

## 泡沫陶瓷过滤板的研制

王立家, 张少华, 赵秀芳, 王树栋

(山东铝业股份有限公司 研究院, 山东 淄博 255051)

摘要: 以自产氧化铝为主要原料, 氢氧化铝为粘结剂合成原料, 研制开发了用于铝液过滤净化的泡沫陶瓷过滤板。通过确定合理的配比和工艺, 制品的各项物化性能皆达到应用要求, 年可节约费用100万元。

关键词: 泡沫陶瓷过滤板; 过滤净化; 氧化铝; 烧成制度

中图分类号: TQ174.75\*8 11 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2003)02-0050-03

## Development of Foamed Ceramic Filter Plates

WANG Li-jia, ZHANG Shao-hua, ZHAO Xiu-feng, WANG Shu-dong

(Research Institute of Shandong Aluminum Co, Ltd, Zibo 255051, China)

Abstract: The foamed ceramic filter plates that are used for filtration purification of liquid aluminum were developed adopting the aluminum oxide produced by themselves as main raw materials and the aluminum hydroxide as the synthetic raw materials of binder. After establishing reasonable proportions and processes, each physical and chemical property of the products all met the needs of application. Therefore, if the products were used, the economic benefits would be one million Yuan.

Key words: foamed ceramic filter plate; filtration purification; aluminum oxide; firing regime

随着科学技术的发展, 对铝及其合金材料的要求也越来越高, 而传统的精炼除气工艺, 不能去除熔体铝中细小和悬浮状的非金属夹杂物。因此人们研究了许多净化方法, 按其机理和形式的不同, 可分为吸附净化、物理净化和过滤净化<sup>[1]</sup>。过滤净化是使金属液流经某种介质, 此种介质按某种机理, 捕捉夹杂物, 从而净化了金属。1978年美国研制出的新型过滤器——泡沫陶瓷过滤片<sup>[2]</sup>, 为铸铝件的生产提供了一种高效率的过滤器, 被广泛用于半连续铸锭和成型铸件生产上。

山东铝业股份有限公司(简称山铝)外购的过滤板系采用山铝所产原料制造, 而山铝自20世纪60年代初就开始进行非冶金用氧化铝(原料及产品)的研制与生产, 技术与生产力量雄厚, 完全有能力实现过滤板的自制。

## 1 试验方案

### 1.1 主要原料及辅助物料

主要原料: 以自产高温氧化铝作为过滤介质的基体材料, 该材料既不与铝液发生反应, 在焙烧过程中也不脱水, 收缩率非常小, 物理和化学性能(见表1)相对比较稳定。

辅助物料主要有: 高岭土、长石和膨润土等, 其化学成分见表2。

表1 高温氧化铝物化性能%

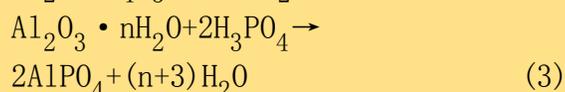
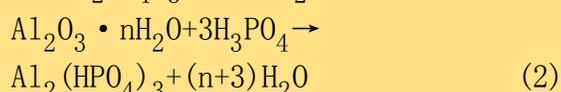
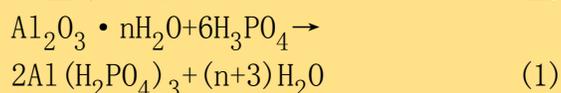
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	真比重/g·cm <sup>3</sup>	中位径D <sub>50</sub> /μm
93.4	0.09	0.036	0.475	0.084	0.0084	3.89	0.688

表2 辅助材料的化学成分%

成分	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	灼减
高岭土	60.81	0.10	24.5	1.20	微量	0.16	5.29	5.59
长石	68.49	0.39	13.0	2.19	0.21	3.44	3.73	
膨润土	60.20	6.24	16.00	1.80	2.57	0.18	1.58	10.0

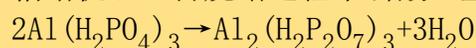
## 1.2 低温粘结剂

低温粘结剂的合成：采用山铝生产的氢氧化铝或拟薄水和工业磷酸通过下面的反应来合成：

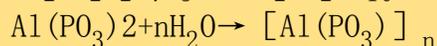


(1)与(2)式中生成的Al(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>与Al<sub>2</sub>(HPO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>具有粘结性，前者的粘结性最大，后者次之，而(3)式中的磷酸铝无粘结性。为保证生成的是磷酸二氢铝，而不是磷酸铝，反应时应加入过量的磷酸。

粘结机理：再烧结过程中磷酸二氢铝将发生如下反应：



生成的焦磷酸铝，随着温度的升高便发生了偏磷酸的分子聚合：



## 1.3 成型载体

成型载体是制作过程中比较关键的材料，试验采用聚氨脂泡沫塑料作为成型载体。该载体网眼均匀、弹性较好，使用时，在涂挂料浆之后，仍能恢复原状，网眼大小及规格见表3。

表3 成型载体的规格

尺寸/cm	孔径/PPcm <sup>(1)</sup>
430×430×40	5.0
360×360×40	8.0
450×450×40	13.0

注：(1) PPcm指每单位厘米上的孔洞数。

## 1.4 制作工艺

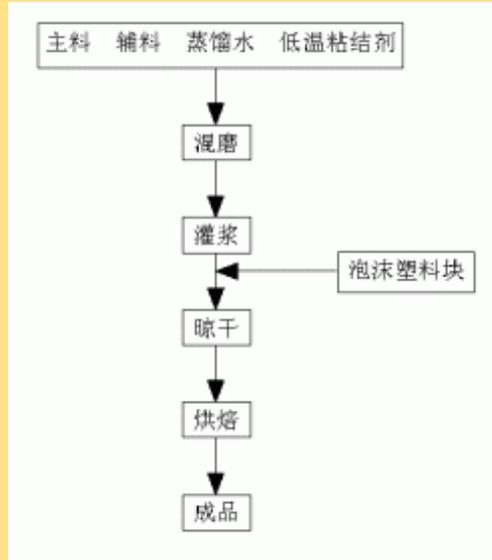


图1 泡沫陶瓷制作工艺流程

## 1.5 技术要点

1.5.1 料浆的配制 试验所用料浆是以 $Al_2O_3$ 为主的多种成分的水状悬胶，在制作胚料时，该料浆能牢固地粘结在泡沫塑料丝网上。灌浆时，料浆既不能太稠也不能太稀。太稠，料浆不易灌到泡沫塑料丝网上；太稀则在塑料丝网上易发生沉降形成不均匀挂浆。所以，控制适当的水分是制备料浆的关键所在。另外，料浆具有的粘结性也要适中，试验中发现加入低温粘结剂过多、料浆粘结性过大时，在挤出多余的料浆(目的是防止胚料产生盲孔)之后，泡沫塑料丝网较难恢复原状；加入粘结剂太少、料浆粘结性太小时，料浆就不能更多地、更牢固地粘结在泡沫塑料丝网上，在脱塑之后，试块就没有强度，甚至散架。即使有一定强度，由于胚体挂上的料浆太稀薄，此时网结构很脆弱，整体强度就较差。

1.5.2 干燥与烧成制度的制定 试验采用金属网制做烘箱板，作为挂浆后的泡沫试块焙体放置的托板，先在室温下自然晾干，再采用热空气干燥烘干。

烧成是制瓷过程中很关键的一步，掌握焙体在高温焙烧过程中的变化规律，制订出正确的烧成制度，是烧出高质量产品的关键<sup>[3]</sup>。而研究各组分物料在加热过程中的变化，又是确定烧成制度的基础。以高岭土的研究为例，其差热曲线、脱水曲线、膨胀收缩曲线如图2~4<sup>[3]</sup>所示。

通过对所用高岭土进行的差热分析，结合目前对它加热过程的变化变化的最新研究认为：在 $400\sim 450^\circ C$ 时晶格水开始缓慢排出， $450\sim 550^\circ C$ 时晶格水快速排出，在差热曲线上也能看到 $600^\circ C$ 左右有一明显的吸热峰，是脱出结构水所致。高岭土脱水后的产物继续发生结构转化的起始温度是 $925^\circ C$ ，曲线上 $925\sim 1050^\circ C$ 有一强烈的放热峰，是发生晶型转化所致。另外，高岭土在加热到 $900\sim 1020^\circ C$ 时，发生一次剧烈的体积收缩。根据这些特征，试验时在相应的温度区 $400\sim 550^\circ C$ 、 $920\sim 1020^\circ C$ 采取低速升温或保温操作。

蒸发期：以慢速升温为宜，此阶段目的是去除泡沫塑料试块中的结晶水。

玻化成瓷期：此期也以慢速升温为宜，在 $400\sim 550^\circ C$ 保温2h， $920\sim 1020^\circ C$ 缓慢升温并保温2h。

## 2 结果与分析

### 2.1 成分确定与计算

选定以高温 $Al_2O_3$ 、高岭土、长石三大原料为基元的基础组分，按成分满足法<sup>[3]</sup>初步计算组分比例，定出基础配方。并在此基础上调整其它小组分原料的加入量。膨润土的量一般固定在3%左右，然后设 $Al_2O_3$ 为X份、高岭土为Y份，长石为Z份，参照成分为：

$SiO_2$  31.69%， $Al_2O_3$  55.40%， $Na_2O$  0.621%， $K_2O$  0.21%， $CaO$  0.13%， $MgO$  0.015%，计算得：

$$X / Y / Z = 40 / 22.5 / 20$$

一般固定长石的量为20份，膨润土的量为3份，则有：氧化铝40份，高岭土22.5份，长石20份，膨润土3

份。换算成百分数：氧化铝46.7%，高岭土26.3%，长石23.36%，膨润土3.6%。

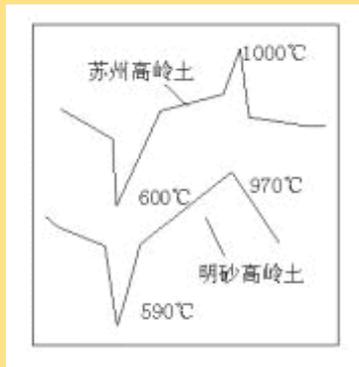
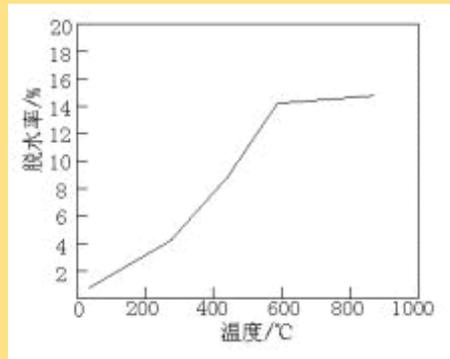


图2 高岭土差热曲线图



3高岭土脱水曲线

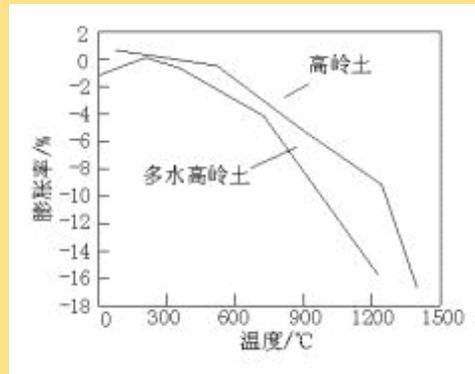


图4 高岭土膨胀收缩曲线

## 2.2 试验结果与讨论

2.2.1 对实验室制品进行物化分析，结果列于表4，制品的XRD图见图5。从物化分析结果来看，实验室制品符合一般工业应用要求。

表4 制品的物化分析结果

化学成分/%						物理性能			
Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	强度 /MPa	比重 /g · cm <sup>-3</sup>	孔径PPcm	XRD

0.47	34.86	53.3	0.512	2.2	0.822	0.64	0.70~ 0.79	7.5	方石英 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
------	-------	------	-------	-----	-------	------	---------------	-----	---------------------------------------

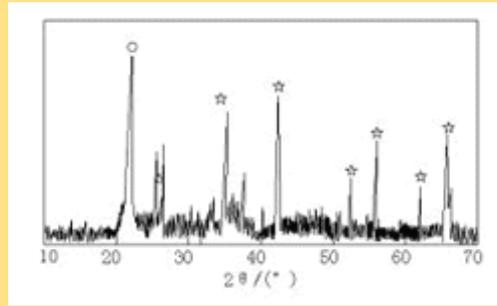


图5 制品的XRD图

○ 方石英 ☆  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  △莫来石

2.2.2 磷酸二氢铝加入量对制品强度的影响 图6为磷酸二氢铝加入量对制品强度的影响曲线。从图6可以看出，不加磷酸二氢铝，试验制品的强度很低，但磷酸二氢铝的加入量并非越多越好，过量加入对强度的影响不大，加入量以2%为宜。

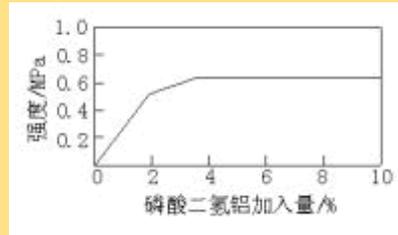


图6 磷酸二氢铝加入量对制品强度的影响

2.2.3 升温速度对制品强度的影响 图7为烧成制度与制品强度的关系曲线。

试验后期制定了合理的烧成制度，如在400~550℃保温2h，920~1020℃缓慢升温并保温2h等。通过严格控制烧成工艺，所得制品的强度有了较大的提高，平均强度达到0.64MPa，如图7中曲线1所示。而试验前期采用直接升温到1260℃、保温2h的烧成制度，如图7中曲线2所示，所得制品的强度达不到使用要求，平均强度仅为0.038MPa。因此，制定合理的烧成制度，严格控制升温速度，是保证制品强度的关键。

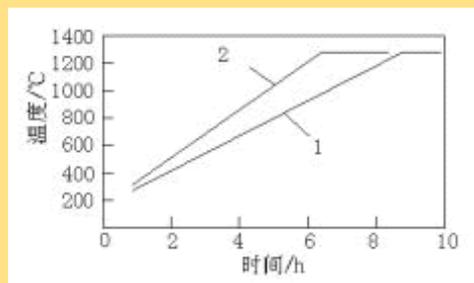


图7 烧成制度与制品强度的关系

### 3 结 语

3.1 对试验室制品各项物化性能的测试表明，各项指标符合一般的工业应用要求，已进入工业应用试验阶段。

3.2 由于所用的主要原料和粘结剂原料均为山铝自产，加之制作工艺简单，成本在1000元/m<sup>2</sup>以下，而外购品

的价格在1800元/m<sup>2</sup>以上。如果全部采用自制的泡沫陶瓷过滤板,则每年可节约费用达100万元。

---

[返回上页](#)