

镁质材料生产 与应用

■ 主编 全跃



冶金工业出版社

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

镁质材料生产与应用

MEIZHI CAILIAO SHENGCHAN YU YINGYONG

主编 全 跃

副主编 魏 同 胡庆福 崔建忠 曲 勃 高 建

北京

冶金工业出版社

2008

内 容 简 介

本书共分四篇,第一篇为镁资源,包括概论,主要含镁矿物。第二篇为镁质耐火材料,包括镁质耐火材料发展历程,镁质耐火材料,镁质不定形耐火材料,镁质耐火材料制品生产技术,镁质耐火材料生产装备,环境保护、劳动安全、职业卫生、消防,镁质耐火材料理论基础,镁质耐火材料应用,镁质耐火材料发展趋势。第三篇为镁质化工材料,包括镁质耐火材料发展历程,氧化镁系列产品,碳酸镁系列产品,氢氧化镁系列产品,硫酸镁系列产品,氯化镁系列产品,其他镁化合物,镁质化工材料制备工艺及设备,镁质化工材料生产与节能,镁质化工材料生产与环境保护,镁质化工材料的应用,镁质化工材料的发展趋势。第四篇为金属镁与镁合金,包括金属镁与镁合金的发展历程,金属镁、镁合金的分类和性质,镁合金的熔炼与净化,镁合金的铸造技术,镁合金的塑性加工,镁合金的热处理,镁合金的连接,镁合金的腐蚀与表面防护,镁合金的应用概况,镁合金应用趋势等。

本书可供冶金工业、化工工业、航空航天工业、耐火材料专业等科研技术人员阅读,也可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

镁质材料生产与应用/全跃主编. —北京:冶金工业出版社,2008.2

ISBN 978-7-5024-4482-2

I. 镁… II. 全… III. ①镁—生产工艺 ②镁—应用 IV. TG146.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 012889 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 postmaster@cnmip.com.cn

策 划 曹胜利

责任编辑 章秀珍 王楠 美术编辑 李心 版式设计 张青

责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4482-2

北京盛通印刷股份有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 2 月第 1 版;2008 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;62.75 印张;1529 千字;975 页;1—4500 册

160.00 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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《镁质材料生产与应用》编委会

主任：全 跃

副主任：曲 勃 高 建 魏 同 胡庆福

崔建忠

委员（以姓氏笔画为序）：

于景坤 印万忠 刘 正 曲 勃

全 跃 吴运广 杨院生 陈树江

胡庆福 赵海鑫 高 建 崔建忠

程恩庆 薛冬峰 魏 同

序 言

中国的镁资源十分丰富,菱镁矿资源更是得天独厚,仅辽宁省的菱镁矿已探明储量即达 30.5 亿 t,占世界储量的 25%。利用菱镁矿资源优势,辽宁省镁质材料行业在近 20 年来得到了长足发展,尤其是镁质耐火材料发展迅速,在产品的品种、数量、质量等方面均处于国内领先、国际先进的地位,覆盖了 90% 的国内市场,并远销世界 50 多个国家和地区。镁质材料行业已经发展成为辽宁省重要的优势资源性产业。

按照科学发展观的要求,镁质材料行业应不断拓宽应用领域,加快产品结构调整步伐,突出抓好节能减排工作,努力实现可持续发展。辽宁省镁质材料行业在继续强化镁质耐火材料产业发展的同时,要大力发展镁质化工材料产业和镁合金产业。作为资源性行业,辽宁省镁质材料行业要加强资源保护和合理开发利用,要在节约资源和能源上下功夫,要加强环境保护,认真开展污染减排工作。要努力转变经济增长方式,大力发展循环经济。

辽宁省人民政府镁资源保护办公室会同有关专家共同编写的《镁质材料生产与应用》一书,从资源开始论述,详尽地阐述了镁质耐火材料、镁质化工材料和镁合金的内容,是国内乃至国际上镁质材料行业第一部系统的专业技术书籍,相信它将对镁质材料的研究开发和产业化起到积极的推动作用。

刘国强

2008 年 1 月

前 言

镁资源是指可用于生产镁质耐火材料、镁质化工材料、金属镁等产品的含镁矿物,主要分为固体矿物和液体矿物两类,在世界上分布十分广泛。中国是镁资源大国,菱镁矿、白云石、水镁石等资源储量丰富,品位高已经得到广泛的开发和利用,形成了镁质耐火材料、镁质化工材料和金属镁及镁合金三大产业,统称镁质材料行业。其产品广泛应用于冶金、建材、化工、汽车、电子、航空航天、医药、食品、农牧等领域。目前中国镁质耐火材料产业已经形成较大规模,研发、生产、销售形成体系,出现了一批技术成熟、设备先进、管理较为完善的生产企业;镁质化工材料产业发展迅速,新企业不断涌现,有的产品已经形成一定规模,在国内外占有一定市场份额,但是企业规模普遍较小且以生产普通产品为主,产业规模和水平尚需进一步提高;金属镁及镁合金产业处于起步阶段,金属镁生产规模大但是水平不高,镁合金研发活跃,尽管产业整体水平不高,但是已经呈现出巨大的发展前景。

《镁质材料生产与应用》一书共分四篇,分别为镁资源、镁质耐火材料、镁质化工材料和金属镁与镁合金。本书结合生产实际,全面介绍了镁质材料的发展历程、主要产品和性能、生产设备和工艺、劳动安全和环境保护以及发展的趋势。既立足国内研究和生产,介绍国外发展现状,又着眼未来发展,基本做到了深入浅出,图文并茂。可供从事镁质材料科学与工程方面的科研、教学、管理和工程技术人员阅读,也可作为高校相关专业师生的参考书。

在编委会统一组织领导下,辽宁省人民政府镁资源保护办公室(以下简称辽宁省镁办)高建、程恩庆、河北科技大学胡庆福、辽宁省地质调查院李东涛撰写了第一篇第1章、第2章;中冶焦耐工程技术有限公司魏同、吴运广等撰写了第二篇第1章、第5章、第6章;辽宁科技大学陈树江、田凤仁、何家梅、张义先撰写了第二篇第2章、第4章;中冶集团建筑研究总院韩行禄撰写了第二篇第3章;东北大学于景坤,辽宁省镁办曲勃、赵海鑫、宋光撰写了第二篇第7章、第8章、第9章;河北科技大学胡庆福、白求恩医学院宋丽英、河北省环科院胡晓波撰写了第三篇第1章、第3章、第9章、第10章;东北大学印万忠撰写了第三篇第2章、第4章、第7章、第11章;大连理工大学薛冬峰、王雷、孙丛婷,辽宁省镁办王兆敏、吕品、朱华撰写了第三篇第5章、第6章、第8章、第12章;东北大学崔建忠、乐启焱,辽宁省镁办李刚、李政杰撰写了第四篇第1章、第4章、第6章;

中国科学院金属研究所杨院生、韩恩厚撰写了第四篇第 2 章、第 3 章、第 7 章、第 9 章；沈阳工业大学刘正、陈立佳，辽宁省镁办张传起、刘景泽撰写了第四篇第 5 章、第 10 章、第 11 章；大连理工大学刘黎明撰写了第四篇第 8 章。在此，对他们的严谨学风和敬业精神表示由衷的钦佩，对他们的辛勤工作和无私奉献表示衷心的感谢。特别需要指出的是，作者在编著本书的过程中，参考并引用了大量的文献资料，在此也向这些作者表示由衷的谢意。

希望本书能够为镁质材料行业发展发挥积极的推动作用，希望能够为读者带来启发和裨益。由于编著者水平所限，难免出现一些疏漏和不当之处，敬请读者提出宝贵意见。



2008 年 1 月

目 录

第一篇 镁 资 源

1 概论	3
1.1 镁资源及其分布	3
1.1.1 镁资源的种类	3
1.1.2 镁资源分布	4
1.2 镁资源开发与利用	7
1.2.1 镁资源开采状况	7
1.2.2 镁资源在耐火材料中的应用	8
1.2.3 镁资源在化工材料中的应用	12
1.2.4 金属镁的应用	17
1.3 我国镁资源应用前景	20
1.3.1 我国镁资源的保护与开发	20
1.3.2 镁质材料发展前景	21
参考文献	26
2 主要含镁矿物	27
2.1 概述	27
2.2 菱镁矿	31
2.2.1 矿物类型	31
2.2.2 物理化学性质	32
2.2.3 主要用途	33
2.2.4 菱镁矿矿石的分类及其工业产品质量标准	34
2.2.5 选矿加工方法	36
2.3 白云石	38
2.3.1 矿物类型	38
2.3.2 物理化学性质	39
2.3.3 主要用途	40
2.3.4 白云岩矿石分类及其工业产品质量标准	40
2.4 水镁石	43
2.4.1 矿物类型	43
2.4.2 物理化学性质	45

2.4.3	主要用途	45
2.4.4	水镁石矿石分类及其工业产品质量标准	46
2.5	橄榄石	48
2.5.1	矿物类型	48
2.5.2	物理化学性质	49
2.5.3	工业应用	49
2.6	海水与卤水	49
2.6.1	海水	49
2.6.2	盐湖卤水	51
2.6.3	地下卤水和油气及气井水	52
2.6.4	海水、地下卤水、盐湖卤水中的主要矿物特征	52
2.7	其他含镁矿物	53
2.7.1	蛇纹石	53
2.7.2	水菱镁石	56
2.7.3	滑石	59
2.7.4	方镁石	63
2.7.5	透辉石	64
2.7.6	透闪石	64
	参考文献	64

第二篇 镁质耐火材料

1	镁质耐火材料发展历程	69
1.1	我国镁质耐火材料发展历程	69
1.1.1	钢铁工业用镁质耐火材料发展历程	69
1.1.2	建材、有色金属行业用镁质耐火材料发展历程	72
1.1.3	耐火材料行业向市场经济转变	73
1.1.4	我国碱性耐火材料发展方向	74
1.2	镁质耐火材料在国民经济中的地位和作用	75
	参考文献	76
2	镁质耐火原料	77
2.1	镁砂	77
2.1.1	轻烧氧化镁	77
2.1.2	烧结镁砂	81
2.1.3	电熔镁砂	89
2.1.4	海水和卤水镁砂	90
2.2	合成镁砂	92
2.2.1	合成镁白云石砂	92

2.2.2	高铁镁钙砂	98
2.2.3	镁铬砂	100
2.2.4	镁铝尖晶石砂	102
2.2.5	镁锆砂	107
2.3	结合剂和常用辅助材料	109
2.3.1	沥青	109
2.3.2	酚醛树脂	110
2.3.3	石墨	111
2.3.4	炭黑	112
2.3.5	工业氧化铝及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	113
2.3.6	铬铁矿	113
2.3.7	锆英石	114
2.3.8	抗氧化剂	115
	参考文献	115
3	镁质不定形耐火材料	116
3.1	镁质不定形耐火材料分类	116
3.2	原材料及要求	116
3.2.1	结合剂	116
3.2.2	耐火骨料和粉料	123
3.2.3	外加剂	125
3.3	耐火浇注料	126
3.3.1	镁质水泥耐火浇注料	126
3.3.2	聚磷酸盐耐火浇注料	128
3.3.3	水玻璃镁砂耐火浇注料	131
3.3.4	硅微粉结合镁质类耐火浇注料	132
3.3.5	含炭耐火浇注料	139
3.3.6	预制块	142
3.4	干式振动料	142
3.4.1	概述	142
3.4.2	材料组成和性能	144
3.5	耐火喷涂料	145
3.5.1	概述	145
3.5.2	耐火喷涂料	146
3.5.3	火焰喷补料	149
3.6	耐火修补料	149
3.6.1	溅渣护炉	150
3.6.2	耐火投补料	150
3.6.3	功能性修补料	152

3.7	耐火涂抹料及镁质泥浆	154
3.7.1	耐火涂抹料	154
3.7.2	镁质泥浆	156
3.8	耐火捣打料	156
3.8.1	普通耐火捣打料	157
3.8.2	干式耐火捣打料	158
	参考文献	162
	III	
4	镁质耐火材料制品	163
4.1	镁质定形耐火制品的分类	163
4.2	镁砖	164
4.2.1	镁砖生产工艺基础	165
4.2.2	镁砖生产工艺	167
4.3	镁钙砖	169
4.3.1	镁钙系耐火材料特点	169
4.3.2	镁钙系耐火材料防水化方法	169
4.3.3	镁钙系耐火材料水化测试方法	170
4.3.4	镁钙系耐火材料生产	170
4.4	镁铝、镁尖晶石系耐火材料	172
4.4.1	生产工艺要点	172
4.4.2	水泥回转窑用镁铝尖晶石砖	174
4.4.3	镁铝尖晶石砖性能特点	179
4.5	镁铬砖	183
4.5.1	硅酸盐结合镁铬砖	183
4.5.2	直接结合镁铬砖	185
4.5.3	再结合镁铬砖	187
4.5.4	半再结合镁铬砖	188
4.5.5	预反应镁铬砖	188
4.5.6	不烧镁铬砖	189
4.5.7	熔铸镁铬砖	190
4.5.8	水泥窑用镁铬砖中铬公害及解决途径	191
4.6	镁锆砖	192
4.7	镁硅砖和镁橄榄石砖	192
4.7.1	镁硅砖	192
4.7.2	镁橄榄石砖	193
4.8	镁质含炭耐火制品	194
4.8.1	镁质含炭制品生产	194
4.8.2	镁质含炭制品生产技术关键	195
4.8.3	镁质含炭制品性能	202

4.9 特种镁质耐火制品	206
4.9.1 特种耐火材料	206
4.9.2 特种镁质耐火材料	207
参考文献	209
5 镁质耐火材料生产装备	210
5.1 破碎设备	210
5.1.1 颞式破碎机	210
5.1.2 对辊破碎机	211
5.1.3 圆锥破碎机	211
5.1.4 立式冲击破碎机	212
5.2 磨细设备	213
5.2.1 筒磨机	213
5.2.2 悬辊磨	215
5.2.3 振动磨	216
5.3 超细磨与分级机	217
5.3.1 气流磨	217
5.3.2 分级机	220
5.3.3 粒度分析仪	220
5.4 称量设备	220
5.4.1 电子皮带秤	220
5.4.2 电子称量车	221
5.5 混合设备	222
5.5.1 螺旋锥形混合机	222
5.5.2 湿碾机	222
5.5.3 行星式强制混合机	224
5.5.4 600L 高速混合机	225
5.5.5 强力逆流混合机	226
5.5.6 混合造粒机及干燥成套设备	227
5.6 成型设备	229
5.6.1 高压压球机	229
5.6.2 摩擦压砖机	230
5.6.3 液压压砖机	231
5.6.4 等静压机	233
5.7 制品加工设备	234
5.7.1 真空油浸装置	234
5.7.2 耐火制品机械加工设备	236
5.8 不定形耐火材料施工机具	237
5.8.1 喷射-浇注机	237

5.8.2	拆包机	238
5.9	热工炉窑	238
5.9.1	沸腾炉	240
5.9.2	悬浮炉	241
5.9.3	超高温竖窑	242
5.9.4	回转窑	244
5.9.5	热处理窑	245
5.9.6	隧道窑	247
5.9.7	梭式窑	248
5.10	除尘设备	250
5.10.1	重力沉降室	250
5.10.2	旋风除尘器	251
5.10.3	袋式除尘器	251
5.10.4	电除尘器	254
5.11	工业控制计算机	254
5.11.1	自动化控制计算机与仪表系统	254
5.11.2	控制系统装备和仪表装备水平	255
5.11.3	控制系统装备主要技术指标	256
5.11.4	应用软件基本功能	256
5.11.5	控制室、电源系统及信号传输的要求	257
	参考文献	257
6	环境保护、劳动安全、职业卫生、消防	258
6.1	环境保护	258
6.1.1	环境保护主要限值	258
6.1.2	主要污染源与污染物	259
6.1.3	控制与治理各种环境污染	260
6.2	劳动安全	261
6.2.1	危害劳动安全因素分析	262
6.2.2	劳动安全主要防范措施	262
6.3	职业卫生	267
6.3.1	职业卫生危害因素分析	267
6.3.2	职业卫生危害防范措施	268
6.4	消防	273
6.4.1	火灾爆炸危险物品及生产火灾危险因素分析	273
6.4.2	防火及消防措施	275
6.4.3	建、构筑物的消防	276
	附录 A	280

7 镁质耐火材料理论基础	282
7.1 相平衡理论	282
7.1.1 相平衡	282
7.1.2 二元系	282
7.1.3 三元系	286
7.1.4 四元系	295
7.2 热力学基础	298
7.2.1 热力学的基本概念和定律	298
7.2.2 菱镁矿的分解热力学	299
7.2.3 氢氧化镁的分解	299
7.2.4 MgO-H ₂ O 体系热力学	300
7.2.5 MgO-C 以及 MgO-CaO-C 体系热力学	301
7.3 扩散与固相反应、烧结	304
7.3.1 扩散	304
7.3.2 固相反应	308
7.3.3 烧结	313
7.4 与熔渣的反应	320
7.4.1 熔渣向耐火材料内部的浸透	320
7.4.2 熔渣与耐火材料间的反应	322
7.4.3 镁质耐火材料与熔渣的反应	323
7.5 与钢水反应	327
7.5.1 耐火材料与钢水间的反应机理	327
7.5.2 镁质耐火材料与钢水间的反应	330
参考文献	333
8 镁质耐火材料应用	334
8.1 钢铁冶炼用镁质耐火材料	334
8.1.1 炼钢用镁质耐火材料	334
8.1.2 连铸用镁质耐火材料	346
8.1.3 炉外精炼用镁质耐火材料	352
8.2 建材用镁质耐火材料	361
8.2.1 水泥窑用镁质耐火材料	361
8.2.2 玻璃窑用镁质耐火材料	366
8.2.3 陶瓷用镁质耐火材料	367
8.3 其他领域用镁质耐火材料	368
8.3.1 有色冶炼用镁质耐火材料	368
8.3.2 气化炉用镁质耐火材料	369
8.3.3 感应炉用镁质耐火材料	370
参考文献	371

9 镁质耐火材料的发展趋势 372

9.1 镁质耐火材料发展现状及存在的主要问题 372

9.1.1 镁质耐火材料技术及产业发展现状 372

9.1.2 镁质耐火材料技术及产业发展中存在的问题和特点 372

9.2 镁质耐火材料的未来发展趋势 374

9.2.1 我国开展镁质耐火材料研究和产业化的优势 374

9.2.2 镁质耐火材料的未来发展趋势 375

第三篇 镁质化工材料

10 镁质化工材料发展历程 379

参考文献 386

2 氧化镁系列产品 387

2.1 重质氧化镁 387

2.1.1 物理化学性质和用途 387

2.1.2 制备方法和生产原理 387

2.1.3 产品质量标准 387

2.2 工业氧化镁(轻质氧化镁) 388

2.2.1 物理化学性质和用途 388

2.2.2 制备方法和生产原理 388

2.2.3 产品质量标准 389

2.3 活性氧化镁 390

2.3.1 物理化学性质和用途 390

2.3.2 制备方法和生产原理 390

2.3.3 产品质量标准 391

2.4 电熔和电工级氧化镁 391

2.4.1 物理化学性质和用途 391

2.4.2 制备方法和生产原理 394

2.4.3 产品质量标准 394

2.5 硅钢级氧化镁 398

2.5.1 物理化学性质和用途 398

2.5.2 制备方法和生产原理 398

2.5.3 产品质量标准 399

2.6 高纯镁砂 399

2.6.1 物理化学性质和用途 399

2.6.2 制备方法和生产原理 399

2.6.3 产品质量标准 401

2.7 医药用氧化镁	401
2.7.1 物理化学性质和用途	401
2.7.2 制备方法和生产原理	401
2.7.3 产品质量标准	402
2.8 试剂级氧化镁	403
2.8.1 物理化学性质和用途	403
2.8.2 制备方法和生产原理	403
2.8.3 产品质量标准	403
2.9 氧化镁晶须	404
2.9.1 物理化学性质和用途	404
2.9.2 制备方法和生产原理	404
2.9.3 产品质量标准	406
2.10 过氧化镁	406
2.10.1 物理化学性质和用途	406
2.10.2 制备方法和生产原理	406
2.10.3 产品质量标准	407
2.11 纳米级氧化镁	407
2.11.1 物理化学性质和用途	407
2.11.2 制备方法和生产原理	408
2.11.3 产品质量标准	410
参考文献	411
3 碳酸镁系列产品	414
3.1 工业水合碱式碳酸镁(轻质碳酸镁)	414
3.1.1 物理化学性质及用途	414
3.1.2 生产方法与生产原理	415
3.1.3 消耗定额	416
3.1.4 产品质量标准及检测方法	417
3.2 医药用碳酸镁	417
3.2.1 物理化学性质及用途	417
3.2.2 生产方法与生产原理	418
3.2.3 消耗定额	420
3.2.4 产品质量标准及检测方法	421
3.3 食品级碱式碳酸镁	422
3.3.1 物理化学性质及用途	422
3.3.2 生产方法与生产原理	423
3.3.3 消耗定额	424
3.3.4 产品质量及检测方法	425
3.4 电子级碱式碳酸镁	425

3.4.1	物理化学性质及用途	425
3.4.2	生产方法与生产原理	426
3.4.3	消耗定额	429
3.4.4	产品质量标准及检测方法	430
3.5	其他碳酸镁	431
3.5.1	透明轻质碳酸镁	431
3.5.2	针形轻质碳酸镁	434
3.5.3	块状轻质碳酸镁	435
	参考文献	436
4	氢氧化镁系列产品	437
4.1	重质氢氧化镁	437
4.1.1	物理化学性质和用途	437
4.1.2	制备方法和生产原理	437
4.1.3	产品质量标准	437
4.2	阻燃级氢氧化镁	438
4.2.1	物理化学性质和用途	438
4.2.2	制备方法和生产原理	439
4.2.3	产品质量标准	439
4.3	中和级氢氧化镁	439
4.3.1	物理化学性质和用途	439
4.3.2	制备方法和生产原理	440
4.3.3	产品质量标准	441
4.4	医用氢氧化镁	443
4.4.1	物理化学性质和用途	443
4.4.2	制备方法和生产原理	443
4.4.3	产品质量标准	443
4.5	电子级氢氧化镁	444
4.5.1	物理化学性质和用途	444
4.5.2	制备方法和生产原理	444
4.5.3	产品质量标准	444
4.6	氢氧化镁晶须	445
4.6.1	物理化学性质和用途	445
4.6.2	制备方法和生产原理	446
4.6.3	产品质量标准	447
4.7	油品添加剂用氢氧化镁	448
4.7.1	物理化学性质和用途	448
4.7.2	制备方法和生产原理	448