瓷制品	352	11.5.2 高铝制品的特性	360
11.3 半硅砖	353	11.5.3 高铝砖的技术指标	360
11.3.1 半硅砖的生产特点	354	11.5.4 各种工业窑用高铝砖	361
11.3.2 半硅砖的技术指标	354	11.6 莫来石砖	365
11.4 黏土砖	354	11.6.1 烧成莫来石制品的生产 工艺	365



11.6.2 熔铸莫来石制品	366	13 含碳耐火材料	401
11.7 刚玉质耐火材料	368	13.1 炭质制品	401
11.7.1 再结合烧结刚玉制品	368	13.1.1 高炉用炭砖	401
11.7.2 再结合电熔刚玉制品	368	13.1.2 电炉用炭块	404
12 碱性耐火制品	371	13.1.3 铝电解用阴极炭块	404
12.1 碱性耐火制品的分类	371	13.1.4 炭质糊类制品	406
12.2 碱性耐火制品的特性	372	13.2 石墨质耐火制品	406
12.2.1 抗侵蚀性	372	13.2.1 黏土石墨制品	406
12.2.2 高温性能	372	13.2.2 石墨块	407
12.2.3 耐水化性	373	13.3 镁炭砖	407
12.2.4 耐真空性	373	13.3.1 定义	407
12.2.5 导电性	373	13.3.2 镁炭砖的性能	408
12.3 镁砖	374	13.3.3 原料对镁炭砖性能的影响	408
12.3.1 烧成镁砖	374	13.3.4 镁炭砖的生产	412
12.3.2 再结合镁砖	378	13.3.5 低碳镁炭砖	414
12.3.3 化学结合镁砖	379	13.4 铝炭质耐火材料	415
12.3.4 镁锆砖	380	13.4.1 定义	415
12.4 MgO-Cr ₂ O ₃ 制品	381	13.4.2 铝炭砖的性能	415
12.4.1 普通镁铬砖	381	13.4.3 生产铝炭质耐火材料 主要原料及工艺流程	416
12.4.2 直接结合镁铬砖	383	13.4.4 原料及工艺对铝炭质 耐火材料性能影响	417
12.4.3 再结合(半再结合) 镁铬砖	385	13.5 铝锆炭质耐火材料	418
12.4.4 化学结合镁铬砖	387	13.5.1 定义	418
12.4.5 熔铸镁铬砖	387	13.5.2 提高铝炭质耐火材料热 稳定性手段	418
12.4.6 镁铬砖的6价铬污染 及对策	388	13.6 铝镁炭质耐火材料	419
12.5 MgO-Al ₂ O ₃ 制品	390	13.6.1 定义	419
12.5.1 镁铝砖	390	13.6.2 铝镁炭质耐火材料的 主要性能	420
12.5.2 镁尖晶石砖	392	13.6.3 生产铝镁炭质耐火材料 的主要原料及对制品 性能的影响	420
12.5.3 镁尖晶石锆砖	392	13.6.4 提高铝镁炭质耐火材料 抗渣性的措施	420
12.6 MgO-CaO 制品	393	13.7 Al ₂ O ₃ -SiC-C 砖	421
12.6.1 烧成镁白云石砖	393	13.7.1 定义	421
12.6.2 镁白云石锆砖	396	13.7.2 Al ₂ O ₃ -SiC-C 砖主要 性能	421
12.6.3 稳定性白云石砖	397		
12.7 MgO-SiO ₂ 制品	397		
12.7.1 镁硅砖	398		
12.7.2 镁橄榄石砖	398		
12.7.3 高纯镁橄榄石砖	398		
12.7.4 镁橄榄石锆砖	399		

13.7.3 生产 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC-C}$ 砖的原料及工艺	421	14.5.4 金属陶瓷制品的生产工艺	466
13.7.4 原料对 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC-C}$ 砖性能的影响	421	14.5.5 金属陶瓷制品的性能及应用	466
13.8 镁钙炭砖	422	14.6 碳化硅质耐火材料	472
13.8.1 定义	422	14.6.1 氧化物结合碳化硅制品	472
13.8.2 镁钙炭砖的特性	422	14.6.2 氮化物结合碳化硅制品	473
13.8.3 生产镁钙炭砖的原料及其显微结构特点	423	14.6.3 自结合碳化硅制品	485
13.8.4 MgO 与 CaO 抗渣特性	423	14.6.4 渗硅反应烧结碳化硅制品	487
13.8.5 MgO-CaO-C 砖生产工艺及要点	423	14.6.5 半碳化硅质制品	488
14 特种耐火材料	425	14.6.6 碳化硅制品的用途	489
14.1 氧化物制品	425	15 功能耐火材料	490
14.1.1 氧化铝制品	425	15.1 概述	490
14.1.2 氧化镁制品	431	15.1.1 连铸和功能耐火材料	490
14.1.3 氧化钙制品	434	15.1.2 功能耐火材料的特点和高性能要求	491
14.1.4 氧化锆制品	436	15.1.3 耐火材料的功能化发展趋势	491
14.1.5 氧化铬制品	440	15.2 滑动水口	491
14.1.6 其他氧化物制品	443	15.2.1 滑动水口结构	491
14.2 氮化物制品	448	15.2.2 滑板材质和性能指标	492
14.2.1 氮化硅制品	448	15.2.3 铝炭质滑板的生产工艺	495
14.2.2 氮化硼制品	450	15.2.4 滑板的损毁机理和滑板性能提高	497
14.2.3 氮化铝制品	452	15.2.5 新结合相滑板	498
14.2.4 氮化钛制品	454	15.2.6 滑动水口装置的上下水口砖	500
14.3 硼化物制品	454	15.3 浸入式水口、长水口、整体塞棒	501
14.3.1 硼化物	454	15.3.1 长水口、整体塞棒、浸入式水口概述	501
14.3.2 硼化锆制品	454	15.3.2 连铸三大件生产工艺	502
14.3.3 硼化锆制品的应用	455	15.3.3 浸入式水口	503
14.4 硅化物制品	455	15.3.4 整体塞棒	508
14.4.1 硅化物	455	15.3.5 长水口	509
14.4.2 硅化钼制品	456	15.4 供气元件	510
14.4.3 硅化钼与氧化铝的复合制品	456	15.4.1 转炉及电炉用透气元件	510
14.4.4 硅化钼制品的应用	457	15.4.2 钢包用透气元件	511
14.5 金属陶瓷制品	457	15.5 定径水口	514
14.5.1 金属陶瓷及其分类	457		
14.5.2 金属陶瓷用原料	457		
14.5.3 金属材料与陶瓷材料间的润湿角	463		

16 含锆耐火制品	517	17.4.8 耐酸耐火浇注料	544
16.1 锆英石制品	517	17.4.9 耐碱耐火浇注料	545
16.2 致密锆英石制品	519	17.4.10 耐磨耐火浇注料	546
16.3 锆刚玉制品	520	17.4.11 钢纤维增强耐火浇注料	547
16.4 锆莫来石制品	521	17.4.12 轻质(隔热)耐火浇注料	548
16.4.1 工业氧化铝和锆英石制成的 锆莫来石制品	521	17.5 耐火可塑料	551
16.4.2 高铝矾土和锆英石制成的 锆莫来石制品	522	17.5.1 黏土结合可塑料	551
16.4.3 电熔颗粒再结合锆 莫来石制品	523	17.5.2 磷酸结合可塑料	552
17 不定形耐火材料	524	17.5.3 硫酸铝结合可塑料	553
17.1 不定形耐火材料概念	524	17.6 耐火捣打料	554
17.1.1 不定形耐火材料分类	524	17.6.1 铝-镁质捣打料	554
17.1.2 不定形耐火材料的制备	525	17.6.2 高铝-碳化硅-炭质捣 打料	554
17.1.3 不定形耐火材料的应用	525	17.6.3 碱性耐火捣打料	555
17.2 不定形耐火材料的粒度组成	526	17.6.4 锆英石质耐火捣打料	556
17.2.1 颗粒级配理论简介	526	17.7 喷射耐火材料	557
17.2.2 粒度组成的控制	527	17.7.1 喷射耐火材料施工装备	557
17.3 不定形耐火材料的作业性能	528	17.7.2 硅酸铝质喷射耐火材料	559
17.3.1 和易性	528	17.7.3 碱性喷射耐火材料	561
17.3.2 稠度	528	17.7.4 高铝-碳化硅-炭质喷 射料	562
17.3.3 流动性(流动值)	528	17.7.5 火焰喷补料	562
17.3.4 铺展性	529	17.8 干式耐火振捣料	564
17.3.5 可塑性	529	17.8.1 硅质干式振捣料	564
17.3.6 附着率	530	17.8.2 硅酸铝质干式振捣料	565
17.3.7 马夏值	530	17.8.3 刚玉质干式振捣料	566
17.3.8 触变性	531	17.8.4 碱性干式振捣料	567
17.3.9 凝结性	531	17.9 耐火挤压料与压注料	570
17.3.10 硬化性	531	17.9.1 $Al_2O_3-SiO_2-SiC-C$ 质 炮泥	570
17.4 耐火浇注料	532	17.9.2 耐火压注料	572
17.4.1 铝酸钙水泥结合浇注料	532	17.10 耐火泥浆	573
17.4.2 低、超低水泥耐火浇注料	535	17.10.1 硅质耐火泥浆	573
17.4.3 无水泥耐火浇注料	537	17.10.2 硅酸铝质耐火泥浆	574
17.4.4 磷酸盐结合浇注料	538	17.10.3 碱性耐火泥浆	576
17.4.5 水玻璃结合浇注料	540	17.10.4 碳化硅和炭质耐火泥浆	576
17.4.6 铝-镁质浇注料	541	17.11 耐火涂料(涂抹料)	577
17.4.7 氧化铝-碳化硅-炭质 浇注料	543	17.11.1 钢液“洁净化”涂料	577
		17.11.2 热辐射涂料	578
		17.11.3 防氧化耐火涂料	579
		17.11.4 耐酸耐火涂料	580

17.11.5	耐碱耐火涂料	580	18.5.6	氧化锆纤维	631
17.11.6	耐热和耐火保温涂料	580	18.5.7	碳和石墨纤维毡绝热材料	632
18	隔热耐火材料	582	18.6	复合隔热保温材料	634
18.1	隔热耐火材料的种类	582	18.6.1	超细 SiO ₂ 微粉复合隔热材料	634
18.2	隔热耐火材料的结构与性能	583	18.6.2	硅酸钙绝热材料	637
18.2.1	隔热耐火材料的组织结构特点	583	18.6.3	浇钢用绝热板	638
18.2.2	隔热耐火材料的体积密度与气孔率	583	18.7	选用隔热耐火材料的技术经济考虑	640
18.2.3	隔热耐火材料的隔热性能	585	18.7.1	隔热材料的体积密度的选择	641
18.2.4	隔热耐火材料的强度	591	18.7.2	气氛与轻质隔热耐火材料的应用	641
18.2.5	隔热耐火材料的耐热性	592	18.7.3	隔热方式	643
18.3	粉粒状保温隔热耐火材料	592	18.7.4	隔热耐火材料的厚度及炉衬外表材料的影响	643
18.3.1	硅藻土及其制品	592	18.7.5	隔热保温工程的经济性	644
18.3.2	膨胀蛭石及其制品	594	18.7.6	隔热对耐火材料内衬使用条件的影响	645
18.3.3	膨胀珍珠岩及其制品	596	19	熔铸耐火材料制品	646
18.3.4	粉煤灰漂珠及其制品	597	19.1	熔铸耐火材料的发展概况	646
18.3.5	耐火氧化物空心球及其制品	599	19.1.1	简史	646
18.3.6	轻质隔热耐火混凝土	602	19.1.2	现状	648
18.3.7	熔融石英浇注料	606	19.1.3	发展方向	651
18.4	定形保温隔热耐火材料	607	19.2	熔铸铝硅锆制品	653
18.4.1	泡沫玻璃	607	19.2.1	熔铸 AZS-15 制品	654
18.4.2	轻质隔热耐火砖	608	19.2.2	熔铸 AZS-33、AZS-36、AZS-41 制品	654
18.4.3	轻质黏土砖	608	19.2.3	熔铸氧化锆砖	665
18.4.4	轻质高铝砖	609	19.3	熔铸莫来石砖	667
18.4.5	莫来石系轻质砖	610	19.3.1	莫来石	667
18.4.6	硅质隔热耐火砖	610	19.3.2	熔铸莫来石砖	667
18.4.7	钙长石轻质隔热砖	611	19.4	熔铸刚玉制品	669
18.4.8	其他隔热耐火砖	612	19.4.1	产品性能及用途	669
18.4.9	制造工艺对轻质隔热耐火砖性能的影响	613	19.4.2	制造工艺要点	671
18.5	纤维状隔热材料	615	19.5	熔铸镁铬砖	672
18.5.1	石棉及其制品	615	19.5.1	生产工艺要点	673
18.5.2	岩棉及其制品	617	19.5.2	性能特征	674
18.5.3	玻璃纤维	618	19.5.3	用途	675
18.5.4	硅酸铝耐火纤维及其制品	619			
18.5.5	多晶氧化铝纤维	628			

第五篇 应 用

20 钢铁工业用耐火材料.....	679	20.5.3 退火炉用耐火材料.....	759
20.1 炼铁系统用耐火材料.....	680	20.6 其他炉用耐火材料.....	760
20.1.1 烧结系统用耐火材料.....	680	20.6.1 热处理炉用耐火材料.....	760
20.1.2 高炉用耐火材料.....	681	20.6.2 冲天炉用耐火材料.....	762
20.1.3 出铁场用耐火材料.....	688	20.6.3 渗碳炉等热工设备用 耐火材料.....	764
20.1.4 非焦炼铁用耐火材料.....	692	20.7 结语.....	764
20.1.5 热风炉用耐火材料.....	698	21 有色冶金工业用耐火材料.....	766
20.1.6 铁水预处理用耐火 材料.....	703	21.1 炼铝用耐火材料.....	766
20.1.7 混铁炉和铁水 罐用耐火材料.....	706	21.1.1 回转窑用耐火材料.....	766
20.2 炼钢系统用耐火材料.....	710	21.1.2 氧化铝气体悬浮焙烧 炉用耐火材料.....	767
20.2.1 转炉炼钢用耐火材料.....	710	21.1.3 铝电解槽用耐火材料.....	768
20.2.2 电弧炉用耐火材料.....	712	21.1.4 熔炼炉和保温炉用 耐火材料.....	769
20.2.3 电弧炉底用耐火材料.....	714	21.2 炼铜用耐火材料.....	770
20.2.4 出钢口用耐火材料.....	717	21.2.1 冰铜熔炼炉.....	770
20.2.5 电弧炉墙用耐火材料.....	719	21.2.2 粗铜熔炼炉.....	781
20.2.6 电弧炉盖用耐火材料.....	721	21.2.3 粗铜精炼炉.....	787
20.2.7 感应炉用耐火材料.....	724	21.3 炼铅用耐火材料.....	793
20.2.8 钢包用耐火材料.....	725	21.3.1 铅鼓风炉用耐火材料.....	793
20.3 炉外精炼用耐火材料.....	731	21.3.2 铅锌密闭鼓风炉(ISP)法 ...	795
20.3.1 AOD 炉用耐火材料	731	21.3.3 氧气底吹炼铅转炉 ——QSL 法	796
20.3.2 VOD 炉用耐火材料	734	21.3.4 基夫赛特熔炼法.....	798
20.3.3 LF 炉和 Asea-SKF 炉用耐火 材料.....	736	21.3.5 氧气顶吹 Kaldo 转 炉法.....	800
20.3.4 RH 和 DH 用耐火 材料.....	740	21.3.6 富氧顶吹浸没熔炼法.....	800
20.4 连铸系统用耐火材料.....	743	21.4 炼锌用耐火材料.....	802
20.4.1 连铸功能系列用耐火 材料.....	743	21.4.1 竖罐炼锌蒸馏炉及精 馏炉.....	802
20.4.2 滑动水口系统用耐火 材料.....	748	21.4.2 炼锌电炉.....	805
20.4.3 中间包用耐火材料.....	751	21.4.3 锌浸出渣挥发窑.....	806
20.5 轧钢用耐火材料.....	755	21.5 炼镍用耐火材料.....	806
20.5.1 加热炉用耐火材料.....	755	21.6 金银冶炼用耐火 材料.....	809
20.5.2 均热炉用耐火材料.....	758		