

板状刚玉在刚玉-莫来石窑具材料中的应用性能研究

黄 凯^{1,2)} 赵 义^{1,2)} 吴 斌²⁾ 宋雅楠^{1,2)} 程文雍²⁾ 方义能²⁾

1) 浙江自立氧化铝材料科技有限公司 浙江绍兴 312300

2) 浙江自立股份有限公司 浙江绍兴 312300

摘 要: 主要从烧结板状刚玉和电熔白刚玉两种主要原料分布在陶瓷窑具产品中使用的性能对比体现出烧结板状刚玉的独特优势。结果表面: 在陶瓷窑具中采用板状刚玉代替电熔白刚玉, 可以提高窑具的抗热震性, 降低窑具表面的热导率; 同时随着板状刚玉加入量的增加, 陶瓷窑具的高温抗折强度也有所提高。可见, 采用烧结板状刚玉取代白刚玉可以提高陶瓷窑具的使用寿命。

关键词: 板状刚玉; 白刚玉; 陶瓷窑具; 抗热震性

以刚玉和莫来石为主要原料的刚玉-莫来石复相陶瓷材料及制品兼具两种材质的优良特性, 具有抗热震性能优异、耐高温性能良好、化学稳定性和高温机械强度高特点, 被广泛用作高温推板、匣钵、坩埚、辊棒等陶瓷窑具中, 特别是适用于烧成软磁材料和电子陶瓷产品的窑具^[1]。目前应用于刚玉-莫来石高温窑具生产的刚玉主要有两种: 电熔白刚玉和烧结板状刚玉, 但由于两种刚玉生产工艺的差异较大, 使得在刚玉-莫来石高温窑具中体现出来的性能也有所不同^{[2][3]}。本试验就是在相同的工艺条件下, 分别采用电熔白刚玉和烧结板状刚玉为主要原料制备刚玉-莫来石高温窑具, 对其性能指标进行对比研究, 体现出烧结板状刚玉在陶瓷窑具中的应用性能, 为高温陶瓷窑具的生产提供应用指导作用。

1 试验过程

1.1 原料

本实验中主要采用的原料有: 浙江自立氧化铝材料科技有限公司生产的烧结板状刚玉; 河南某厂家生产的电熔白刚玉和电熔莫来石; 同时还有活性氧化铝微粉、高岭土等原料。表 1 示出了各原料的化学组成。

表 1 原料的化学组成

原料	w/%				
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O
板状刚玉	99.52	0.03	0.02	0.01	0.32
电熔白刚玉	99.48	0.08	0.05	0.01	0.35
电熔莫来石	75.52	23.78	0.12	0.08	0.16
活性 Al ₂ O ₃ 微粉	99.68	0.06	0.08	0.01	0.21
高岭土	35.56	48.81	0.68	0.26	0.09

1.2 制备过程

采用电熔白刚玉、烧结板状刚玉、电熔莫来石、活性 α -Al₂O₃ 微粉和高岭土为主要原料制备刚玉-莫来石质高温窑具。基础配方中采用的颗粒与细粉质量比为 65:36, 颗粒的临界粒度是 3 mm。试验中采用板状刚玉的颗粒和细粉分别与电熔白刚玉的颗粒和细粉进行互换, 来分析比较烧结板状刚玉的颗粒和细粉在高温陶瓷窑具中的作用。试验方案见表 2。

表 2 试验方案

原料	w/%			
	A	B	C	D
白刚玉颗粒	50	0	50	0
白刚玉细粉	22	22	0	0
板状刚玉颗粒	0	50	0	50
板状刚玉细粉	0	0	22	22
其他	28	28	28	28

按表 2 的比例配料后, 加入 PVA 结合剂和少量水, 在液压机上机压成型。试样在 110 ℃ 下干燥 24 h, 然后放入高温电炉中在 1 500 ℃ 下保温 3 h 烧成。

1.2 检测方法

按照国标检测刚玉原料颗粒的体积密度、显气孔率、吸水率, 并采用扫描电镜观察颗粒形貌; 烧后的窑具试样, 按国标检测体积密度、显气孔率、常温抗折强度、耐压强度、1 400 ℃ 保温 0.5 h 下的高温抗折强度和抗热震性(1 100 ℃, 水冷), 同时在扫描电镜下观察其显微结构差异。

* 黄凯: 男, 1983 年生, 硕士, 工程师。
E-mail: khuang@ziliref.com

收稿日期: 2015-08-13

编辑: 柴剑玲

2 结果与分析

2.1 不同刚玉颗粒的性能和显微结构分析

表 3 中示出了粒度均为 3~1 mm 的板状刚玉与白刚玉颗粒的物理性能,图 1 示出了其显微结构。

表 3 板状刚玉颗粒与白刚玉颗粒的物理性能		
项 目	电熔白刚玉	板状刚玉
体积密度/(g·cm ⁻³)	3.62	3.55
显气孔率/%	7.2	4.5
吸水率/%	2.53	1.06

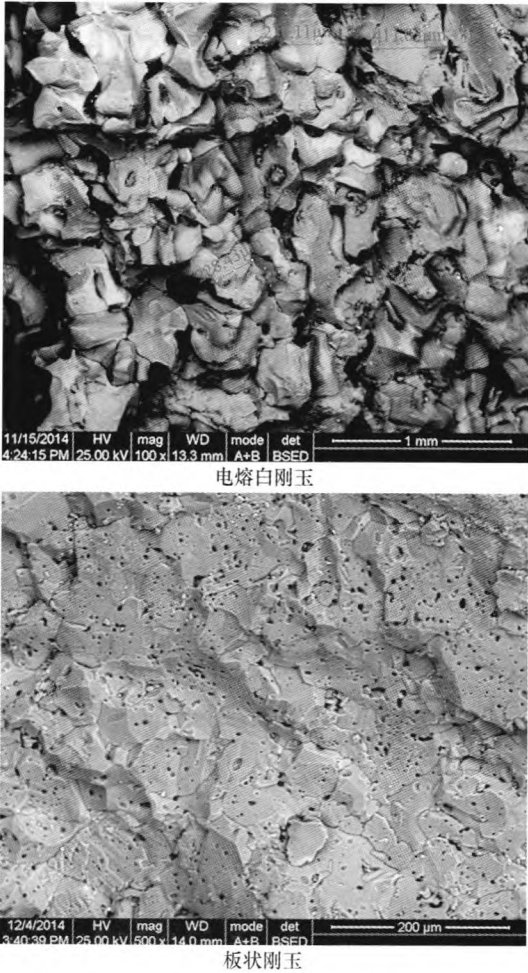


图 1 板状刚玉与白刚玉显微结构

从表 3 可以看出,电熔白刚玉的体积密度虽然略高于板状刚玉的,但是其显气孔率却明显也高于板状刚玉的。从图 1 可以看出:电熔白刚玉的晶体较大,达到了 200 μm 以上;而板状刚玉的晶体尺寸一般仅在 60~120 μm 之间。由于大的晶体结构必然导致晶体之间的结合不是很紧密,晶界之间的气孔较多、较大,这也是电熔白刚玉体积密度高而气孔率也高的原因。板状刚玉晶体较小,晶体之间的结合较为紧密,所以显气孔率低,但是晶体内部分布有大量的微小闭气孔,其闭气孔的大小分布在 1~5 μm 之间。

2.2 窑具试样的物理性能分析

图 2 为四种不同方案中试样的体积密度和显气

孔率。从图中可以看出,试样 A、C 体积密度较 B、D 的高,但其显气孔率也较高。其主要原因为 A、C 方案中采用的颗粒都为电熔白刚玉,而 B、D 方案中采用的颗粒为烧结板状刚玉。前面已经分析电熔白刚玉体积密度和显气孔率均要高于板状刚玉,主要还是由于两种刚玉的生产工艺的差异导致的,所以也引起陶瓷窑具的体积密度和显气孔率的变化。

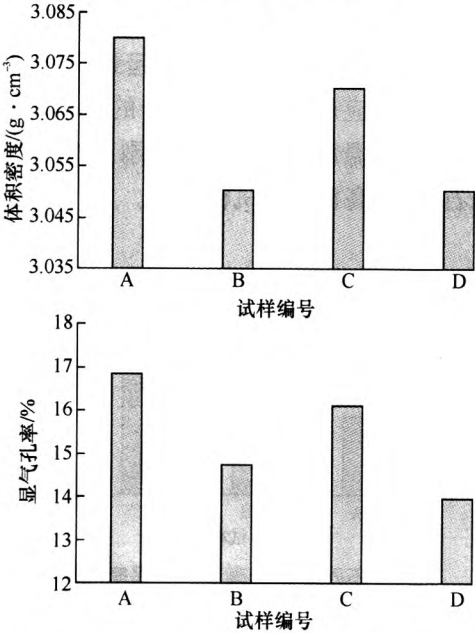


图 2 不同刚玉对体积密度和显气孔率的影响

图 3 为四种不同方案中试样的抗折强度和耐压强度。从图中可以看出,颗粒和细粉都采用板状刚玉的试样强度最高。分析其主要原因,可能是烧结板状刚玉是在 1 900 ℃ 左右快速烧结而成的,晶体尺寸不大,活性较高,因此制备出的陶瓷窑具试样容易烧结;而电熔白刚玉是在 2 000 ℃ 以上高温熔融而成的,活

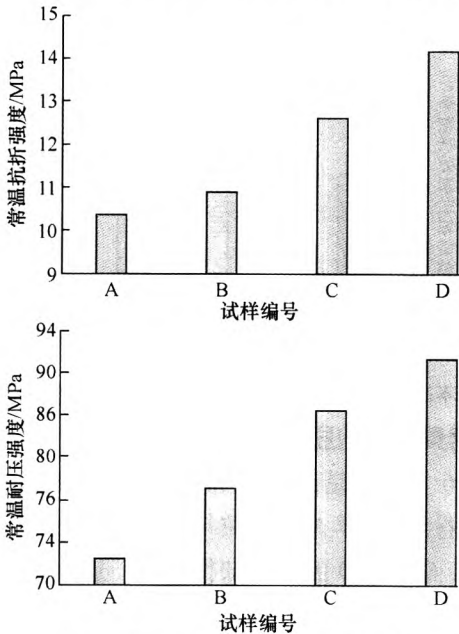


图 3 不同刚玉对常温强度的影响

性较低,不易烧结^[4]。比较 B、C 两方案可以得知,板状刚玉细粉较电熔白刚玉细粉在高温下更容易烧结,使得颗粒与细粉之间的结合更加紧密,从而提高了试样的机械强度。

图 4 为不同试样在 1 400 ℃ 下的高温抗折强度。由图可知,其变化趋势与常温抗折、耐压强度的变化趋势一致。由此可见,原料的烧结性能对于高温陶瓷窑具的机械强度起到至关重要的作用,尤其以基质的活性更为作用。基质的活性不但起到结合颗粒的作用,而且也是反应产生陶瓷相结合的关键。因此,在刚玉-莫来石高温窑具中加入板状刚玉细粉更容易生成莫来石相,提高窑具的机械强度。

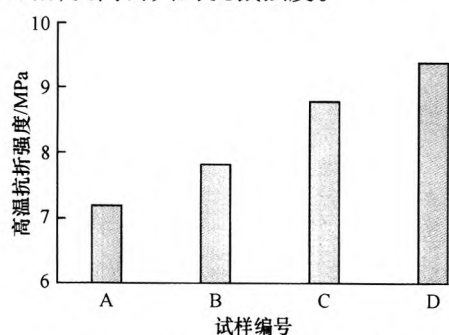


图 4 不同刚玉对高温抗折强度的影响

图 5 为试样在 1 100 ℃ 下水冷 3 次后的抗折强度保持率,以此来表征不同方案的试样抗热震性的差异。由图可以看到,抗热震性比较好的方案为 B 和 D,而较差的为 A 和 C。由于 A、C 方案中采用的颗粒都为电熔白刚玉,而 B、D 方案中采用的颗粒为烧结板状刚玉。由于板状刚玉晶体内分布大量的微小闭气孔,所以板状刚玉的抗热震性能明显要优于电熔白刚玉的。因此,影响刚玉-莫来石高温窑具抗热震性的主要还是刚玉颗粒的种类。

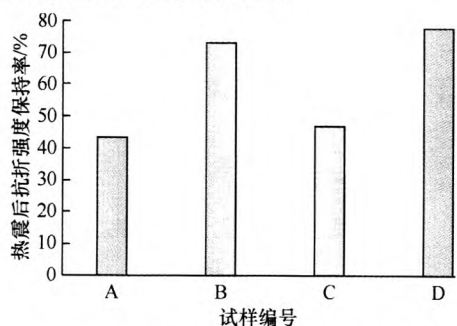
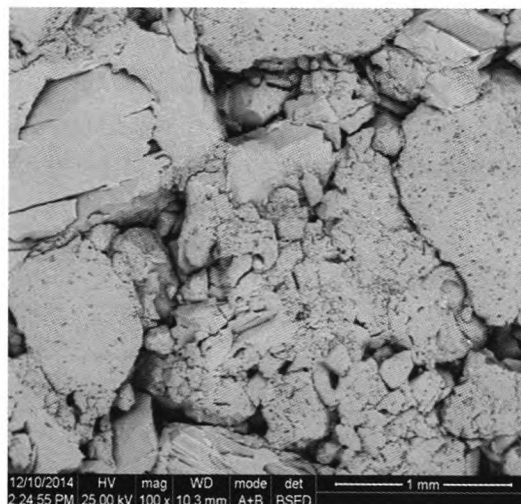


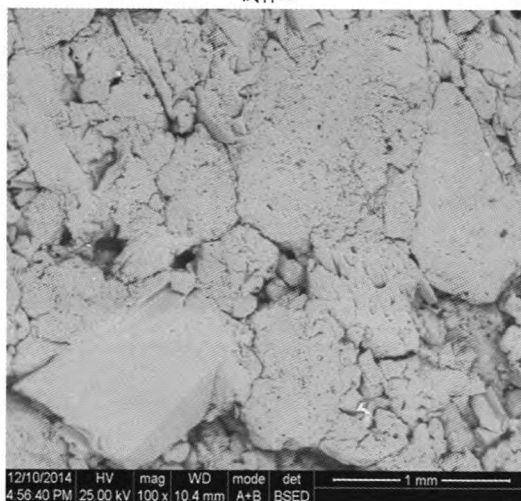
图 5 不同刚玉对抗热震性的影响(1 100 ℃ 水冷 3 次后)

2.3 窑具试样的显微结构分析

图 6 显示的是试样 A 和 D 的显微结构照片。由图可以看出,试样 A 中颗粒与基质之间的结合紧密程度较差,而试样 D 的结合却很紧密。这也是验证了前面的观点,板状刚玉的烧结性能好于电熔白刚玉,也是提高窑具使用性能的有效方式。



试样 A



试样 D

图 6 试样 A 和 D 的显微结构照片

3 结论

(1) 采用电熔白刚玉制备的刚玉-莫来石高温窑具体积密度要高于烧结板状刚玉,同时显气孔率也高。

(2) 刚玉-莫来石高温窑具的机械强度主要取决于试样的高温烧结情况,而板状刚玉细粉烧结活性高于电熔白刚玉细粉,因此采用板状刚玉细粉制备的高温窑具强度较高。

(3) 采用板状刚玉颗粒制备的刚玉-莫来石高温窑具抗热震性要好于电熔白刚玉。

参考文献

- [1] 鲁兵,方昌荣,王周福,等.窑具材料的研究现状及发展趋势[J].耐火材料,2007,41(2):134-139.
- [2] 周会俊,蔚晓敏,刘鹏,等.刚玉类型对刚玉-莫来石材料性能的影响[J].陶瓷,2010,44(1):24-27.
- [3] 郑建平,杨辉,程本军.烧成制度和结合剂对刚玉-莫来石窑具性能的影响[J].耐火材料,2005,39(2):112-115.
- [4] 郭兴忠,杨辉,程本军.铝微粉对刚玉-莫来石基质性能的影响[J].稀有金属材料与工程,2008,37(S1):110-115.