

耐火材料 技术与应用

王诚训 王珏 编著

NAIHUO CAILIAO
JISHU YU
YINGYONG

冶金工业出版社

TQ171
W14

耐火材料技术与应用

王诚训 王 珏 编著

北 京

冶金工业出版社

2000

内 容 提 要

本书重点介绍了耐火材料技术以及耐火材料在工业窑炉的应用,并对使用后的耐火材料损毁的原因进行了分析。

全书共分八章:耐火材料技术与发展;耐火材料构成;耐火原料技术;耐火原料的烧结;耐火材料制造技术;耐火材料材质设计;耐火材料应用;耐火材料损毁的技术分析等。

本书可供从事耐火材料科研、设计、生产和应用的工程技术人员阅读,也可供高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

耐火材料技术与应用/王诚训,王珏编著.-北京:
冶金工业出版社,2000.1

ISBN 7-5024-2401-6

I. 耐… I. ①王… ②王… I. ①耐火材料-生
产工艺②耐火材料-应用 N. TQ175

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 46682 号

出版人 卿启云(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 李 心 责任校对 杨 力 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

2000 年 1 月第 1 版,2000 年 1 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32;9.25 印张;244 千字;285 页;1-3000 册

20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64013877

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

耐火材料是为高温工业服务的重要基础材料,它与钢铁、有色金属、建材、轻工、电子及化工等工业的发展密切相关。高温工业尤其是钢铁冶炼技术的发展,促进了耐火材料工业的技术进步。当然,耐火材料工业的技术进步又保证了高温工业新技术的实施。随着耐火材料新技术的不断发展,新的重要耐火材料品种在不断涌现出来。

作者多年来一直从事耐火材料的研究工作,对耐火材料新技术资料进行了收集、归纳和总结。本书对耐火材料提纯、耐火原料合成、耐火原料烧结、耐火材料制造技术、耐火材料的材质设计、耐火材料在工业窑炉中的应用、耐火材料使用后损毁的技术分析等进行了详细论述,全书共分八章,按耐火材料生产工艺的顺序进行编写。期望该书对从事耐火材料科研、生产和应用的技术人员有所帮助。

在本书编写过程中,得到张义先、朱式箕、李福成、孙菊、孙宇飞等同志的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

尽管作者作了很大努力,并反复修改书稿,但因水平所限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者

1999年6月

目 录

1 耐火材料技术与发展	1
1.1 耐火材料的高纯化度	2
1.2 耐火材料的精密化	3
1.3 耐火材料的致密化	3
1.4 耐火材料的不定形化	4
1.5 含碳耐火材料	7
2 耐火材料构成	10
3 耐火原料技术	15
3.1 菱镁矿的化学提纯	15
3.1.1 用氯化镁水解的盐酸法	17
3.1.2 铵法	18
3.1.3 碳酸氢盐法	20
3.2 赛隆的制备	22
4 耐火原料的烧结	26
4.1 固相烧结	26
4.1.1 等温烧结动力学方程	29
4.1.2 升温烧结动力学方程	31
4.2 晶粒长大	32
4.2.1 初次再结晶	34
4.2.2 晶粒长大的典型机理	36
4.2.3 第二类重结晶现象	37
4.3 影响烧结的因素	41
4.3.1 添加物对烧结的作用	41
4.3.2 原始物料种类对烧结的影响	59
4.3.3 轻烧 MgO 水化的活化烧结	68
4.4 液相烧结	73
5 耐火材料制造技术	82

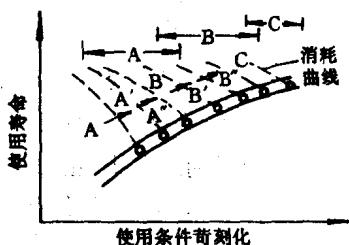
5.1	耐火材料混练	82
5.1.1	耐火材料的混合组分	82
5.1.2	耐火材料的混练方式	83
5.1.3	热混合料的制备	84
5.1.4	混练强度	85
5.1.5	对耐火材料混练机的要求	86
5.2	输送与给料系统	87
5.3	耐火制品的成型方法和成型制度	89
5.3.1	耐火泥料压制成型曲线	90
5.3.2	成型	94
5.4	砖坯的干燥制度	101
5.5	耐火材料烧成技术	102
5.5.1	热化学变化	103
5.5.2	烧成技术	105
5.5.3	烧成窑炉	108
5.5.4	隧道窑推车制度的选择	112
5.6	凝固模耐火材料成型件	120
6	耐火材料材质设计	123
6.1	耐火材料性能与评价	123
6.2	基本理论应用	124
6.2.1	强化法则	124
6.2.2	相平衡的应用	130
6.2.3	非平衡的应用	132
6.2.4	显微结构及其控制	138
6.2.5	耐火材料的研究方法	147
6.2.6	耐火材料的设计依据和设计程序	151
6.2.7	耐火材料设计重点	153
7	耐火材料应用	159
7.1	工业窑炉内衬的设计	159
7.1.1	工业窑炉内衬材料	159

7.1.2	转炉炉帽及锥体内衬结构	162
7.1.3	转炉炉壁的结构	165
7.1.4	转炉炉底拐角处内衬的设计和砌筑	170
7.1.5	炉底结构	172
7.2	耐火材料与熔渣接触所发生的现象	177
7.2.1	熔渣特性	178
7.2.2	炼钢渣对耐火材料的溶解	180
7.2.3	耐火材料的浸透	185
7.2.4	耐火材料的局部熔损及其抑制措施	199
7.2.5	耐火砖在温度变化中的应力分布和裂纹形成	204
7.2.6	温度分布	204
7.2.7	可能存在的热变形	208
7.2.8	热应力	210
7.3	窑炉内衬修补	216
7.3.1	激光测厚	216
7.3.2	火焰喷补	217
7.3.3	溅渣护炉	235
7.3.4	转炉冶炼与补炉同时作业技术	242
8	耐火材料损毁的技术分析	248
8.1	耐火材料损毁的一般形态	248
8.2	耐火材料损毁的因素	250
8.2.1	温度	250
8.2.2	温度变化	252
8.2.3	荷重、蠕变	274
参考文献		284

1 耐火材料技术与发展

耐火材料是高温工业的重要基础材料。高温工业尤其是钢铁冶炼技术的新发展,促进了耐火材料工业的技术进步。耐火材料工业的技术进步又保证了高温工业新技术的实施。往往每一项高温新技术都会要求有新的耐火材料或性能更优的耐火材料为前提,而且高温新技术对耐火材料提出了更苛刻的要求。耐火材料使用条件苛刻化和耐火材料使用寿命之间的关系如图 1-1 所示。

该图表明,在一定的使用条件下,由于对 A 类材质加以改进而使其寿命提高($A \rightarrow A' \rightarrow A''$),当使用条件变得苛刻时,A 类材质即已达到使用界限(A''),因此进行了 B 类和 C 类材质的研究工作。图 1-1 所表明的情况,不但



应理解为材质方面的改进,而且也应包括施工技术、应用技术和修补技术,在逐渐提高耐火材料使用寿命的同时也研究新的技术。在开发新型耐火材料时,除了利用各种工艺方法和改变其参数之外,还必须在“组成—结构—性能”三角形中找出彼此之间的相互依存的关系,以便获得能在热负荷、机械负荷、电负荷等条件下使用的耐火材料。

关于耐火材料技术的内容,有各种不同的见解,我们则按原料技术、生产技术、开发技术和应用技术来划分。过去一般认为,耐火材料技术就是原料技术,为了制造优质耐火材料,首要条件就是要确保优质原料。但是,现在的应用技术则已变为耐火材料技术中的主导技术了,而且发展相当迅速。例如,现在转炉由于使用了 $MgO-C$ 质耐火材料而大幅度地提高了使用寿命,对于标

准使用条件的大中型转炉来说,其寿命稳定在 2000~3000 炉次。最近, LTV 公司的 BOF 操作者和研究者们广泛而成功地应用了“渣喷溅”技术,从而延长了炉役寿命,并大大降低了耐火材料的成本。

渣喷溅是把保护渣移送到炉子的各部位,尤其是通常达不到的位置(耳轴)。渣喷溅技术的内容包括,在 2min 内吹入 312.5m^3 的 N_2 ,然后用 3~5min 提升喷枪并摆动炉身 180° ,其优点是能喷溅在陶瓷材料上,其耐用性比喷补时高,因为后者靠化学结合,在 2~3 炉次后便发生蚀损。

由渣喷溅技术应用的实践可以明显地得出结论,转炉“永久”衬是可能的,从而表明在一定程度上炼钢是受装备的限制,而不是受耐火材料的限制。因而渣喷溅技术对转炉炼钢是一重要的贡献。渣喷溅技术的成功也表明,可以选用不同档次的耐火材料砌做炉衬,由此便可大大降低消耗耐火材料的费用。

在转炉炼钢工艺中,由于应用激光测厚技术、火焰喷补技术和渣喷溅操作技术,转炉寿命由 2000~3000 炉次提高到 5000 炉次甚至 20000 炉次以上。

耐火材料应用技术,不但包括窑炉设计、耐火内衬的施工、补修、拆炉,而且还包括对使用情况的了解研究、炉内调查、监视、损毁机理的研究、损毁速度以及掌握损毁速度的规律等一系列内容。显然,在设计新型设备时,通过在“结构—操作条件—材料”三角形的复杂关系中寻找兼顾措施可能是最合理的方案。

当今耐火材料的发展,一极是不定形化,而另一极则是定形耐火材料的高级化,概括起来就是朝着高纯化、精密化、致密化、大型化和不定形化的方向发展,并着重开发氧化物和非氧化物复合的耐火材料。其中,含有鳞片状石墨等耐火材料已占了整体耐火材料的主导地位而为耐火材料工业做出了很大贡献。

1.1 耐火材料的高纯度化

随着对耐火材料在使用上的耐用性和精密性要求的日益严

格,耐火材料制品走上了高纯度化的道路。原来,由氧化物、碳化物等高熔点材料构成的耐火材料,为了更进一步地提高其性能,将纯度提高到工业材料的极限是必然的结果。这样,就减少了硅石、粘土、叶蜡石等天然原料的用量,增加了鳞片状石墨、锆英石、高纯度铬矿石等的用量,即转向烧结、电熔氧化镁、碳化硅等人工原料。大量使用人工原料是由于化学工厂生产技术的进步,导致这些精制材料在耐火材料制品的经济性范围内的缘故。

从纯度方面来讲,人工合成原料也向更高纯度的方向发展,99.5%的耐火材料制品正在扩大市场。此外,结晶粒径大的电熔制品也在大量地被利用,因为它们的技术性能更好。

在结合剂方面,除高铝水泥外,以酚醛树脂为主的各种结合剂的使用量正在不断上升。预计人工合成原料(这些结合剂的比例增大)将会进一步提高。

1.2 耐火材料的精密化

连铸比占粗钢生产的比例在不断上升。现在,日本的连铸比已达到90%以上。在钢种高级化的进程中,以各种连铸用耐火材料为中心,具有精密功能性的制品增加了。为了研制出复杂和高精度形状的加工技术,要保证全部制品的质量水平,无缺陷的检查技术等功能性耐火材料的诸技术被广泛采用。

1.3 耐火材料的致密化

在精密化和微细化方面,耐火砖的大型化,长尺寸化(长度达700mm,800mm,1000mm甚至1100mm)乃至致密化,都对高强度的制品提出了更高的要求;在生产技术方面充实了高压成型、高温烧成的设备和技术。装备了附有真空装置的具有几千万牛压力的液压或摩擦压砖机,具有1800~1850℃最高烧成温度的高温隧道窑等。但是,致密化的技术与其他技术不同,它是在传统技术的延伸上发展起来的。

1.4 耐火材料的不定形化

近年来,不定形耐火材料发展非常迅速,主要国家的钢产量及耐火材料产量见表 1-1。从该表的数据可以看出,日本不定形耐火

表 1-1 主要国家的钢产量及耐火材料产量

国别	年度	钢产量/ 万 t	耐火材料产量/万 t			不定形耐火材料占耐火 材料总量的比例/%
			总计	砖	不定形材料	
中国	1980	3712	414.70	382.87	31.83	7.7
	1990	6634.82	807.38	681.73	125.65	15.6
	1993	8368	1202.57	1062.12	140.45	11.7
日本	1980	10738.6	260	169.3	90.7	34.9
	1990	11030	177.5	93.1	84.4	47.6
	1993	9960	152.1	73.9	78.2	51.4
联邦德国	1980	4383	161.4	96.5	64.9	40.2
	1989	4110	102.58	56.69	45.89	44.7
美国	1980	10145	354	230.5	123.5	34.9
	1992	8430	约 200			
前苏联	1990	7889	518.42	346.92	171.5	33.1
俄罗斯	1993	5820	467.64	311.23	156.41	33.5

材料增加较快,1980 年为 34.9%,1993 年则增加到 51.4%,1994 年又上升到 54.3%,超过了定型耐火材料的产量。不定形耐火材料的迅速发展,显然是由于用户易于适应工厂自动化,通过其后的修补,容易延长炉子寿命。因为不定形耐火材料具有多种原料的特征,所以其综合性能高。进而在不定形耐火材料本来的性能上,又开发了施工和干燥的许多新技术。其中,日本的不定形化率超过了 50%的主要原因是盛钢桶不定形化的完成和普及。现在可以断定,日本不定形耐火材料使用率的增加是由某些劳动费用、工作环境和节能等社会因素所引起的。喷补技术,在喷涂基础上火焰喷补等补修技术的进步都对不定形耐火材料的发展起了很大的作用。

正如前面已提到的,与烧成耐火砖相当的高性能不定形耐火材料的实用化,可以说是以盛钢桶用耐火材料为代表的。目前,不

定形耐火材料的主要施工方法是采用振动法和浇注法,适合浇注铝尖晶石质材料,可以得到高耐用性。关于尖晶石烧结料中的氧化镁和氧化铝的组成是从理论组成开始进行研究的,后来又报道了通过使用氧化铝含量为 70%或 90%的尖晶石烧结料,能提高抗铁氧化物等渣成分的渗透性。另外,还有资料报道,将使用氧化镁和氧化铝原料的混合材料进行施工,通过提高施工体中的温度,使混合材料发生膨胀性的尖晶石化反应,减少残余收缩,促进组织的致密,以提高不定形耐火材料的耐用性。

盛钢桶的渣线部位对抗渣性能的要求特别高,因此现在正在开发碱性材料。如镁锆质材料,其组成为氧化镁 90%、氧化锆 10%,经混合烧成的镁锆烧结料的抗渣渗透性和耐腐蚀性均好,可以达到实用化。

关于不定形耐火材料的发展方向,今后将进一步进行材料的开发。对于使用耐火材料的用户来说,必须确立诸如耐火材料的施工、诊断和修补等一系列配备系统,以提高整体效率、降低成本。盛钢桶用不定形耐火材料的配料系统如图 1-2 所示,盛钢桶用不定形耐火材料内衬如图 1-3 和表 1-2 所示。

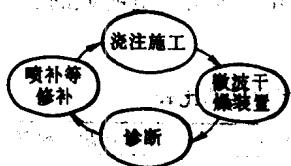


图 1-2 盛钢桶用不定形耐火材料的配料系统



图 1-3 盛钢桶用不定形耐火材料内衬

表 1-2 盛钢桶用不定形耐火材料内衬

部 位	特 性	措 施
渣 线	耐腐蚀性 抑制龟裂和剥落	开发碱性材料 采用镁-锆质材料
侧 壁	耐腐蚀性 抑制龟裂和剥落	基质的致密性 添加尖晶石微粒

续表 1-2

部 位	特 性	措 施
底 部	抑制龟裂和剥落	提高残余膨胀性 添加氧化镁
钢水冲击区	抑制龟裂和剥落 耐磨性	提高热态强度 添加超细粉氧化铝

不定形耐火材料的最近动向是：(1)低水泥和无水泥浇注料的开发和使用研究；(2)喷补修补法的改进研究；(3)施工法的机械化、自动化。

对于不定形耐火材料内衬而言，采取以下措施可以降低成本 15%。

(1)浇注施工：渣线部位使用镁锆质等碱性材料，其他部位使用铝尖晶石质材料和铝镁质材料。

(2)干燥：引进微波干燥装置(2450MHz，输出功率 100kW)，采用致密的不定形材料，能防止爆裂。

(3)诊断：采用高频涡电流传感器测定耐火材料的残余厚度和金属渗入程度。

(4)修补：根据耐火材料残余厚度的测定结果，采用施工能力为 1500kg/h(丙烷+氧气火焰)粉体的喷补装置进行热态修补。

整体或不定形耐火材料与耐火砖相比其优点是明显的。整体耐火材料与耐火砖的比较见表 1-3。

表 1-3 整体耐火材料与耐火砖的比较

项 目	耐火砖	整体耐火材料
需要的地面面积		
每月制造/ $\text{m}^2 \cdot \text{t}^{-1}$	30~50	10~15
劳动生产率/ $\text{t} \cdot (\text{人} \cdot \text{a})^{-1}$	60~240	480~1200
油耗量 ^① / $\text{L} \cdot \text{t}^{-1}$	200~600	20~30
动力消耗/ $\text{MJ} \cdot \text{t}^{-1}$	560~1080	108~180
自动生产系统转换	困难	容易
材料处理的合理化	相当难	容易
安装的机械化	困难	容易
安装效率/ $\text{t} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$	0.5~2.0	5.0~20.0 ^②

①不包括原材料的燃料；

②效率可更高。

但是,要达到不定形化却需要相当长的时间。例如,日本达到不定形耐火材料占主导地位的阶段曾花费过一段时间。如今他们的不定形耐火材料的状况在很大程度上要归功于不定形耐火材料生产工艺和施工技术,其中还包括火焰喷补技术的进步。此外,最近开发的炉衬厚度监测系统也对不定形耐火材料的应用起到了十分重要的作用。

1.5 含碳耐火材料

含碳耐火材料的典型制品是 MgO-C 、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ 、 $\text{ZrO}_2\text{-C}$ 质耐火砖,其中 MgO-C 质耐火砖是在 1970 年左右试验成功,作为水冷电炉侧墙砖试用,其后用于转炉,确认效果良好,因而迅速普及。 MgO-C 砖的特点是:耐炉渣侵蚀和抗热震性良好。以前镁铬质及白云石质砖的缺点是吸收炉渣成分,产生结构剥落。 MgO-C 质砖通过加入石墨,消除了这一缺点,其特点是将反应层限定在工作面。 MgO-C 质砖的开发已经历了 28 年。在这期间,研究了氧化镁原料的质量及使用粒度、石墨的选择、金属的应用等。转炉侧墙用长尺寸砖的组织概念图如图 1-4 所示。工作面达到新规定的温度

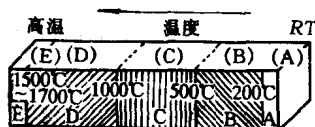


图 1-4 MgO-C 砖的组织概念图

A—液体树脂固化范围:①砖成型性(高密度、低气孔率、粘性、时效变化等);②选择易于生成碳结合的结合剂;

B—碳结合生成范围:①碳结合的生成及发展(液体树脂);②强化碳结合(特殊沥青、沥青等);③防止碳结合的氧化;

C—金属、合金活性化范围:①防止碳结合的氧化(控制气氛);②生成陶瓷结合(结合强度);

D—强化基质范围:① MgO-MgO 结合;②碳结合的氧化(高纯石墨);

E—保持耐蚀范围:石墨、大结晶镁砂骨料与渣反应(电熔镁、高纯度、 MgO-MgO 结合发达)

时,背面也有相当广泛的温度分布。此时,根据碳结合的形成情况,预测会在内部形成脆弱层,必须充分掌握各温度区域的特性。

我们已经了解到,在钢铁生产工艺中,虽然还存在着许多氧气分压比较低的作业情况,但是含碳耐火材料能够普及的理由是它具有吸收高温下的热变化而产生的应力,防止熔融金属或炉渣浸润等耐火材料所要求的基本特性的缘故。研究了这种耐火材料的结合剂酚醛树脂、各种沥青、金属粉末及其高温结合反应。另外,对于这种耐火材料,开发出防止氧化材料是必要条件。等静压压机和真空压机装备容易在做碳砖时使用。如表 1-4 所示,用途也从高炉向连铸等大范围扩展。

表 1-4 含碳耐火材料实例

耐火材料名称	用途	主要原料	碳原料	结合剂
MgO-C	转炉砖	海水、天然烧结镁砂		
	钢包砖	电熔镁砂		
	SN	烧结氧化铝		
Al ₂ O ₃ -C	SN	电熔氧化铝		
	IN	碳化硅		
	高炉砖			
Al ₂ O ₃ -SiC-C	混铁车砖		鳞片石墨	酚醛树脂
	铁水包砖		炭黑	
	高炉泥料		无定形石墨	Al、Si、MgAl 等金属粉
Al ₂ O ₃ -MgO-C	钢包砖	烧结镁砂	人造石墨	沥青
ZrO ₂ -C	IN	电熔氧化锆	焦炭	焦油
ZrO ₂ ·CaO-C	IN	电熔氧化锆·钙	高残碳沥青	
Al ₂ O ₃ ·ZrO ₂ -C	SN	电熔氧化铝·锆		
MgO-CaO-C	钢包	烧结白云石		
SiC-C	高炉砖	碳化硅		
		无烟煤		
C	高炉砖	沥青焦		

注:SN 为滑动水口;IN 为浸入式水口。

曾经在炼钢转炉进入顶底复吹法的转换中,炉容从 100t 向 350t 的扩大,伴随着钢材制品的高级化和多样化产生的出钢温度

上升等,使转炉的作业条件发生变化,耐火材料也从天然原料向人工原料,从白云石原料向 MgO-C 原料变化。在这一变化过程中,主要使用的合成白云石,是在海水和烧结氧化镁的制造工艺中混入高纯度的石灰,制成特殊的原料,20 多年间,作为转炉内衬耐火材料的原料起了重要作用。在向顶底复吹法转变的过程中,而制成耐侵蚀性高的砖更加必要,完全向 MgO-C 砖转移。此时,挂渣法、喷补法、烧结法及其熔射法等热态补修法的并用,是有效地保证出钢次数达到几千次炉龄的手段。

随着含 $\text{MgO} 99.5\%$ 的高纯度烧结镁砂的应用,结晶粒径大的电熔镁砂的使用比例增大了。 MgO 的纯度和结晶粒径给予转炉用 MgO-C 砖耐侵蚀性效果是明显的。我们早已观察到,即使是具有同样的 MgO 纯度,其结晶粒径大的可显著提高耐火材料的耐侵蚀性能。总之, MgO 的结晶粒径与纯度相比,对耐侵蚀性有很大的关系。但是,当从长远的观点考虑时,大量使用电力消耗量大的电熔镁砂还有问题。

2 耐火材料构成

耐火材料一般是指耐火度在 1580°C 以上的材料。它包括天然矿石以及按照一定的目的要求经过一定的工艺制成的各种产品,具有一定的高温力学性能、良好的抗热震性,是高温设备的材料。

耐火材料的分类方法很多,若按耐火材料的形态及特征分类,如表 2-1 所示。此外,若大致对耐火材料进行分类时,如表 2-2 所示。

表 2-1 耐火材料的形态分类及特征

分类	种 类	定义和特征
定形耐火材料	耐火砖 $\left\{ \begin{array}{l} \text{烧成} \\ \text{不烧成} \\ \text{电熔} \end{array} \right.$	用于窑炉等结构物的砌筑,是事先成型为各种形状的耐火材料,按照其后的烧成条件,分为 3 种
	耐火隔热砖	热导率低的耐火砖
不定形耐火材料	耐火泥 $\left\{ \begin{array}{l} \text{热硬性} \\ \text{气硬性} \\ \text{水硬性} \end{array} \right.$	通过加热产生与砖的结合强度,称为普通耐火水泥的砖缝材料称为耐火结合剂、耐火水泥,是通过添加化学结合剂,从常温开始硬化结合,保持强度的砖缝材料 以水硬性水泥作结合剂的砖缝材料,浇注料的一种
	浇注料	在耐火骨料中混合水硬性水泥或化学结合剂的耐火材料,通过混合水浇注施工
	可塑料	在耐火骨料中加入具有可塑性的材料,再加适当的水,制成混练泥料状的耐火材料。为了在较低温度下硬化,也有添加化学药品的可塑料
	喷补料	使用喷枪,在常温或高温下,向结构物表面喷补施工
	捣打料	是通过加热产生强度的粒状耐火材料。由于没有较好的可塑性,所以用气锤强力捣打施工
	投射料	用投射机投射施工的耐火材料
	补炉料、涂料	是具有与耐火水泥相同的性能,但为了易于涂抹,调整成适合的粒度的耐火材料
	轻质浇注料	混合多孔轻质骨料和水硬性水泥等的耐火材料。通常混合水浇注施工
纤维状高温材料	陶瓷纤维	纤维状人工合成耐火材料,通过加工,以毡、毯、组件、绳等形状来使用