

韩行禄 编著

不定形

耐火材料

(第2版)

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书较全面地阐述了近 10 年来不定形耐火材料的新技术、新工艺、新设备及其在钢铁熔炼炉等热工设备上的应用,同时较全面地论述了新技术(浇注料、低水泥系列耐火浇注料和传统耐火浇注料等的凝结硬化、凝聚机理,高温物理化学变化、基本配合比、主要性能及其影响因素,还介绍了新施工法和耐火喷补料等材料的技术开发和应用前景,最后阐述了不定形耐火材料的生产、施工工艺和应用技术。内容编排以不定形耐火材料的发展为主线,力求简明、实用。

本书可供从事不定形耐火材料研究、开发、设计、生产和应用的工程技术人员使用,也可供大专院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

不定形耐火材料/韩行禄编著.—2 版.—北京:冶金工业出版社,2003.1

ISBN 7-5024-3129-2

I. 不… II. 韩… III. 不定形耐火材料
IV. TQ175.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 082090 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 符燕蓉 责任印制 李玉山

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1994 年 6 月第 1 版;2003 年 1 月第 2 版,2003 年 1 月第 4 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 16.5 印张; 442 千字; 512 页;12501—15500 册

36.00 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)

前 言

不定形耐火材料是用耐火骨粉料和结合剂等材料配制的散状耐火材料,是经过成型和烘烤后能直接使用的新型耐火材料。它是服务于高温技术的一种基础材料,是耐火材料中新形成的一个重要分支,被喻为第二代耐火材料。

本书阐述了近 10 年来不定形耐火材料的新技术、新工艺和新发展,特别是对新技术耐火浇注料和新施工法等材料作了系统介绍。新技术、新工艺材料是在耐火材料基础理论的指导下,进行精料精配,达到自反应、自烧结和自膨胀,从而获得高纯度、高性能、高技术的多功能不定形耐火材料。该材料已投入到冶金熔炼炉等高温热工设备的使用中,效果优良。不定形耐火材料的新发展就是品种不断增加、应用范围不断扩大、产量不断上升。同时,在新材料的普及和推广中,应迅速提高其质量、降低消耗和延长寿命,努力把不定形耐火材料的发展推向新阶段,使它在高温技术领域发挥更大的作用。

为此,作者总结了 40 多年来从事不定形耐火材料的工作经验,汇集了近 10 年全国不定形耐火材料工作者的最新技术成果,结合不定形耐火材料生产、设计、施工和应用的实践,参考了国外的新资料,对 1994 年出版的《不定形耐火材料》进行了修订。

本书以不定形耐火材料的发展过程为主线,以最常用的耐火浇注料发展脉络为依据,较全面地概述了铝酸盐水泥耐火浇注料和化学结合耐火浇注料的凝结硬化机理、高温物理化学变化、基本配合比、主要性能及其影响因素,并重点阐述了新技术耐火浇注料和低水泥系列耐火浇注料等新品种材料的技术路线,配制原则,超

外加剂技术,凝聚结合机理,高温自反应、自烧结和自膨胀
、化。本书还介绍了新施工方法和耐火喷涂料等材料。最后,
综合叙述了不定形耐火材料的生产、设计、施工、烘炉及其应用技术等问题。

全书以介绍国内不定形耐火材料为主,并扼要地说明了材料的应用情况。

在本书的编写过程中,参阅了全国历届各种耐火材料学术会议资料和耐火材料方面的报刊,特向有关作者致谢。同时,承蒙许多同行至交,给予了支持和鼓励。中国耐火材料标准委员会秘书长方正国教授、中冶集团鞍山焦化耐火材料设计研究院刘景林副译审、江苏太湖耐火材料股份有限公司原总工赵渭权教授、太原高科技耐火材料有限公司总经理高树森高级工程师、洛阳耐火材料研究院冯改山高级工程师、北京中冶集团建筑研究总院孙险峰教授、张玉高级工程师和江西科光窑炉材料有限公司总经理郭少仪高级工程师,提供了宝贵的技术资料及有关信息,又审阅了部分章节。北京中冶集团建筑研究总院杨桂兰高级工程师绘制了全部线条图。在此,谨向我的同行朋友们,表示最诚挚的感谢。

本书能对不定形耐火材料的进步有所帮助,能对广大读者有所裨益,将是作者的最大欣慰。

本书力求简明实用。书中尚有不足之处,敬请读者不吝赐教。

作 者

2002 年 10 月 1 日

目 录

第一章 概论	1
第一节 定义和分类	3
一、定义	3
二、分类	5
第二节 发展和应用	8
一、发展	8
二、应用	12
第二章 性能及其检验	17
第一节 化学矿物组成	18
一、化学组成	18
二、矿物组成	19
第二节 组织结构	20
一、气孔率、体积密度	20
二、真密度	21
三、透气度	22
第三节 力学性能	22
一、强度	23
二、耐磨性	29
三、弹性模量	30
四、高温蠕变性	30
第四节 热学性能	31

一、热膨胀	31
二、热导率	32
第五节 使用性能	34
一、耐火度和荷重软化温度	34
二、线变化率	35
三、抗热震性	36
四、抗渣性	36
五、抗氧化性	36
第三章 原材料及其要求	38
第一节 结合剂	38
一、铝酸盐水泥	39
二、水玻璃	42
三、磷酸和磷酸盐	45
四、硫酸铝	49
五、软质黏土	49
六、酚醛树脂	49
七、沥青	50
第二节 耐火骨料和粉料	51
一、作用与要求	51
二、铝矾土熟料	52
三、黏土质原料	54
四、半硅质原料	55
五、硅质原料	55
六、镁质类原料	56
七、蓝晶石族矿物原料	60
八、莫来石	63
九、刚玉	64
十、工业氧化铝	65
十一、尖晶石类原料	66

十二、碳化硅、氮化硅	67
十三、铬铁矿、锆英石	68
十四、轻骨料	69
第三节 外加剂	72
一、简介	72
二、表面活性剂	73
第四章 铝酸盐水泥耐火浇注料	74
第一节 硬化机理和强度变化特征	74
一、硬化机理	74
二、强度变化特征	78
第二节 CA-50 水泥耐火浇注料	82
一、常用配合比	82
二、主要性能	83
三、提高中温强度	85
第三节 CA-60 水泥耐火浇注料	87
第四节 CA-70 水泥耐火浇注料	88
第五节 CA-80 水泥耐火浇注料	92
第六节 电熔铝酸盐水泥耐火浇注料	93
一、水泥的生产和性能	94
二、耐火浇注料的性能和应用	95
第七节 影响性能的因素	97
一、水泥用量	98
二、水用量	98
三、耐火粉料	100
四、耐火骨料	101
五、外加剂	103
六、养护制度	106

第五章 化学结合耐火浇注料	109
第一节 磷酸耐火浇注料.....	109
一、硅酸铝质耐火浇注料	109
二、刚玉和莫来石质耐火浇注料	118
三、硅质耐火浇注料	120
四、磷酸-硫酸铝耐火浇注料	121
第二节 磷酸铝耐火浇注料.....	122
第三节 聚磷酸钠碱性耐火浇注料.....	127
一、概况	127
二、镁质耐火浇注料	128
三、镁铬质耐火浇注料	130
第四节 硫酸铝耐火浇注料.....	131
第五节 水玻璃耐火浇注料.....	133
一、普通水玻璃耐火浇注料	136
二、耐高温水玻璃耐火浇注料	139
三、铝镁质耐火浇注料	145
第六章 黏土结合耐火浇注料	149
第一节 软质黏土的性能及其选择.....	149
一、软质黏土的性能	149
二、软质黏土的选择	155
第二节 黏土的解胶和硬化机理.....	156
一、黏土的解胶机理	156
二、黏土的硬化机理	158
第三节 普通黏土耐火浇注料.....	160
一、强度变化特征	160
二、主要配合比和性能	163
三、影响性能的因素	165
第四节 高强度黏土耐火浇注料.....	168

一、基本技术措施	168
二、主要性能	171
第七章 低水泥系列耐火浇注料	173
第一节 超微粉技术	175
一、超微粉的品种和制法	175
二、超微粉性能及其作用机理	178
第二节 低水泥耐火浇注料	183
一、配制原则	184
二、凝结硬化机理	185
三、强度变化特征	186
四、基本性能	188
五、影响性能的因素	194
第三节 超低水泥耐火浇注料	198
一、普通超低水泥耐火浇注料	198
二、铁沟耐火浇注料	200
三、影响性能的因素	206
第四节 无水泥耐火浇注料	212
第八章 新技术耐火浇注料	216
第一节 高技术钢包耐火浇注料	217
一、低水泥铝镁尖晶石质耐火浇注料	221
二、低水泥铝镁质耐火浇注料	235
三、低水泥高纯铝镁尖晶石质耐火浇注料	243
第二节 高性能超微粉结合耐火浇注料	247
一、超微粉结合铝镁尖晶石质耐火浇注料	251
二、超微粉结合镁质类耐火浇注料	256
第三节 高纯度耐火浇注料	265
一、高纯度刚玉质耐火浇注料	266
二、高纯度铬刚玉质耐火浇注料	271

三、高纯度铬镁刚玉质耐火浇注料	274
第四节 新型耐火浇注料	277
一、微膨胀耐火浇注料	277
二、莫来石结合耐火浇注料	279
三、镁铝钛质耐火浇注料	282
四、含碳耐火浇注料	283
第九章 新施工法材料和散状料	288
第一节 自流耐火浇注料	289
一、刚玉和高铝质自流耐火浇注料	294
二、加热炉用自流耐火浇注料	300
三、中间包和钢包用自流耐火浇注料	302
四、出铁沟用自流耐火浇注料	306
五、其他热工设备和修补用自流浇注料	310
第二节 干式振动料和捣打料	312
第三节 无搅拌耐火浇注料	318
第四节 溅渣护炉和新型补炉料	321
一、溅渣护炉	321
二、新型补炉料	323
第五节 湿式泵送喷涂料和其他材料	325
一、湿式泵送喷涂料	325
二、其他材料	327
第十章 轻质耐火浇注料	332
第一节 轻质砖砂耐火浇注料	333
一、基本组成	333
二、主要性能	336
第二节 多孔熟料耐火浇注料	338
一、普通多孔熟料耐火浇注料	338
二、高温多孔熟料耐火浇注料	341

第三节 空心球耐火浇注料	343
第四节 陶粒耐火浇注料	345
一、高强度陶粒耐火浇注料	345
二、低体积密度陶粒耐火浇注料	348
第五节 其他品种轻质浇注料	351
一、珍珠岩耐火浇注料	351
二、蛭石耐火浇注料	352
三、耐火纤维浇注料	353
第十一章 其他品种耐火浇注料	355
第一节 硅酸盐水泥耐火浇注料	355
一、普通水泥耐火浇注料	355
二、矿渣水泥耐火浇注料	359
第二节 镁质类耐火浇注料	360
一、镁质水泥耐火浇注料	361
二、镁质耐火浇注料	362
三、镁质或高铝-尖晶石质耐火浇注料	365
第三节 特殊性能耐火浇注料	367
一、耐磨耐火浇注料	367
二、耐酸耐火浇注料	369
三、耐碱耐火浇注料	370
四、高热导率耐火浇注料	372
五、防渗透浇注料	372
第四节 纤维增强耐火浇注料	374
一、钢纤维增强耐火浇注料	374
二、氧化铝纤维增强耐火浇注料	378
第五节 ρ - Al_2O_3 和硅铝胶结合浇注料	380
一、 ρ - Al_2O_3 结合耐火浇注料	380
二、硅铝胶结合耐火浇注料	384

第十二章 耐火可塑料和捣打料	386
第一节 概述	386
一、耐火可塑料	386
二、耐火捣打料	388
第二节 硫酸铝耐火可塑料	389
一、强度变化特征	389
二、原材料及配合比	390
三、主要性能	393
四、影响性能的因素	395
第三节 磷酸类耐火可塑料	399
第四节 普通耐火捣打料	402
第五节 含碳耐火捣打料	409
一、特点与组成	409
二、主要性能	410
第十三章 耐火喷涂料和修补料	414
第一节 基本情况	414
第二节 耐火喷涂料	416
一、重质耐火喷涂料	416
二、轻质耐火喷涂料	417
三、喷涂设备及工艺	418
第三节 耐火修补料	421
一、耐火喷补料	422
二、耐火压入料	428
三、火焰喷补料	429
第十四章 预制块和不烧砖	432
第一节 预制块	432
第二节 普通不烧砖	435

一、水玻璃不烧砖	435
二、磷酸或磷酸盐不烧砖	437
三、硫酸铝和水泥不烧砖	440
第三节 含碳不烧砖	441
一、铝炭砖	441
二、铝镁炭砖	444
三、镁炭砖	450
第四节 绝热板	453
第十五章 耐火涂抹料及其他材料	456
第一节 耐火涂抹料	456
第二节 耐火涂料	461
一、热辐射涂料	462
二、防氧化涂料	466
三、复合硅酸盐涂料	468
第三节 高炉炮泥	469
第四节 耐火泥浆	470
一、硅酸铝质耐火泥浆	471
二、硅质泥浆	473
三、含碳泥浆	475
四、隔热耐火泥浆	476
第五节 锚固件	477
第十六章 不定形耐火材料生产和应用技术	480
第一节 生产	481
一、耐火浇注料的生产	481
二、耐火可塑料的生产	484
三、预制块的生产	484
四、不烧砖的生产	486
第二节 设计	487

一、耐火可塑料衬体设计	488
二、耐火浇注料衬体设计	492
三、耐火喷涂料衬体设计	495
第三节 施工	496
一、耐火可塑料施工	496
二、耐火浇注料施工	500
三、其他材料的施工	503
第四节 烘炉及使用要求	504
参考文献	510

第一章 概 论

耐火材料是耐火度不低于 1580℃ 的无机非金属材料,是服务高温技术的基础材料,是砌筑窑炉等热工设备的结构材料,也是制造某些高温容器和部件或起特殊作用的功能性材料。耐火材料在高温作用下的成功使用,必须具有良好的组织结构、热学性能、力学性能和使用性能,即有较高的耐火度、荷重软化温度、抗热震性和抗化学侵蚀等性能,才能承受各种物理化学变化和机械作用,满足热工设备及部件的使用要求。

耐火材料一般是用天然矿石,如铝矾土、硅石、菱镁矿等原料经加工后制造的,称为普通耐火材料;当前,优质耐火原料和人工合成材料,日趋增加,开发了高级耐火材料;采用纯氧化物和难熔化合物制作的特种耐火材料,也得到了较大的发展。这些耐火材料,在冶金、建材、石化、机械和原子能等工业中,得到了广泛的应用,获得了较好的经济效果。

耐火材料主要用于冶金工业,其消耗量占其总产量的 60% ~ 70%。因此,耐火材料是冶金工业发展的重要基础,具有战略地位。耐火材料的发展,是与冶金工业技术进步互为依存和相互促进的。众所周知,白云石耐火材料的开发,保证了碱性空气转炉的成功;镁铬砖和镁铝砖的发明,促进了碱性平炉的发展;镁炭砖的问世,提高了超高功率电炉和氧气转炉的炉龄;不定形耐火材料的应用,出现了平焰烧嘴、步进梁式和蓄热式加热炉的新炉型。总之,冶金工业每次重大的新技术、新工艺和新炉型的出现,都是与耐火材料的质量提高和新产品的开发分不开的,是相辅相成的。表 1-1 为主要产钢国家历年钢和耐火材料的产量。从表中看出,随着钢产量的增加,耐火材料产量也增加。近几年来,虽然我国钢产量超过 1 亿 t,居世界第一,耐火材料产量却有所降低。日本等

国家,近 20 年钢产量变化不大,耐火材料产量却大幅度降低。这是由于窑炉大型化和自动化、采用优质耐火材料砌筑和加强操作管理而提高其使用寿命所致。同时,采用溅渣护炉和喷补技术,也是提高炉龄的重要措施。氧气转炉顶底复合吹炼和连铸等新技术新工艺的广泛应用,也是降低耐火材料消耗的重要原因。

表 1-1 历年钢和耐火材料的产量(万 t)

国 家	品 种	1980 年	1985 年	1990 年	1994 年	1998 年	2000 年	2001 年
中 国	钢	3712	4679	6600	9153	11414	12632	14139
	耐火材料	414	614	801	1400	1094		1070
日 本	钢	11140	10528	11030	9825	9355	10644	10286
	耐火材料	263	202	178	151	140	133	123
美 国	钢	10146	8007	8870	8881	9730	10071	8971
	耐火材料	428	203 (1986 年)	354 (1989 年)	327 (1995 年)	354 (1999 年)	314 (估)	
俄罗斯	钢			6200 (1992 年)	5195	4382	5925	5901
	耐火材料			423 (1995 年)	242 (1995 年)	210	236	212
德 国	钢	4384	4050	3480	4083	4405	4638	4480
	耐火材料	162	130	103 (1989 年)			106 (1999 年)	

应当指出,各工业部门的新技术、新工艺、新装备不断涌现,促进了工业窑炉的变革,推动了耐火材料的发展,而且品种结构也发生了质的变化。一般来说,定型耐火材料中的黏土砖产量下降较大,高铝质砖有所增加,碱性砖增加较大;不定形耐火材料得到突飞猛进的发展,目前,主要产钢国家的不定形耐火材料产量已占其总产量的 30%~60%。日本发展最快,1980 年为 34.8%,2000 年已达到 59.2%。最近 10 年,不定形耐火材料的品种连年增加,质量不断提高,应用领域逐步扩大并进入了高温熔炼炉。因此,不定形耐火材料被喻为第二代耐火材料,是耐火材料生产上的重大突

破,也是耐火材料的重要发展方向。

近 10 年来,不定形耐火材料开发了许多新技术耐火浇注料和新施工法材料,有的做成定型化产品,如透气砖和水口砖等,广泛应用在炼铁和炼钢等高温熔炼炉中,并取得显著效果。这是不定形耐火材料的重要发展标志,也是不定形耐火材料工作者的多年宿愿得以实现。

在耐火材料工业中,定型和不定形耐火材料的发展及品种结构的变化,与工业生产的实际需要基本相适应。应当指出,工业窑炉节能是一项重要的任务,为此应改革窑炉结构、发展新炉型,采用复合炉衬,应用新技术,提高燃烧技术和操作管理水平。同时,由于窑炉的轻型化和高效化,促进了耐火纤维材料和硅酸钙绝热板等材料的发展。如耐火纤维通常是指使用温度高于 1000℃ 的纤维材料,一般经过二次加工成毯、毡、板、绳、组合件和纤维块等制品,在窑炉隔热层或工作层上使用。该材料具有容重轻、热导率和热容量较低、抗热震性好等优点,可使炉衬减薄 1/2,炉用钢材节省 50%,能源节约 10%~80%,因此发展很快。

综上所述,耐火材料可分为定型耐火材料、不定形耐火材料和耐火纤维材料三大类,特种耐火材料也是一个重要的分支。

第一节 定义和分类

一、定义

不定形耐火材料是由耐火骨料和粉料、结合剂或另掺外加剂以一定比例组成的混合料,能直接使用或加适当的液体调配后使用。即该料是一种不经煅烧的新型耐火材料,其耐火度不低于 1580℃。

耐火骨料一般系指粒径(即粒度)大于 0.088mm 的颗粒料。它是不定形耐火材料组织结构中的主体材料,起骨架作用,决定其物理力学和高温使用性能,也是决定材料属性及其应用范围的重要依据。生产实践证明,良好的颗粒及其级配,能获得致密性高、