

# 国产氧化铝粉对板状刚玉的性能影响研究

赵义 叶林 黄凯

浙江自立氧化铝材料科技有限公司 邮编 312300

**摘要** 采用进口原料  $\gamma$  氧化铝粉和国产原料  $\gamma$  氧化铝粉生产板状刚玉，研究其不同比例配比所烧成的板状刚玉的性能差异及在具体应用当中的性能差异。相比较进口氧化铝粉，国产氧化铝粉的  $\text{SiO}_2$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量要高一些，在氧化铝含量上二者几乎一样。对于不同比例的国产粉和进口粉生产的板状刚玉，测试其体积密度，显气孔率，吸水率，并用扫描电镜观察其微观结构，并比较不同的板状刚玉在浇注料中使用的情况，测试其低温、中温、高温性能。结果表明：虽然纯进口原料生产的板状刚玉性能要优于纯国产原料生产的板状刚玉，但是一定比例国产粉与进口粉结合生产的板状刚玉性能也能达到标准，符合使用要求。

**关键词：**进口工业氧化铝粉 国产工业氧化铝粉 板状刚玉

## 引言

烧结板状刚玉，是一种高纯氧化铝为原料，在不添加任何外加剂的情况下，经竖窑  $1850^\circ\text{C}\sim 1950^\circ\text{C}$  的高温速烧而成。技术上，它具有高的耐火度、优异的抗热震性、抗蠕变性和抗剥落性。广泛应用于钢铁、铸造、石化、陶瓷、玻璃等行业的高性能耐火材料中。

目前，国内生产板状刚玉的厂家基本上主要以进口工业氧化铝粉为原料，该氧化铝是一种  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ，经过竖窑的高温烧结氧化铝晶粒通过再结晶形成发育良好的  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  晶体从而形成板状刚玉。该工业氧化铝粉具有氧化铝含量高，杂质少，化学成分稳定等优点。与进口工业氧化铝粉相比较，国产氧化铝粉在氧化铝含量上没有明显区别，但是在  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$  的含量上稍微偏高，具体见下表：

表 1 进口原料与国产原料化学成分比较

Wt/%	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{NaO}_2$
进口	98.85	0.01	0.01	0.36
国产	98.89	0.03	0.03	0.37

基于这样的情况，国内板状刚玉厂家基本都是采用杂质含量稍低但是价格更加昂贵的进口工业氧化铝粉作为生产原料。但是通过科学的配比，进口粉与国产粉的混合粉能不能够生产出符合要求的板状刚玉一直以来没有具体的实验加以论证。

本课题通过研究不同配比下的进口粉与国产粉的混合粉制成的板状刚玉的物理化学性能和不同板状刚玉的具体使用情况来探究国产氧化铝粉对板状刚玉的性能影响研究。

## 1 实验方法

采取不同比例的国产粉与进口粉的混合粉，加入 2% 的结合剂，加水混合后经压机压制成圆形实验块，经烘箱烘干后放入竖窑烧结成板状刚玉。

## 2 实验配比

采用五组不同的混合比例，国产粉的比例由低到高，具体数据见下表 2。

表 2 实验配比 (wt.%)

原料	1	2	3	4	5
国产粉	0	30	50	70	100
进口粉	100	70	50	30	0
有机结合剂	2	2	2	2	2

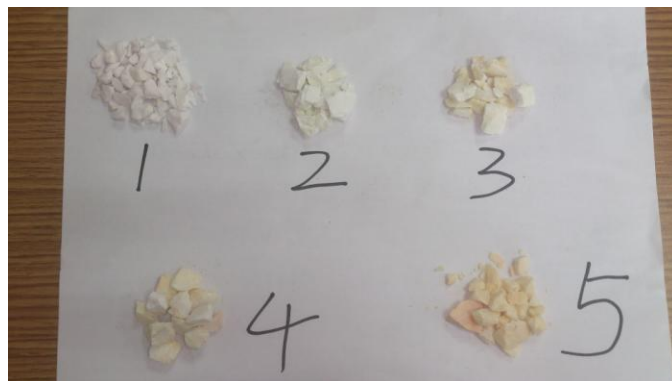
## 3 试样的制备

上述样品用搅拌机混合均匀后，经实验压机 200KN 压力压制成直径 50mm 高度 20mm 的圆柱形实验样。实验样品在 110℃ 烘箱中烘烤 24h 后放入竖窑经 1925℃ 烧结形成板状刚玉。

## 4 物理化学数据检测分析

首先观察刚玉外观颜色，板状刚玉的外观颜色某种程度上也是其性能状况的体现。如下图所示为经竖窑烧结过后的胚体球破碎后的颜色外观比较，我们可以发现随着国产粉的添加比例的增加，刚玉的颜色逐步加深，从 1 号纯白色到 5 号较深的黄色。

图 1 刚玉外观图



物理指标检测见下表 3。

表 3 物理性能检测

编号	1	2	3	4	5
显气孔率 (%)	3.2	3.6	4.8	6.1	8.4
体积密度(g/m <sup>3</sup> )	3.58	3.53	3.49	3.42	3.37
吸水率(%)	0.9	1.1	1.5	2.2	2.7
胚体球体积密度(g/m <sup>3</sup> )	1.90	1.91	1.92	1.90	1.90

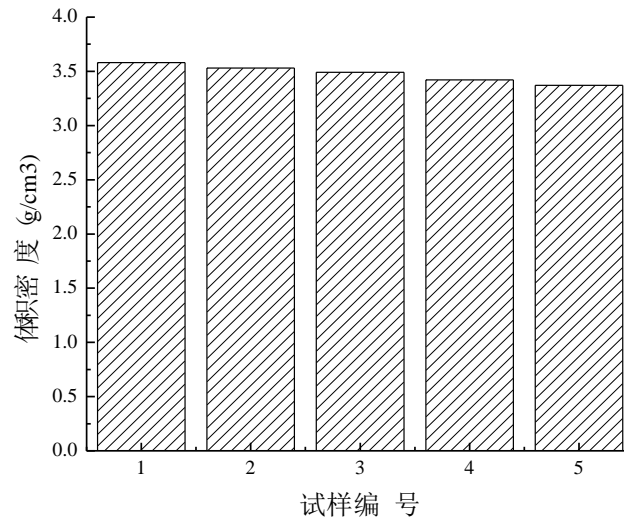


图 2 体积密度分布图

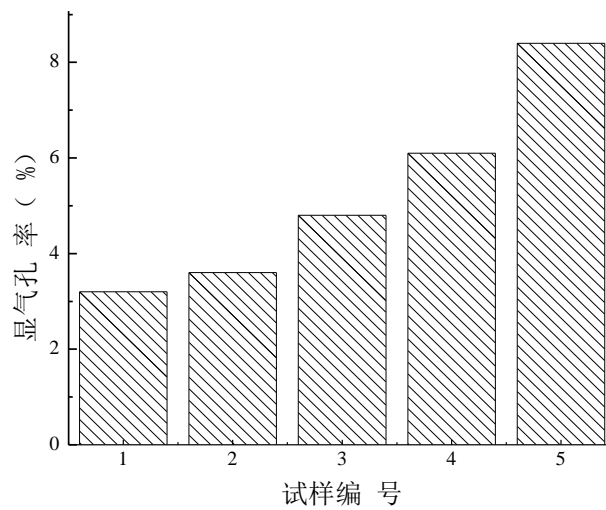


图 3 显气孔率分布图

由图 2 和图 3 我们可以看出板状刚玉的性能随着国产粉的添加比例的增加而逐步降低。体积密度逐渐降低，显气孔率逐渐升高。行业标准要求值为：体积密度 $\geq 3.5\text{g/cm}^3$ 、显气孔率 $\leq 5.0\%$ 、吸水率 $\leq 1.5\%$ 。对比不难发现虽然第一组和第二组的刚玉完全达到了标准要求，所以，一定比例的国产粉与进口粉的混合粉生产板状刚玉在物理性能这一块还是可以满足要求的。

下面我们再来看看表 4 几组刚玉样品的化学成分分析情况：

表 4 化学成分检测 (wt.%)

编号	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O
1	99.29	0.06	0.12	0.05	0.02	0.32
2	99.38	0.04	0.05	0.04	0.01	0.25
3	99.46	0.04	0.03	0.04	0.01	0.1
4	99.22	0.06	0.03	0.02	0.01	0.22
5	99.47	0.04	0.04	0.05	-	0.16

对比表 1 我们就会发现一个奇怪的现象：从原料化学成分上来讲国产粉的杂质含量例如 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O 是要高于进口氧化铝粉的，但是得出的数据却是随着国产粉在混合粉中的比例的增加，杂质含量特别是 Na<sub>2</sub>O 相反还有所降低。看上去很难解释这种现象，但是综合参考以前的经验分析我们认为产生这样的现象的原因如下：根据我们的生产经验，国产氧化铝粉的烧结温度要低于进口氧化铝粉，因此在相对较高的烧结温度下含有国产粉的胚体球会产生过烧的现象，胚体球在过烧的情况下会产生较多的液相，在液相中杂质更容易挥发掉。对比表 3 也可以证实我们的观点，通过表 3 我们可以发现随着国产粉的添加比例的增加板状刚玉的显气孔率增加、体积密度降低，这说明液相比比例在慢慢增加，因为液相比比例的增加带来的影响就包括是显气孔率增加、体积密度减小。这也就是为什么检测到的结果中杂质的含量会有明显的减少。

## 5 样品的微观结构

从扫描电镜图中我们可以观察到 1 号 2 号样品烧结情况较好晶体发育较完全，晶粒平均直径在 50 $\mu\text{m}$  以上，晶界之间无明显的显气孔存在而且晶粒之中有较多的封闭气孔，气孔直径在 2~8 $\mu\text{m}$  之间，这些封闭气孔为板状刚玉提供了良好的抗热震性；3 号样品虽然晶粒之中也有较多的封闭气孔存在，但是可以观察到其晶粒之间间隙较大晶粒不够紧凑也就是我们所说的开口气孔较多，这是造成显气孔率大的主要原因；而 4 号和 5 号样品可以看到晶粒之内几乎没有封闭的气孔存在，而且晶界之间间隙模糊，这是明显的过烧现象，晶相中有较多的液相，这也证实了我们之前的观点，也就是国产粉的烧成温度较进口粉要低。

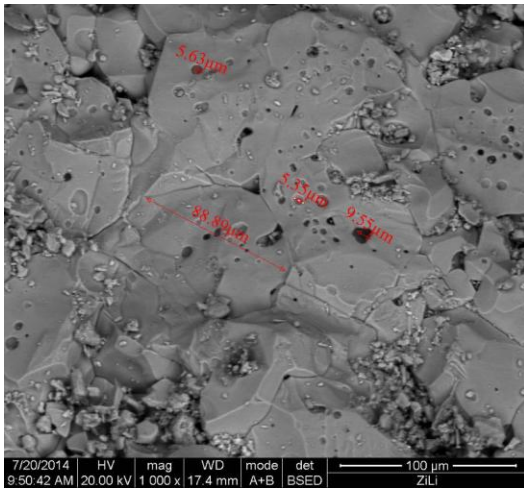


图 4 1 号样品 SEM 电镜图

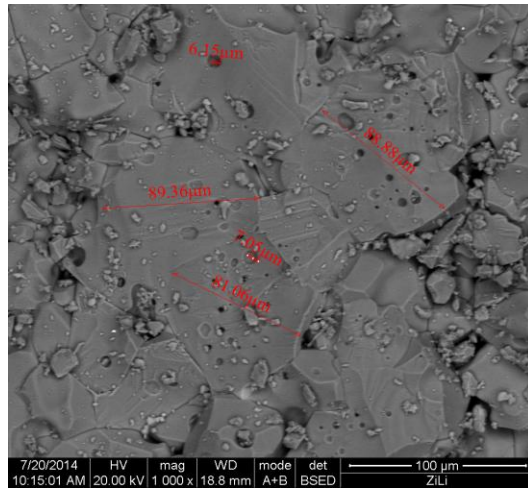


图 5 2 号样品 SEM 电镜图

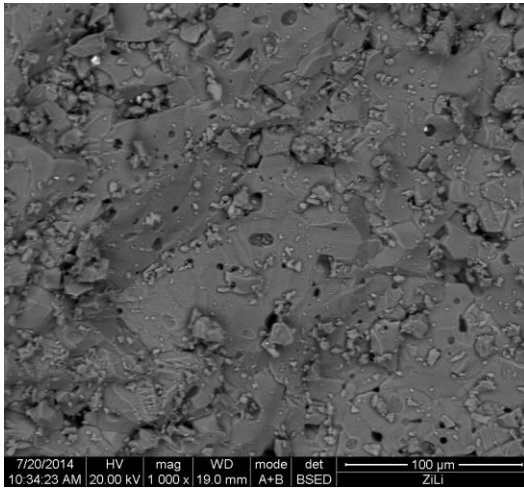


图 6 3 号样品 SEM 电镜图

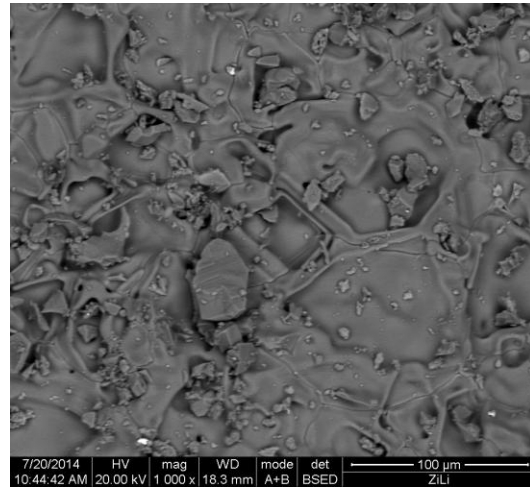


图 7 4 号样品 SEM 电镜图

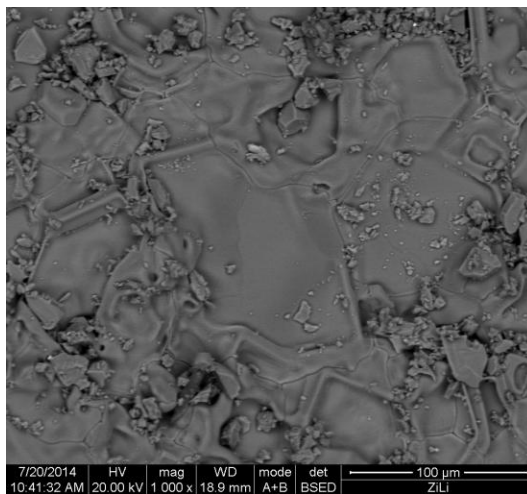


图 8 5 号样品 SEM 电镜图

## 6 在浇注料中的应用

为了公平比较，实验只选用了上面达到标准要求的 1 号和 2 号板状刚玉做实验分析。也就是纯进口粉生产的板状刚玉与 70%进口粉和 30%国产粉的混合粉生产的板状刚玉在浇注料中的性能比较。

实验配方如表 5 所示：

表 5 浇注料实验配方

原料	粒度	1号	2号
板状刚玉	3~6	25	25
	1~3	20	20
	0.5~1	12	12
	0~0.5	15	15
	325目	15	15
$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 微粉	-	8	8
Secar71 水泥	-	5	5
减水剂（外加）	-	0.2	0.2
加水量	-	4.3	4.3

在表 5 浇注料配方中，在相同的加水量 4.3%的情况下，1 号刚玉初始流动值可以达到 170mm，2 号刚玉配方初始流动值也可以达到 165mm，虽然在流动值上偏低了 5mm，但是已经完全达到施工要求，且 30 分钟后的流动值基本一致，同时两种浇注料的施工时间也可以控制在 30min 以上，说明两者在此体系浇注料中施工性能并无较大区别，都能较好满足浇注料的施工要求。从性能指标上分析，材料的体积密度和显气孔率基本上一致，无明显差距。强度上来看在 1000℃中温强度上，2 号刚玉试样要略高于 1 号刚玉；但是在低温和高温性能上，1 号刚玉试样高温抗折强度要略高于 2 号刚玉试样，不过差距也只有 2 到 3 个兆帕；1100℃水冷三次后的抗折强度保持率 1 号要高于 2 号两个百分点，不过都达到了较高的 70%左右，可见两者的热震稳定性都很好。因此，可以发现无论在浇注料的施工性能还是检测指标方面，此比例下混合粉所烧制成的刚玉与进口粉烧制的刚玉无明显差异，从实验过程和结果得到的数据来看，可以认为混合粉刚玉具有对进口粉刚玉的可替代性。

表 6 两种刚玉的浇注料性能指标

检测项目	检测条件	1号	2号
流动值 mm	0min	170	165
	30 min	150	145
	60 min	115	110
可施工时间	室温	40min	35min

体积密度/g/cm <sup>3</sup>	110℃×24h	3.17	3.12
显气孔率/%	110℃×24h	9.8	10.7
耐压强度/MPa	110℃×24h	80.6	79.3
	1000℃×3h	55.7	57.2
	1550℃×3h	95.8	93.4
抗折强度/MPa	110℃×24h	12.6	13.1
	1000℃×3h	9.8	9.1
	1550℃×3h	31.5	30.2
线变化率/%	1550℃×3h	0.49	0.52
高温抗折/MPa	1450℃×0.5h	5.1	4.7
热震稳定性	1100℃水冷3次后抗折保持率	73.70%	71.50%

## 结 论

综合比较了进口粉与混合粉烧制的板状刚玉的物理化学性能及其在浇注料中的使用情况，我们可以得到以下结论：

- (1) 纯进口粉烧制的板状刚玉性能确实要优于纯国产粉烧制的板状刚玉。
- (2) 一定比例的混合粉生产的板状刚玉性能完全可以达到行业的标准要求值。
- (3) 一定比例的混合粉生产的板状刚玉在浇注料中的应用也完全可以达到使用要求。

另外，本课题中的达到性能要求的混合粉比例为进口粉 70% 国产粉 30%，但是具体什么样的比例配比下可以得到更好甚至超过纯进口粉性能的板状刚玉还有待考究，我们认为这是完全有可能的。