

文章编号:1006-4877(2004)02-0070-02

# 浅谈耐火纤维在热处理电炉上的应用

梁丽华

(山西工程职业技术学院, 山西 太原 030009)

摘要:通过对周期式热处理电炉在炉衬结构改进前后的蓄热量和炉体重量的分析计算对比,证明了耐火纤维在周期式热处理电炉上的应用,将会给热处理电炉带来显著的节能经济效益。

关键词:周期式热处理电炉;耐火纤维;蓄热量;节能效果

中图分类号:TB35 文献标识码:A

热处理炉可分为周期式炉和连续式炉两大类。从节能方面考虑,对连续式炉,其热效率在相当大的程度上决定于炉衬的散热;而对周期式炉,其热效率在相当大的程度上决定于炉衬的蓄热损失。

我国热处理炉 95% 是周期式的,根据周期式炉要求炉膛升温快、蓄热少的特点,为了节省昂贵的电能,研究周期式炉的合理炉衬结构,对改造旧炉、制造新炉具有重要作用。

## 1 陶瓷纤维

### 1.1 热处理电炉的炉衬结构

一般炉衬通常由耐火材料层和保温材料层组成。耐火层直接承受炉内高温的作用和炉气的侵蚀;保温层起保温隔热作用,使炉壳温度不致过高。周期作业电阻炉在升温过程中炉衬的蓄热损失往往是最重要的,过多地加厚保温层会提高耐火层的平均温度而增加蓄热量,当炉子操作使用时间较短时,过厚的保温层实际上不起作用,反而增加了炉体尺寸,浪费炉衬材料。因此,周期作业电阻炉的保温层应适当减薄。

### 1.2 陶瓷纤维的特点

周期作业电阻炉所用保温材料有多种,其中新型隔热材料硅酸铝纤维<sup>[1]</sup>也叫陶瓷纤维)是目前工业中应用最普遍、产量最高、生产工艺简单、价格最便宜的耐火纤维,它是以高铝矾土或优质天然耐火黏土熟料为主要原料,在 2 000℃~2 200℃的高温下

熔化后,用高速空气或蒸气流喷吹制成的。陶瓷纤维除了柔软、易加工,使施工方便、劳动强度降低以外,还具有耐高温(1 000℃以上)、热导率低(为轻质黏土砖的 38% 左右)、重量轻(体积密度是一般黏土砖的 1/10~1/20,是轻质黏土砖的 1/5~1/10)、化学稳定性好、热容量小、热震稳定性好,可以快速升降温,加热时间短,烘炉时间短,甚至不烘炉等特性,因此受到国内外广泛的重视,在热处理炉上得到了广泛的应用,开辟了炉体材料的新局面。陶瓷纤维的缺点是在大气氛围下长期加热时,存在高温析晶现象(析出莫来石晶体,并随温度升高而增加和长大),使其结构强度弹性下降,产生收缩,甚至粉化;并且在有关砌炉技术和电热元件安装方面也存在一些问题,加之造价较高,因此,目前还没有广泛地应用。

### 1.3 热处理电炉炉衬结构改进前后蓄热损失对比

以某厂中温箱式电炉为例进行剖析。已知,某厂中温箱式电炉的现有平壁炉墙结构是耐火层用厚度 115 mm 的 QN—0.6 轻质黏土砖;保温层用厚为 115 mm 的 B 级硅藻土砖(密度为 0.55 g/cm<sup>3</sup>)和厚 132 mm 的矿渣棉(密度为 0.2 g/cm<sup>3</sup>)。并测知炉膛温度 950℃,炉壳合理温度 60℃,车间温度 20℃。

若上述炉墙采用体积密度为 120 kg/m<sup>3</sup> 的硅酸铝耐火纤维单层炉衬,其炉墙厚度和蓄热量都将发生改变。

#### 1.3.1 确定原有炉衬界面温度

QN—06 轻质黏土砖  $\lambda_1 = 0.165 + 0.194 \times 10^{-3} t, W/(m \cdot ^\circ C)$ 。

B 级硅藻土砖  $\lambda_2 = 0.131 + 0.23 \times 10^{-3} t, W/(m \cdot ^\circ C)$ 。

矿渣棉  $\lambda_3 = 0.07 + 0.16 \times 10^{-3} t, W/(m \cdot ^\circ C)$ 。

故  $\lambda_{01} = 0.165, b_1 = 0.194 \times 10^{-3}$ ;

收稿日期:2004-03-09;修回日期:2004-03-16

作者简介:梁丽华(1965—),女,山西交城人。1988 年 7 月毕业于北京科技大学,讲师。

$$\lambda_{02}=0.131, b_2=0.23 \times 10^{-3};$$

$$\lambda_{03}=0.07, b_3=0.16 \times 10^{-3}。$$

当  $t_4=60^\circ\text{C}$  时, 查表得炉墙外表面面对车间的综合换热系数是  $\alpha_2=12.17 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ ,

$$\text{故 } q=\alpha_2(t_4-t)=12.17 \times (60-20)=486.8 \text{ W/m}^2。$$

界面温度  $t_2 \in [1/b_1] \{-\lambda_{01} \in [\lambda_{01}^2+2b_1(0.5b_1t_1^2+\lambda_{01}t_1-qS_1)]^{1/2} \in [1(0.194 \times 10^{-3})] \} \{-0.165+[0.165^2+2 \times 0.194 \times 10^{-3}(0.5 \times 0.194 \times 10^{-3} \times 950^2+0.165 \times 950-486.8 \times 0.115)]^{1/2}\}=782^\circ\text{C}; t_3 \in [1/b_2] \{-\lambda_{02} \in [\lambda_{02}^2+2b_2(0.5b_2t_2^2+\lambda_{02}t_2-qS_2)]^{1/2} \in [1(0.23 \times 10^{-3})] \} \{-0.131 \in [0.131^2+2 \times 0.23 \times 10^{-3}(0.5 \times 0.23 \times 10^{-3} \times 782^2+0.131 \times 782-486.8 \times 0.115)]^{1/2}\}=588^\circ\text{C}。$

### 1.3.2 确定原有炉衬 $1 \text{ m}^2$ 侧墙的蓄热量

轻质黏土砖、硅藻土砖和矿渣棉在  $1 \text{ m}^2$  侧墙上所占的重量分别为:  $G_1=0.115 \times 600=69 \text{ kg}; G_2=0.115 \times 550=63.3 \text{ kg}; G_3=0.132 \times 200=26.4 \text{ kg}。$

它们的平均比热容分别为:  $C_1=0.836+0.263 \times 10^{-3} \times 0.5 \times (950+782)=1.06 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ ,  $C_2=0.837+0.251 \times 10^{-3} \times 0.5 \times (782+588)=1.0 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ ,  $C_3=0.75 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ 。

蓄热量公式:  $Q=G \cdot C \cdot t$ 。各层的蓄热量之和:  $Q_{\text{原}}=109\ 990 \text{ kJ}。$

### 1.3.3 确定改造后炉衬厚度和 $1 \text{ m}^2$ 侧墙的蓄热量

硅酸铝耐火纤维炉衬的平均热导率为:

$$\lambda_m=0.032+0.21 \times \{[(950+60)/2] \times 10^{-3}\}^2$$

$$=0.086 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}。$$

由此得出耐火纤维炉衬的平均导热厚度为:

$$S_{\text{现}} \in [\lambda_m/q] \times (t_1-t_2) \in [0.086/486.8] \times (950-60)=157 \text{ mm},$$

则  $1 \text{ m}^2$  炉墙的重量为  $G=S_{\text{现}} \cdot \rho \cdot f=0.157 \times 120 \times 1=18.84 \text{ kg}。$

若耐火纤维的平均热容按  $C=1.1 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$  计算, 则

相应的蓄热量为

$$Q_{\text{现}}=G \cdot C [(t_1+t_2)/2]-20=18.84 \times 1.1 \times [(950+60)/2]-20=10\ 051 \text{ kJ}。$$

### 1.3.4 炉衬改进前后情况对比

#### 1) 炉衬厚度

$$S_{\text{原}}=S_1+S_2+S_3=362 \text{ mm}, S_{\text{现}}=157 \text{ mm}。$$

现在比原来的厚度减薄 56.7 %。

#### 2) 蓄热量

$$Q_{\text{原}}=109\ 990 \text{ kJ}, Q_{\text{现}}=10\ 051 \text{ kJ}。$$

现在比原来蓄热量减少 90.8 %。

#### 3) 炉子重量

$$G_{\text{原}}=G_1+G_2+G_3=158.7 \text{ kg}, G_{\text{现}}=18.84 \text{ kg}。$$

现在比原来减轻 88 %。

#### 4) 电炉升温时间

$$T_{\text{原}}=2.5 \text{ h}, T_{\text{现}}=1.45 \text{ h}。$$

升温时间下降 42 %。

## 2 结论

电炉使用陶瓷纤维材料代替传统的耐火砖作炉衬使得炉衬减薄近一半, 蓄热量大大减少, 炉重大大减轻, 炉子升温时间下降近一半, 空载损耗功率下降 20 %~25 %, 节能 10 %~30 %。

总之, 耐火纤维是一种高效节能炉衬材料, 尽管它易粉化, 并且在使用时还存在一些问题, 但因热惰性小, 所以, 应受到广泛重视, 并作为今后周期作业电阻炉节能的一个方向。

参考文献:

- [1] 曾祥模. 热处理炉[M]. 陕西: 西北工业大学出版社, 2000.
- [2] 刘景林, 韩行禄. 耐火材料应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000.

(责任编辑 王雅利)

## Talking about the Application of Fireproof Fibre to Heat Treatment Electric Stove

Liang Lihua

(Shanxi Professional Project Technology College, Taiyuan 030009, China)

**Abstract:** In the article we do some analysis, count and contrast on the change of period-mode heat treatment electric stove's accumulation of heat capacity and stove weight and the furnace lining's structure of it has been improved on. Result shown that the application of fireproof fibre in period-mode heat treatment electric stove will bring remarkable effect in saving energy.

**Keywords:** period-mode heat treatment electric stove; fireproof fibre; accumulation of heat capacity; saving energy effect