

文章编号:1000-2278(2010)03-0484-06

## 利用铝型材厂工业废渣制备莫来石质耐火材料

刘艳春 曾令可 祝杰 王慧 戴武斌 程小苏 王兆春

(华南理工大学材料学院,广州:510640)

### 摘要

以铝厂污泥和苏州土合成的不同粒径级配的莫来石作为原料,添加少量堇青石作为结合剂,甲基纤维素、水作为添加剂研制优质莫来石耐火材料。通过测定耐火材料的抗折强度、热稳定性、气孔率等性能指标确定出最佳配方。结果表明:No.1配方的0次抗折强度为126.76 kgf/cm<sup>2</sup>,1次热震抗折强度为81.07 kgf/cm<sup>2</sup>,10次热震抗折强度为45.07 kgf/cm<sup>2</sup>。1次热震强度保持率为49.24%,10次热震强度保持率为36.52%,10次热震后气孔率为40.37%,0次热震吸水率为24.76%,0次热震体积密度为1.61g/cm<sup>3</sup>。

关键词 铝废渣,莫来石,耐火材料

中图分类号:TQ174.4\*6 文献标识码:A

### 1 前言

铝厂废渣的主要成分是 $\gamma$ -AlOOH,其中部分是晶体,部分是无定形体,并含有少量的Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、NiO等杂质<sup>[1]</sup>。根据它的组成,可以用来合成莫来石,堇青石<sup>[2]</sup>等。施振克等<sup>[3]</sup>研究了硅灰对利用铝厂工业废渣研制的莫来石晶相结构的影响,并制得莫来石含量高达88.1%莫来石砖。莫来石砖是以莫来石为主晶相的一类传统的高铝质耐火材料,其性能优异,并被广泛的应用于窑炉的内衬及窑具等。

莫来石合成材料的抗折强度和抗热震性是决定其使用效果和寿命的重要因素,而该材料所选用的骨料和结合剂种类、粒度、比例、成型压力的大小和烧结温度决定了它的微观结构,进而决定了它的强度和抗热震性。堇青石具有热膨胀系数小(20~1200℃,  $\alpha = 0.8 \sim 3.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ),热震稳定性好等优点,被广泛用作优质耐火材料、电子封装材料、催化剂载体、泡沫陶瓷及航空航天材料等。但是由于堇青石韧性较低、荷重软化点低和合成温度范围窄,从而限制了它

的优良性能的发挥。而莫来石高温性能优良、机械强度高(室温下抗弯曲强度为49MPa),但其热膨胀系数较大。因此,为兼顾材料的高温性能及抗热震性能,将堇青石与莫来石进行复合是提高材料性能的最有效措施之一。本文主要研究以莫来石为骨料,添加少量堇青石作为结合剂,甲基纤维素、水作为添加剂研制优质莫来石耐火材料,并对得到的莫来石耐火材料性能进行测试分析。

### 2 实验

#### 2.1 利用铝型材厂废渣制备莫来石

将各试样原料经湿法球磨(4小时)→烘干(含水率为7wt%左右)→陈腐→过筛→半干压成型(成型压力为500Kg/cm<sup>2</sup>)→烘干→烧成(1480℃保温1小时),自然冷却后得到各样品,如图1所示。

#### 2.2 利用铝型材厂废渣制备堇青石

本实验所用的堇青石也是采用铝厂废渣合成的<sup>[4]</sup>,采用的原料为铝厂废渣、预烧过的苏州土、滑石。其工艺流程如图2所示。

收稿日期:2010-05-12

基金项目:广东省科技攻关项目(编号:2008B010600038);广东省经贸委财政技术创新专项资金项目(编号:200501008);国家火炬计划产业化项目(编号:2008GH521494)

通讯联系人:曾令可, E-mail:lingke@scut.edu.cn

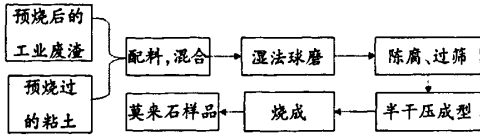


图1 铝型材工业废渣合成莫来石的工艺过程图  
Fig.1 Flow chart of cordierite producing with waste slag from aluminum factory

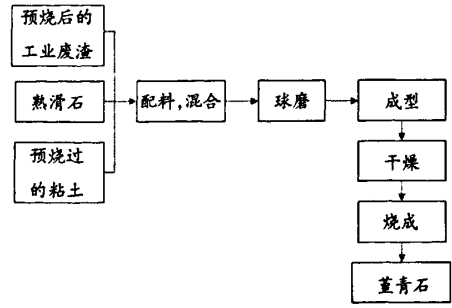


图2 铝型材工业废渣合成堇青石的工艺过程图  
Fig.2 Flow chart of cordierite producing with waste slag from aluminum factory

表1 莫来石耐火材料的配方

Tab.1 Prescription of mullite kiln furniture

试样号	原料煅烧温度 (°C)	保温时间 (h)	10~20目莫来石 (wt)	20~40目莫来石 (wt)	40~200目莫来石 (wt)	>200目莫来石 (wt)	堇青石 (wt)
No.1	1450	2.5	24.5	24.5	24.5	24.5	2
No.2	1450	2.5	24	24	24	24	4
No.3	1450	2.5	23.5	23.5	23.5	23.5	6
No.4	1450	2.5	23	23	23	23	8
No.5	1450	2.5	22.5	22.5	22.5	22.5	10

2.3 莫来石质耐火材料的制备工艺

按照表1配方制备莫来石耐火材料,制备工艺流程如图3所示。

3 实验结果

按表1中的5种配方制备成耐火材料的试样,测试各试样气孔率、吸水率、体积密度、抗折强度,热震抗折强度,热震抗折强度保持率。

5种配方耐火材料每组配方试样3条,如No.1耐火材料配方有No.10, No.11, No.12 三根试条,取每个配方的三个测试值的平均值得到材料抗折强度。各试样0次热震抗折强度、1次热震抗折强度、10次热震抗折强度实验数据列于表2中。为了更详细地了解耐火材料制品在经过0次热震、1次热震和10次热震后其抗折强度的变化趋势,根据表中的抗折强度绘制得到各试样0次热震、1次热震和10次热震后抗

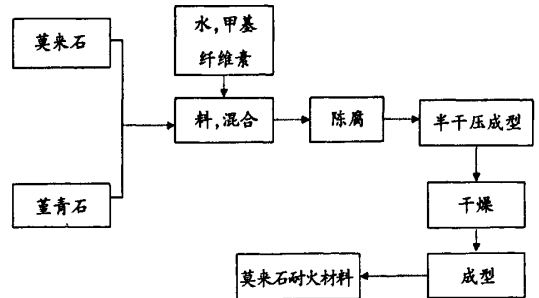


图3 合成莫来石耐火材料工艺流程图  
Fig.3 Flow chart of mullite kiln furniture producing

折强度变化曲线,见图4。

为了更直观地描述各个样品热震稳定性,即急冷急热后强度的变化情况,计算了各试样1次和10次抗折强度保持率列于表3中。根据以上表中的各试样抗折强度保持率绘制得到其1次和10次热震的抗折强度保持率变化曲线,见图5。

表2 各试样0次、1次和10次热震抗折强度

Tab.2 Flexural Strengths of samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

试样序号	0次抗折强度(kgf/cm <sup>2</sup> )	1次抗折强度(kgf/cm <sup>2</sup> )	10次抗折强度(kgf/cm <sup>2</sup> )
No.1	126.76	81.07	45.07
No.2	122.83	72.45	40.23
No.3	118.79	71.43	36.26
No.4	119.56	69.68	33.76
No.5	110.82	60.27	33.54

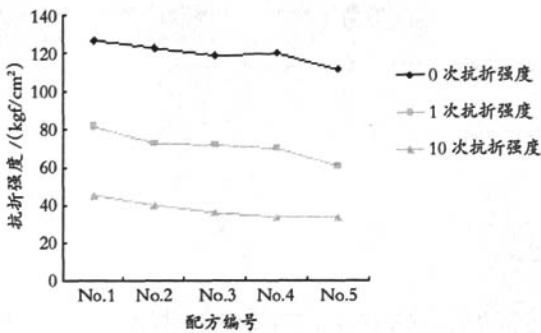


图4 各试样0次、1次和10次热震的抗折强度变化曲线  
Fig.4 Flexural strength curves of the samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

表3 各试样1次和10次抗折强度保持率

Tab.3 Flexural strength retentions after 1 and 10 thermal shock cycles

试样序号	P <sub>1</sub> / P <sub>0</sub> (%)	P <sub>10</sub> / P <sub>0</sub> (%)
No.1	49.24	36.52
No.2	47.69	34.61
No.3	48.32	33.13
No.4	46.42	31.55
No.5	44.81	32.43

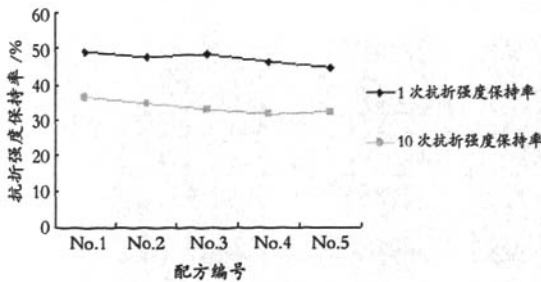


图5 各试样1次和10次抗折强度保持率变化曲线  
Fig.5 Flexural strength retentions of the samples after 1 and 10 thermal shock cycles

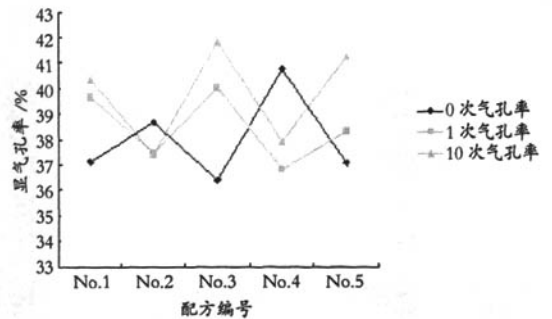


图6 各试样0次、1次和10次热震后的气孔率变化曲线  
Fig.6 Porosity curves of the samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

各试样测得0次、1次和10次热震抗折强度后的气孔率、体积密度、吸水率和线收缩率的实验数据列于表4、表5、表6和表7。变化曲线图见图6、图7、图8和图9。

对于莫来石耐火材料,静态性能上要得到最好的

性能效果理论上应该是高抗折强度,高抗折强度保持率和适当的吸水率,气孔率以及体积密度。

由图4、图5、图6、图7、图8、图9中可以看出:从No.1号到No.5号,0次、1次和10次抗折强度都呈一种略微下降的趋势,其热震强度保持率也类似的

表4 各试样0次、1次和10次热震后的气孔率

Tab.4 Porosities of the samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

试样号	0次热震后的气孔率(%)	1次热震后的气孔率(%)	10次热震后的气孔率(%)
No.1	37.13	39.65	40.37
No.2	38.69	37.48	37.43
No.3	36.41	40.04	41.81
No.4	40.76	36.82	37.92
No.5	37.08	38.31	41.24

表5 各试样0次、1次和10次热震后的体积密度

Tab.5 Bulk densities of the samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

试样号	0次热震后的体积密度(g/cm <sup>3</sup> )	1次热震后的体积密度(g/cm <sup>3</sup> )	10次热震后的体积密度(g/cm <sup>3</sup> )
No.1	1.61	1.56	1.57
No.2	1.56	1.59	1.59
No.3	1.64	1.55	1.55
No.4	1.53	1.58	1.60
No.5	1.60	1.56	1.55

表6 各试样0次、1次和10次热震后的吸水率

Tab.6 Water absorptions of the samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

试样号	0次热震后的吸水率(%)	1次热震后的吸水率(%)	10次热震后的吸水率(%)
No.1	24.76	26.95	26.17
No.2	26.62	25.50	25.38
No.3	23.63	27.42	27.24
No.4	28.09	24.68	24.86
No.5	24.35	26.38	27.10

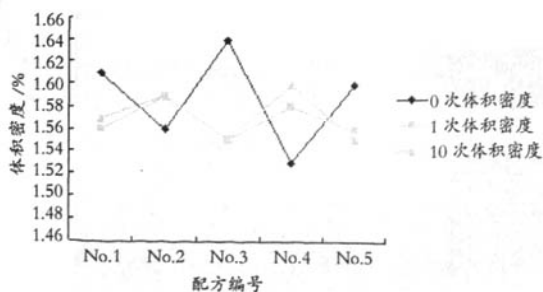


图7 各试样0次、1次和10次热震后的体积密度变化曲线  
Fig.7 Bulk density curves of the samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

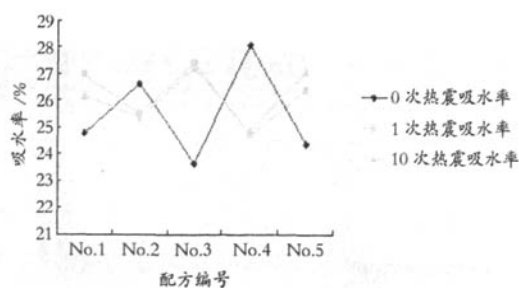


图8 各试样0次、1次和10次热震后的吸水率变化曲线  
Fig.8 Water absorption curves of the samples after 0, 1 and 10 thermal shock cycles

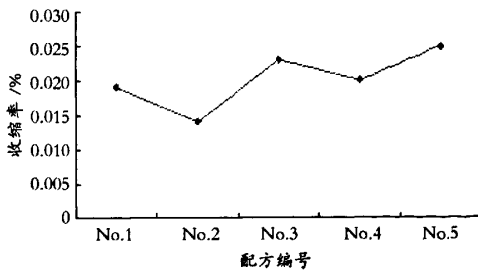


图9 各试样煮沸前后线收缩率变化曲线

Fig.9 Linear shrinkage curve of each sample after being boiled

呈略微下降趋势。No.1至No.5号的气孔率,体积密度和吸水率的变化规律不是很明显,气孔率,体积密度和吸水率应该适当,不能太大或太小,太大的气孔率和吸水率或太小的体积密度都会降低耐火材料的抗折强度,太小的气孔率和吸水率或太大的体积密度也会影响耐火材料的热稳定性。因此,最佳配方的气孔率,体积密度和吸水率应大小适中。根据以上分析, No.1号的0次热震后气孔率为38.20,0次热震后吸水率为23.77,0次热震后体积密度为1.6072,1次热震后气孔率为40.38,1次热震后吸水率为25.94,1次热震后体积密度为1.5576,10次热震后气孔率为39.70,10次热震后吸水率为25.15,10次热震后体积密度为1.5743,在5个配方中大小适当,而且它的1次和10次抗折强度和热震保持率在5个配方中最高,因此选择No.1号为最佳耐火材料配方。

#### 4 结论

(1)采用铝厂废渣和苏州土合成的不同粒径级配的莫来石作为原料,添加少量堇青石作为结合剂,甲基纤维素、水作为添加剂研制莫来石耐火材料。通过测定耐火材料的抗折强度、热稳定性等性能指标确定出最佳配方。得出No.1为最佳配方,配方组成为:

表7 各试样煮沸前后线收缩率  
Tab.7 Linear shrinkages of the samples after being boiled

试样号	(D0-D)/D0(%)
No.1	0.019
No.2	0.014
No.3	0.023
No.4	0.020
No.5	0.025

10~20目莫来石、20~40目莫来石、40~200目莫来石、>200目莫来石分别占24.5%(wt),添加的堇青石占2%(wt)。

(2)No.1最佳配方的性能测试结果为:0次抗折强度为126.76 kgf/cm<sup>2</sup>,1次热震抗折强度为81.07 kgf/cm<sup>2</sup>,10次热震抗折强度为45.07 kgf/cm<sup>2</sup>。1次热震强度保持率为49.24%,10次热震强度保持率为36.52%,10次热震后气孔率为40.37%,0次热震吸水率为24.76%,0次热震体积密度为1.61g/cm<sup>3</sup>。在所有5个配方中, No.1的0次、1次、10次抗折强度最高,并且气孔率,体积密度和吸水率也适当。

(3)从No.1号到No.5号,0次、1次和10次抗折强度都呈一种略微下降的趋势,其热震强度保持率也类似的呈略微下降趋势。

#### 参考文献

- 1 陈 舒.铝型材厂工业废渣在莫来石生产中的应用.福建建材,2009,(1):46-49
- 2 周 敏.铝型材厂工业废渣在堇青石生产中的应用技术.福建建筑,2006,(4):53-54
- 3 施振克,阮玉忠,于 岩.添加剂对利用铝厂工业废渣研制的莫来石晶相结构的影响.材料开发与应用,2005,(5):14-16
- 4 李家驹著.陶瓷工艺学.北京:中国轻工业出版社,1999,87:114

# SYNTHESIS OF MULLITE REFRACTORY USING WASTE SLAG OF ALUMINUM FACTORY

Liu Yanchun Zeng Lingke Zhu Jie Wang Hui Dai Wubin Cheng Xiaosu Wang Zhaochun

(College of Materials Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640)

## Abstract

Waste slag of aluminum factory and Suzhou clay were used as the raw materials to synthesize mullite of different size distribution, to which a spot of cordierite was added as binder, methylcellulose and water was added as additives to prepare top quality mullite refractory. Flexural strength, thermal characteristic, porosity, etc. of the refractory were tested to determine its optimal formula. The results showed: No.1 was the optimal formula, the flexural strengths of the sample after 0, 1 and 10 thermal shock cycles were respectively 126.76 kgf/cm<sup>2</sup>, 81.07 kgf/cm<sup>2</sup> and 45.07 kgf/cm<sup>2</sup>. The flexural strength retention after 1 and 10 thermal shock quench cycles were 49.24% and 36.52% respectively. The porosity after 10 thermal shock cycles was 40.37%, and the water absorption and bulk density after under no thermal shock were 24.76% and 1.61g/cm<sup>3</sup>.

**Keywords** waste slage of aluminum, mullite, refractory

---

Received on May. 12, 2010

Zeng Lingke, E-mail: lingke@scut.edu.cn

# 利用铝型材厂工业废渣制备莫来石质耐火材料

作者: [刘艳春](#), [曾令可](#), [祝杰](#), [王慧](#), [戴武斌](#), [程小苏](#), [王兆春](#), [Liu Yanchun](#), [Zeng Lingke](#), [Zhu Jie](#), [Wang Hui](#), [Dai Wubin](#), [Cheng Xiaosu](#), [Wang Zhaochun](#)

作者单位: [华南理工大学材料学院, 广州, 510640](#)

刊名: [陶瓷学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)

英文刊名: [JOURNAL OF CERAMICS](#)

年, 卷(期): 2010, 31 (3)

## 参考文献(4条)

1. [陈舒](#) [铝型材厂工业废渣在莫来石生产中的应用](#)[期刊论文]-[福建建材](#) 2009(01)
2. [周敏](#) [铝型材厂工业废渣在堇青石生产中的应用技术](#)[期刊论文]-[福建建筑](#) 2006(04)
3. [施振克](#); [阮玉忠](#); [于岩](#) [添加剂对利用铝厂工业废渣研制的莫来石晶相结构的影响](#)[期刊论文]-[材料开发与应用](#) 2005(05)
4. [李家驹](#) [陶瓷工艺学](#) 1999

## 本文读者也读过(2条)

1. [卫晓辉](#). [孙加林](#). [孙庚辰](#) [莫来石的低温合成](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2008, 42(3)
2. [杨丁熬](#). [张绍军](#) [莫来石质耐火材料在熔融金属中的应用](#)[期刊论文]-[国外耐火材料](#)2003, 28(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_tctxb201003028.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_tctxb201003028.aspx)