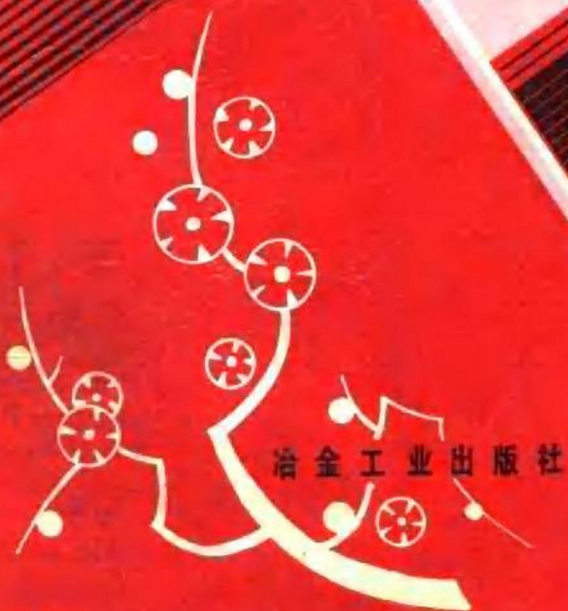


不定形耐火材料

韩行禄 编著



冶金工业出版社

不定形耐火材料

韩行禄 编著

1200/45

冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

图书在版编目 (CIP) 数据

不定形耐火材料/韩行禄编著. —北京:冶金工业出版社,
1994.6

ISBN 7-5024-1508-4

I. 不… II. 韩… III. 不定形耐火材料 IV. ①TQ175.73
②TB35

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 02519 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

北京昌平百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1994 年 6 月第 1 版, 1994 年 6 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 14.875 印张; 390 千字; 462 页; 1—6000 册

16.00 元

前 言

不定形^①耐火材料是一类不经高温烧成的散状耐火材料，是经过混练、成型和烘烤后能直接使用的新型耐火材料。它是为高温技术服务的一种基础材料，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。

不定形耐火材料具有生产工艺简单，系统节约能源，产品性能优良，能够任意造型，可机械化施工，衬体整体性好和使用寿命高等优点，因此发展迅速。其主要技术路线是，精料精配，超微粉和外加剂技术的应用。所以，不定形耐火材料不断地向高纯度、低水分或无水分、多功能、高密度和高强度的方向发展，应用范围也由一般火焰炉逐步地进入到冶金熔炼炉等高温热工设备。同时，在普及和推广中，应不断地提高质量、更新品种、延长寿命和降低消耗，努力把不定形耐火材料的发展推向一个新阶段，使它在高温技术领域发挥更大的作用。

为了推动不定形耐火材料的健康发展，作者总结了30多年从事不定形耐火材料的工作，汇集了近10年全国不定形耐火材料工作者的劳动成果，集中了不定形耐火材料生产、设计、施工和应用的实践经验，参考了国外的有益知识，编著了本书。本书的出版，能对不定形耐火材料的进步有所帮助，能对广大的读者有所裨益，将是作者的最大欣慰。

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、水玻璃、磷酸和磷酸盐耐火浇注料的凝结硬化机理，高温物理化学变化，配合比，基本性能及其影响因素。本书重点地阐述了粘土结合和低

① 系外来语，应译为非定型。因约定俗成，故用此名。

水泥系列耐火浇注料等新品种材料的技术路线、配制原则、超微粉和外加剂技术、凝聚结合机理、高温物理化学变化、基本性能及其影响因素，生产工艺和应用问题。同时，也论述了耐火可塑料和捣打料，耐火喷涂料和修补料，预制块和不烧砖，耐火涂抹料，泥浆和锚固件，原材料和性能检验等。最后，综合地叙述了不定形耐火材料的生产、设计、施工、烘炉及其使用等问题。

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，力求简明实用。

在本书的编写过程中，参阅了全国多届耐火材料学术会议的资料和有关院所的院刊。同时，承蒙许多同行至交，提供了技术资料、有关信息和产品样本等，并给予了鼓励。鞍山焦化耐火材料设计研究院刘景林副译审、太原高科技耐火材料有限公司总经理高树森高级工程师和郑州永通钢联有限公司总经理董书通经济师，提供了宝贵的技术资料，全书成稿后又审阅了有关章节。北京冶金部建筑研究总院杨桂兰工程师绘制了全部线条图。在此，谨向他们表示最诚挚的感谢。

编著本书，时间仓促，水平有限，错漏难免。敬请读者，不吝赐教。

韩行禄

1993年12月26日

北京海淀区西土城路33号



内 容 提 要

本书较全面地阐述了传统耐火浇注料和新型粘土结合、低水泥系列耐火浇注料的凝结硬化、凝聚机理，高温物理化学变化，配合比，基本性能及其影响因素。同时介绍了耐火可塑料和捣打料、耐火喷涂料和修补料、耐火涂料和不烧砖等新材料的开发和应用。最后叙述了不定形耐火材料的生产和应用技术。内容编排以不定形耐火材料的发展为主线，力求简单、实用。

本书可供从事不定形耐火材料科研、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。

ISBN 7-5024-1508-4
TQ·65 定价16.00元

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 定义和分类.....	4
一、定义	4
二、分类	5
第二节 发展和应用.....	9
一、发展	9
二、应用	14
第二章 性能及其检验	22
第一节 化学矿物组成	23
一、化学组成	23
二、矿物组成	24
第二节 组织结构	25
一、气孔率、体积密度	25
二、真密度	26
三、透气度	27
第三节 力学性能	27
一、强度	28
二、耐磨性	34
三、弹性模量	34
四、高温蠕变性	35
第四节 热学性能	36
一、热膨胀	36
二、热导率	36
第五节 使用性能	39
一、耐火度和荷重软化温度	39

二、线变化率	40
三、热震稳定性	41
四、抗渣性	42
五、抗氧化性	42
第三章 原材料及其要求	44
第一节 结合剂	44
一、硅酸盐水泥	44
二、铝酸盐水泥	50
三、水玻璃	54
四、磷酸和磷酸盐	56
五、硫酸铝	60
六、软质粘土	60
七、酚醛树脂	60
八、沥青	61
第二节 耐火骨料和粉料	62
一、作用与要求	62
二、铝矾土熟料	63
三、粘土质原料	66
四、半硅质原料	67
五、硅质原料	68
六、镁质类原料	69
七、蓝晶石族矿物原料	74
八、莫来石	76
九、刚玉	77
十、工业氧化铝	78
十一、尖晶石类原料	79
十二、碳化硅、氮化硅	80
十三、铬铁矿、锆英石	80
十四、轻骨料	81
第三节 外加剂	84
一、简介	84
二、表面活性剂	85
第四章 铝酸盐水泥耐火浇注料	86

第一节 硬化机理和强度变化特征	86
一、硬化机理	86
二、强度变化特征	91
第二节 高铝水泥耐火浇注料	94
一、常用配合比	95
二、主要性能	96
三、提高中温强度	97
第三节 铝—60 水泥耐火浇注料	99
第四节 铝—70 水泥耐火浇注料	101
一、主要配合比	101
二、主要性能	102
第五节 烧结氧化铝水泥耐火浇注料	104
一、烧结氧化铝水泥的生产和性能	105
二、浇注料的配制、性能和应用	106
第六节 电熔氧化铝水泥耐火浇注料	107
一、电熔氧化铝水泥的生产和性能	107
二、耐火浇注料的性能和应用	108
第七节 影响性能的因素	112
一、水泥用量	112
二、水用量	113
三、耐火粉料	115
四、耐火骨料	115
五、外加剂	118
六、养护制度	121
第五章 磷酸和磷酸盐耐火浇注料	124
第一节 磷酸耐火浇注料	124
一、硅酸铝质耐火浇注料	124
二、刚玉和莫来石质耐火浇注料	133
三、硅质耐火浇注料	134
四、锆质耐火浇注料	136
五、磷酸—硫酸铝耐火浇注料	137
第二节 磷酸铝耐火浇注料	139

一、硅酸铝质耐火浇注料	139
二、刚玉耐火浇注料	143
三、硅质耐火浇注料	143
四、碳化硅耐火浇注料	144
第三节 聚磷酸钠碱性耐火浇注料	146
一、概况	146
二、镁质耐火浇注料	147
三、镁铬质耐火浇注料	149
第六章 水玻璃耐火浇注料	151
第一节 硬化机理和强度变化特征	151
一、硬化机理	151
二、强度变化特征	154
第二节 普通水玻璃耐火浇注料	155
一、常用配合比和性能	155
二、影响性能的因素	156
第三节 耐高温水玻璃耐火浇注料	159
一、改性水玻璃和耐高温机理	160
二、常用配合比和性能	164
三、影响性能的因素	166
第四节 铝镁质耐火浇注料	169
一、概况	169
二、常用配合比和性能	169
第五节 硅质和镁质耐火浇注料	173
一、水玻璃硅质耐火浇注料	173
二、水玻璃镁质耐火浇注料	173
第七章 粘土结合耐火浇注料	175
第一节 软质粘土的性能及其选择	175
一、软质粘土的性能	175
二、软质粘土的选择	182
第二节 粘土的解胶和硬化机理	182
一、粘土的解胶机理	182
二、粘土的硬化机理	185

第三节 普通粘土耐火浇注料	186
一、强度变化特征	186
二、主要配合比和性能	188
三、影响性能的因素	191
第四节 高强度粘土耐火浇注料	195
一、基本的技术措施	195
二、主要性能	197
第八章 低水泥系列耐火浇注料	200
第一节 超微粉技术	202
一、超微粉的品种和制法	202
二、超微粉性能及其作用机理	205
第二节 普通低水泥耐火浇注料	211
一、配制原则	211
二、凝结硬化机理	212
三、强度变化特征	213
四、基本性能	215
五、影响性能的因素	220
第三节 优质低水泥耐火浇注料	224
一、基本组成及其性能	225
二、 Al_2O_3 超微粉对浇注料的影响	226
第四节 超低水泥耐火浇注料	229
一、普通超低水泥耐火浇注料	230
二、铁沟耐火浇注料	231
三、影响性能的因素	238
第五节 无水泥耐火浇注料	246
第九章 轻质耐火浇注料	250
第一节 轻质砖砂耐火浇注料	251
一、基本组成	251
二、主要性能	254
第二节 多孔熟料耐火浇注料	256
一、多孔熟料骨料	256
二、普通多孔熟料耐火浇注料	259

三、高温多孔熟料耐火浇注料	263
第三节 空心球耐火浇注料	264
第四节 陶粒耐火浇注料	265
一、高强度陶粒耐火浇注料	266
二、低体积密度陶粒耐火浇注料	271
第五节 其他品种轻质浇注料	276
一、珍珠岩耐火浇注料	276
二、蛭石耐火浇注料	278
三、耐火纤维浇注料	278
第十章 其他品种耐火浇注料	280
第一节 硅酸盐水泥耐火浇注料	280
一、普通水泥耐火浇注料	280
二、矿渣水泥耐火浇注料	285
第二节 硫酸铝耐火浇注料	287
第三节 镁质类耐火浇注料	291
一、镁质水泥耐火浇注料	291
二、镁质耐火浇注料	292
第四节 高纯原料耐火浇注料	295
一、高纯镁铝质耐火浇注料	296
二、含 Cr_2O_3 刚玉质耐火浇注料	297
三、镁铝尖晶石耐火浇注料	299
四、镁砂或矾土—尖晶石耐火浇注料	301
第五节 特殊性能耐火浇注料	304
一、耐磨耐火浇注料	304
二、耐酸耐火浇注料	305
三、耐碱耐火浇注料	306
四、高热导率耐火浇注料	307
第六节 $\rho\text{-Al}_2\text{O}_3$ 和硅铝胶结合浇注料	309
一、 $\rho\text{-Al}_2\text{O}_3$ 结合耐火浇注料	309
二、硅铝胶结合耐火浇注料	313
第七节 纤维增强耐火浇注料	314
一、钢纤维增强耐火浇注料	315

二、氧化铝纤维增强耐火浇注料	318
第八节 新施工法耐火浇注料	320
一、干式振动料	320
二、自流浇注和无搅拌耐火浇注料	322
第十一章 耐火可塑料和捣打料	327
第一节 概述	327
一、耐火可塑料	327
二、耐火捣打料	329
第二节 硫酸铝耐火可塑料	330
一、强度变化特征	330
二、原材料及配合比	330
三、主要性能	334
四、影响性能的因素	337
第三节 磷酸类耐火可塑料	341
一、特点与组成	341
二、主要性能	342
第四节 普通耐火捣打料	345
一、基本组成	345
二、主要性能	345
第五节 含碳耐火捣打料	351
一、特点与组成	351
二、主要性能	353
第十二章 耐火喷涂料和修补料	357
第一节 基本情况	357
第二节 耐火喷涂料	359
一、重质耐火喷涂料	359
二、轻质耐火喷涂料	360
三、喷涂设备及工艺	361
第三节 耐火修补料	364
一、耐火喷补料	364
二、耐火压入料	372
三、火焰喷补料	374

第十三章 预制块和不烧砖	376
第一节 预制块.....	376
第二节 普通不烧砖.....	379
一、水玻璃不烧砖	380
二、磷酸或磷酸盐不烧砖	381
三、硫酸铝和水泥不烧砖	384
第三节 含碳不烧砖	386
一、铝碳砖	386
二、铝镁碳砖	388
三、镁碳砖	395
第四节 绝热板	399
第十四章 耐火涂抹料及其他材料	402
第一节 耐火涂抹料.....	402
第二节 耐火涂料.....	408
一、热辐射涂料	408
二、防氧化涂料	413
三、复合硅酸盐涂料	415
第三节 高炉炮泥	416
第四节 耐火泥浆.....	418
一、硅酸铝质耐火泥浆	418
二、硅质泥浆	421
三、含碳泥浆	422
四、隔热耐火泥浆	424
第五节 锚固件	426
第十五章 不定形耐火材料生产和应用技术	429
第一节 生产.....	430
一、耐火浇注料的生产	430
二、耐火可塑料的生产	433
三、预制块的生产	434
四、不烧砖的生产	435
第二节 设计	437
一、耐火可塑料衬体设计	437

二、耐火浇注料衬体设计	441
三、耐火喷涂料衬体设计	445
第三节 施工	446
一、耐火可塑料施工	446
二、耐火浇注料施工	450
三、其他材料的施工	454
第四节 烘炉及使用要求	454
主要参考文献	460

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、体积稳定性、抗热震稳定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莫来石、尖晶石、碳化硅等原料，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益。

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，出现了平焰烧嘴和步进梁式加热炉的新炉型。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。而日本等国家，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。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

年 度		1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
美 国	钢	9006	11898	11914	10594	10146	8007 203.1	8870
	耐火材料	426	488	473	506	428	(1986 年)	
苏 联	钢	6529	9100	11588	14132	14793	15450	15390
	耐火材料	666	780	845	1313	1270	1248	1218
日 本	钢	2213	4116	9332	10231	11140	10528	11030
	耐火材料	159	171	353	289	263	201.9	177.5
西 德	钢	3410	3682	4504	4041	4384	4050	3480
	耐火材料	265	218	219	175	162	129.6	
中 国	钢	1866	1223	1779	2391	3712	4679	6600
	耐火材料	792	185	286	371	414	614	801

最近 20 年来，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，详见表 1-2。从表中看出，定型耐火材料中的粘土砖，国外的比例下降较大，高铝质砖比例有所增加，碱性砖比例增加较大，而国内粘土砖比例虽有降低，但仍占耐火材料总产量的 60% 左右，碱性砖比例却有所降低。为了改变这种状况，应加强科研工作，更新生产工艺和装备，采用优质耐火原料，运用高压和高温烧成技术，制造高质量耐火砖和开发高效能新产品，以满足钢铁工业的发展需要；不定型耐火材料得到突飞猛进的发展，目前，主要产钢国家的产量已占耐火材料总产量的 30~50%。日本发展最快，1970 年为 14.7%，1990 年已达到 47.6%，我国只有 15.6%，相当日本 1970 年的水平。应当指出，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