

# 氮气纯化装置用轻质隔热浇注料的研制与应用

张巍<sup>1</sup>, 马磊<sup>1</sup>, 王晓东<sup>1</sup>, 张涛<sup>1</sup>, 朱刚<sup>2</sup>, 牛海宁<sup>2</sup>, 汪涛<sup>2</sup>, 韩同生<sup>2</sup>, 王振飞<sup>3</sup>

(1. 中国科学院大连化学物理研究所, 航天催化与新材料研究室, 辽宁 大连 116023;

2. 大连凯特利催化工程技术有限公司, 辽宁 大连 116085;

3. 本钢板材股份有限公司燃气厂, 辽宁 本溪 117021)

**摘要:**以蛭石为主要原料, 铝酸钙水泥为结合系统, 研制出一种氮气纯化装置用轻质隔热浇注料。结果表明: 轻质隔热浇注料的最佳配比组成为:  $w(\text{蛭石}) = 25\%$ ,  $w(\text{珍珠岩}) = 5\%$ ,  $w(\text{硅微粉}) = 3\%$ ,  $w(\text{铝酸钙水泥}) = 67\%$ 。该轻质隔热浇注料可替代陶瓷纤维用作氮气纯化装置的外保温材料, 该材料使用效果良好, 降低了氮气纯化装置的外部温度, 达到了降低热工设备热损失, 提高热效率, 降低能源消耗和节能减排的目的。

**关键词:** 轻质隔热浇注料; 蛭石; 氮气纯化装置

**中图分类号:** TB332; TQ175.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0253-4320(2016)12-0056-03

**DOI:** 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.12.013

## Development and application of light thermal insulating castable refractory for nitrogen purification device

ZHANG Wei<sup>1</sup>, MA Lei<sup>1</sup>, WANG Xiao-dong<sup>1</sup>, ZHANG Tao<sup>1</sup>, ZHU Gang<sup>2</sup>, NIU Hai-ning<sup>2</sup>, WANG Tao<sup>2</sup>, HAN Tong-sheng<sup>2</sup>, WANG Zhen-fei<sup>3</sup>

(1. Dalian Institute of Chemical and Physics, The Chinese Academy of Science, Laboratory of Catalysts and New Materials for Aerospace, Dalian 116023, China; 2. Dalian Catalytic Engineering Technology Ltd., Dalian 116085, China; 3. Gas Plant, Plate Co., Ltd., Benxi Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Benxi 117021, China)

**Abstract:** The light thermal insulating castable refractory for nitrogen purification device is developed by using vermiculite as main raw material and calcium aluminate cement as binding system. The results show that the optimum composition of the light thermal insulating castable refractory is 25% of  $w(\text{vermiculite})$ , 5% of  $w(\text{perlite})$ , 3% of  $w(\text{silica powder})$  and 67% of  $w(\text{calcium aluminate cement})$ . The developed light thermal insulating castable refractory can be used to replace ceramic fiber as the heat preservation material for nitrogen purification device. The obtained light thermal insulating castable refractory can effectively reduce the external temperature of the nitrogen purifying device and the thermal loss of the thermal equipment, exhibiting good heat preservation effect. It is attributed to the reduction of the thermal loss of the thermal equipment, improvement of the thermal efficiency, reduction of energy consumption and emission reduction.

**Key words:** light thermal insulating castable refractory; vermiculite; nitrogen purification device

高纯氮气是冷轧薄板、热镀锌、硅钢生产线所需的重要保护气体, 氮气的纯度对产品的质量影响很大。氧含量超标会导致钢板表面氧化, 表层元素与氧发生反应而影响钢板品质, 镀锌板镀锌出现裸点等问题。深冷空分制氧装置副产氮气, 由于纯度相对较低, 氧含量不稳定, 因此产出的氮气常被称为“污氮”。我国钢厂有着丰富的“污氮”资源, 但由于纯度与稳定性方面原因, 这些氮气无法直接用在冷轧生产过程中, 必须经净化后使用。即使进口空分在使用过程中也存在产气波动和仪表风串风的可能, 通常在进口生产线中采用终端纯化装置进行纯化以保证氮气纯度和稳定性。目前, 这类氮气纯化装置普遍使用陶瓷纤维作为保温材料, 但陶瓷纤维具有寿命短, 需2年做1次更换; 按要求安装困难,

无法实现1/2比例压缩; 环境危害大, 纤维影响施工人员健康等缺点<sup>[1]</sup>。

矿物蛭石(Vermiculite)是指一组含水的云母(通常是黑云母或金云母)经热水溶液蚀变作用和风化产生, 为含镁、铁质硅酸盐的次生变质矿物<sup>[2-3]</sup>。当蛭石原矿石或选矿后矿石被加热到300℃以上后会成为一种高效的隔热材料; 最终形成的膨胀蛭石具有低密度、保温、绝热、隔音、抗震、耐火、耐冻等特性。此外, 由于蛭石对环境无危害, 因此蛭石还是一种重要的环保材料。为了解决使用陶瓷纤维作为保温材料的弊端, 笔者根据氮气纯化装置的工况条件和要求, 以蛭石和铝酸钙水泥等为主要原料, 开发出一种轻质隔热耐火浇注料, 以期满足氮气纯化装置对保温材料的需求。

## 1 实验

### 1.1 实验原料及方案

实验的主要原料为蛭石、珍珠岩粉、硅微粉和铝酸钙水泥。所用原料的主要化学组成如表1所示。

表1 原料的主要化学组成 w/%

原料名称	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	酌减
蛭石	6.57	40.34	5.20	1.21	1.82	26.54	4.30
珍珠岩粉	13.70	70.13	1.15	0.26	1.56	0.97	0.76
硅微粉	2.31	92.04	0.46	0.00	0.53	0.77	2.19
铝酸钙水泥	50.10	5.60	1.89	2.31	33.27	1.05	1.51

按照表2所示的配方组成进行配料,具体是将骨料及粉料加入搅拌罐中,搅拌均匀后再加入水搅拌3 min,然后制备成160 mm×40 mm×40 mm的试样。试样经110℃烘干后分别于350、500℃和800℃保温3 h煅烧,分别测试不同试样经过不同温度热处理后的体积密度、加热永久线变化、常温抗折强度和耐压强度。制备Φ180 mm×25 mm的试样,用于测试材料的导热系数。制备Φ20 mm×100 mm的试样,用于测试材料的热膨胀率和热膨胀系数。

表2 配方组成 w/%

原料	粒度	编号		
		LV <sub>1</sub>	LV <sub>2</sub>	LV <sub>3</sub>
蛭石	4~10目、10~28目	25	29	33
珍珠岩粉	0.425~3.000 mm	5	5	5
硅微粉	—	3	3	3
铝酸钙水泥	—	67	63	59

### 1.2 性能测试

利用YB/T5 200—1993致密耐火浇注料显气孔率和体积密度试验方法检测烧成后试样的体积密度;利用GB/T 5988—2007耐火材料加热永久线变化试验方法检测烧成后试样的加热永久线变化;利用GB/T 3001—2007耐火材料常温抗折强度试验方法检测烧成后试样的常温抗折强度;利用GB/T 5072—2008耐火材料常温耐压强度试验方法检测烧成后试样的常温耐压强度;利用YB/T 4130—2005耐火材料导热系数试验方法(水流量平板法)检测试样的导热系数;利用GB/T 7320—2008耐火材料热膨胀试验方法检测试样的热膨胀系数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 试样的加热永久线变化和体积密度

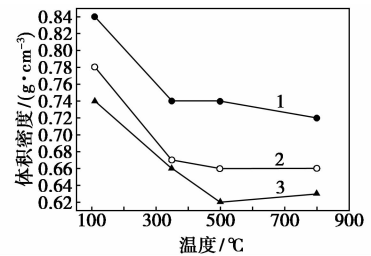
试样LV<sub>1</sub>、LV<sub>2</sub>和LV<sub>3</sub>经过不同温度热处理后

的加热永久线变化情况如表3所示。由表3可以看出,试样经过110℃烘干后,随着热处理温度的提高,3组试样的线收缩率均增大,这是由于试样中结合水逐渐排出,以及材料逐渐烧成引起的收缩。但3组试样的加热永久线变化差别不大。

表3 试样经不同温度热处理后的加热永久线变化 %

温度/℃	110	350	500	800
LV <sub>1</sub>	-0.2	-0.5	-0.6	-0.6
LV <sub>2</sub>	-0.2	-0.6	-0.6	-0.6
LV <sub>3</sub>	-0.2	-0.5	-0.5	-0.6

试样LV<sub>1</sub>、LV<sub>2</sub>和LV<sub>3</sub>经过不同温度热处理后的体积密度如图1所示。



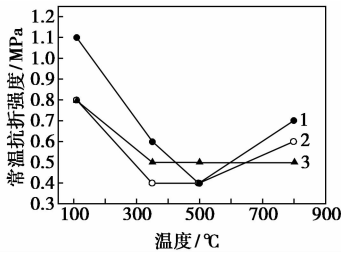
1—LV<sub>1</sub>;2—LV<sub>2</sub>;3—LV<sub>3</sub>

图1 试样经不同温度热处理后的体积密度

由图1可以看出,试样经过110℃烘干及350、500℃和800℃热处理后,3组试样的体积密度变化规律为B. D. (LV<sub>1</sub>) > B. D. (LV<sub>2</sub>) > B. D. (LV<sub>3</sub>)。因此,增加蛭石的质量分数能够降低材料的体积密度。这是由于蛭石具有吸水特性,增加蛭石的质量分数,则在材料内部存有大量的水分,当材料受热时,这些水分逸出,留下孔隙,因此含有蛭石质量分数越高的试样,体积密度越小。

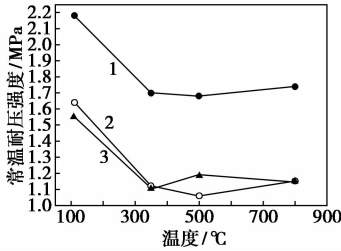
### 2.2 试样的常温抗折强度和常温耐压强度

试样经过不同温度热处理后的常温抗折强度和常温耐压强度分别如图2、图3所示。由图2中可以看出,试样经过350℃热处理后,LV<sub>1</sub>试样的常温抗折强度略大;经过500℃热处理后,LV<sub>3</sub>试样的常温抗折强度略大;经过800℃热处理后,LV<sub>1</sub>试样的常温抗折强度略大。由图3中可以看出,经过350、500℃和800℃热处理后,LV<sub>1</sub>试样的常温耐压强度均最大,而LV<sub>2</sub>试样和LV<sub>3</sub>试样的常温耐压强度相差不大。总体来说,LV<sub>1</sub>试样的常温抗折强度和耐压强度要大于LV<sub>2</sub>试样和LV<sub>3</sub>试样。这是由于LV<sub>1</sub>试样中的铝酸钙水泥质量分数较高,试样具有较高的强度;而增大蛭石质量分数后的LV<sub>2</sub>试样和LV<sub>3</sub>试样,由于蛭石是一种轻质材料,故一定程度上降低了材料的强度。



1—LV<sub>1</sub>; 2—LV<sub>2</sub>; 3—LV<sub>3</sub>

图 2 试样经不同温度热处理后的常温抗折强度

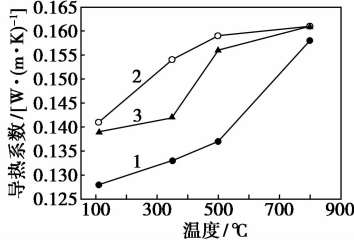


1—LV<sub>1</sub>; 2—LV<sub>2</sub>; 3—LV<sub>3</sub>

图 3 试样经不同温度热处理后的常温耐压强度

### 2.3 试样的导热系数

试样经 350、500℃ 和 800℃ 热处理后的导热系数如图 4 所示。



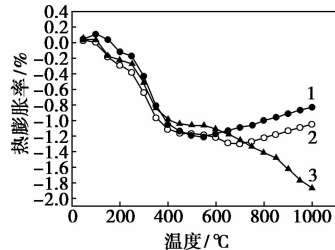
1—LV<sub>1</sub>; 2—LV<sub>2</sub>; 3—LV<sub>3</sub>

图 4 试样经不同温度热处理后的导热系数

由图 4 可以看出,3 组试样的导热系数均随热处理温度的升高而增大。在 3 组试样中,LV<sub>1</sub> 试样经过不同温度热处理的导热系数最小。

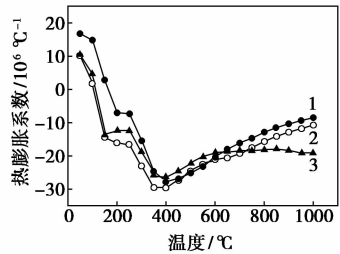
### 2.4 试样的热膨胀率和热膨胀系数

试样经过不同温度热处理后的热膨胀率和热膨胀系数分别如图 5、图 6 所示。由图 5 中可以看出,



1—LV<sub>1</sub>; 2—LV<sub>2</sub>; 3—LV<sub>3</sub>

图 5 试样经不同温度热处理后的热膨胀率



1—LV<sub>1</sub>; 2—LV<sub>2</sub>; 3—LV<sub>3</sub>

图 6 试样经不同温度热处理后的热膨胀系数

试样 LV<sub>1</sub> 和 LV<sub>2</sub> 的收缩随热处理温度的升高呈现先增大后减小的变化规律,而试样 LV<sub>3</sub> 的收缩随热处理温度的升高呈现一直增大的变化规律。由图 6 中可以看出,3 组试样的热膨胀系数均随热处理的升高呈现先减小后增大的变化规律。

综合考虑材料的加热永久线变化、体积密度、常温抗折强度、常温耐压强度、导热系数、热膨胀率和热膨胀系数等因素,确定制备氮气纯化装置用轻质隔热浇注料的最佳成分为: $w(\text{蛭石}) = 25\%$ ,  $w(\text{珍珠岩}) = 5\%$ ,  $w(\text{硅微粉}) = 3\%$ ,  $w(\text{铝酸钙水泥}) = 67\%$ 。

## 3 应用

根据上述试验结果,将研制的该轻质隔热浇注料作为外保温材料在本钢板材股份有限公司燃气厂的 2 套氮气纯化装置上进行现场试验。结果表明:该轻质隔热浇注料作为氮气纯化装置的外保温材料,使用效果良好,未发生损坏现象。并且,使用该轻质隔热浇注料后,降低了氮气纯化装置的外部温度,在实际使用中,外部温度低于 40℃,达到了降低热工设备热损失,提高热效率,降低能源消耗,节能减排的目的。

## 4 结论

轻质隔热浇注料可替代陶瓷纤维作为氮气纯化装置的外保温材料,使用效果良好,降低了氮气纯化装置的外部温度,达到了降低热工设备热损失,提高热效率,降低能源消耗,节能减排的目的。

### 参考文献

[1] International Agency for Research on Cancer (IARC). Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Man-made vitreous fibres[R]. Lyon, France, 2002, 81: 57 - 339.

[2] 胡光锁,朱永平,李政一,等. 高膨胀率高质量蛭石粉体研制— I. 热膨胀机理初探[J]. 过程工程学报, 2006, 6(2): 205 - 209.

[3] 胡光锁,李政一,朱永平,等. 高膨胀率高质量蛭石粉体研制— II. 蛭石热膨胀过程[J]. 过程工程学报, 2006, 6(5): 763 - 767. ■