

# 硅钼棒电炉的设计与制造\*

贾英全\*\*

(东北大学, 沈阳 110006)

**摘要:** 本文叙述了硅钼棒电炉的设计和制造方法。该炉的特点是既可在空气下使用, 又能在保护气氛下使用。文中指出了使用该炉过程中要注意的问题。

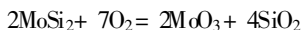
**关键词:** 硅钼棒; 电炉; 设计; 制造

**中图分类号:** TM924.3      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1001- 9642(2000) 05- 0027- 02

## 1 前言

随着我国科学技术事业的高速发展, 对各种材料性能的要求愈来愈高, 很多特种陶瓷材料的烧结需要在较高的温度下 (> 1500 °C) 进行, 往往还需要不同的烧结气氛, 一般硅碳棒电炉已不能满足需要。因此作为研究特种陶瓷的人员来说, 多气氛硅钼棒电炉是必不可少的设备。

硅钼发热体是一种以  $\text{MoSi}_2$  为主体的电阻发热元件。该元件在氧化气氛下加热到 1200 °C 以上时, 发生如下反应:



气态的三氧化钼挥发掉, 二氧化硅则附着在元件的表面上, 生成致密的石英玻璃膜, 从而保护元件不再氧化。因此硅钼棒发热体的抗氧化性很好, 在氧化气氛下最高可使用到 1700 °C。硅钼棒发热体的电阻不象硅碳棒那样随使用的时间增加而增加, 因此可以新旧混合使用。硅钼棒的缺点是在低温时脆性较大, 因此在组装电炉时需要小心。

## 2 硅化钼电炉炉体的设计和组装

### 2.1 选择炉型

炉型分为圆筒型和箱型, 圆筒型又分为立式和卧式, 本设计是选择立式圆筒型(见图 1)。

### 2.2 选择耐火炉管和保温材料

由于该电炉经常工作在 1550 °C 以上, 因此内炉管选择刚玉管, 外套管选择高铝材料, 高铝套管外的保温砖采用高铝砖, 电炉的外壳用 3mm 厚的钢板焊成。

### 2.3 确定电炉外壳尺寸

电炉外壳尺寸是通过外壳体积与炉膛体积之比来确定的, 本炉采用的体积比是:  $V_{壳}/V_{膛} = 15$

### 2.4 确定硅钼棒的规格和数量

本炉采用“U”型加热元件(见图 2), 其规格为  $\phi 6/12$ , 即发热端直径为 6mm, 冷端直径为 12mm, 冷端中心距为 50mm。硅钼棒的冷热端长度由下面公式得出:

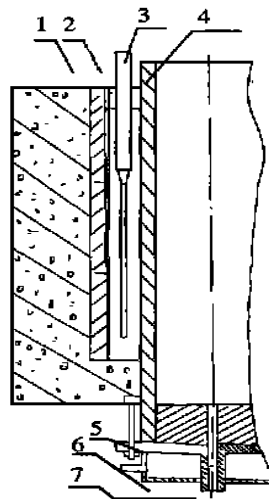


图 1 炉体结构

Fig. 1 Construction of the stove

1—高铝砖; 2—高铝套管; 3—硅钼棒; 4—刚玉管;  
5—密封垫; 6—进水管; 7—进气管

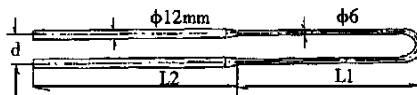


图 2 硅化钼发热体的形状

Fig. 2 shape of  $\text{MoSi}_2$  heater

$$L_{冷} = H_{顶} + 80\text{mm}; L_{热} = H_{膛} - 30\text{mm}$$

其中:  $L_{冷}$ ——硅钼棒的冷端长, mm;

$L_{热}$ ——硅钼棒的热端长, mm;

$H_{顶}$ ——炉顶的保温层厚度, mm;

$H_{膛}$ ——炉膛的高度, mm。

硅钼棒的数量由下面公式确定:

$$M = Q_{膛} \times S_{膛}/W$$

其中: M ——硅钼棒支数;

\* 收稿日期: 1999- 06- 22

\*\* 作者简介: 贾英全, 工程师

$Q_{膛}$  ——炉膛内表面负荷,  $W/cm^2$ ;

$S_{膛}$  ——炉膛内表面积,  $cm^2$

$W$  ——每支硅钼棒在高温下的功率,  $W$

$Q_{膛}$  可按经验数据, 在上述条件下可取:  $Q_{膛} = 2W/cm^2$ 。

### 2.5 支撑夹头和导线夹头的安装

硅钼棒采用吊装法(见图3), 硅钼发热体是大电流元件, 为保证良好的接触, 本电炉采用如图4所示的导线夹头, 导线使用铝排。初次装炉时要格外小心, 每个螺丝不要拧的太紧, 待加热元件升到  $1400^{\circ}C$  后, 使炉温降下来, 再次将螺丝拧紧。

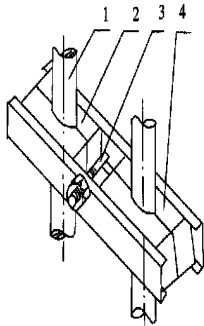


图3 支承卡头示意图

Fig. 3 Sketch map for sustaining clip

1—硅钼棒; 2—绝缘子; 3—紧固螺丝; 4—铁卡子

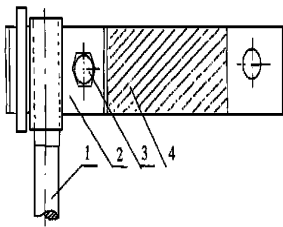


图4 导线夹头

Fig. 4 clip for conducting line

1—硅钼棒; 2—夹具; 3—紧固螺钉; 4—铝排

我们自制硅钼棒电炉的炉膛体积  $V_{膛} = 8800cm^3$ , 根据前面叙述过的公式算出下面参数:

炉壳体积:  $V_{壳} = 8800 \times 15 = 132000cm^3$ ;

硅钼棒冷端长度:  $L_{冷} = 25cm$ ;

硅钼棒热端长度:  $L_{热} = 30cm$ ;

硅钼棒的支数和连接方式: 6只串联。

结果烧结时需用保护气氛, 可将图1中刚玉管的上部安装上带冷却水套和出气孔的密封头即可(见图1中刚玉管的下部)。

### 3 炉温自动控制单元的设计

由于硅钼棒电阻随着温度变化而变化, 常温下阻值很小, 六只棒串联后仅为  $0.06$  欧姆左右。属于电流控制元

件, 而加热功率由于其电阻特性有一定的自控作用, 所以实现自动控温是较容易的。本电炉采用可控硅作为交流调压器, 来控制电源变压器的初级, 如图5所示。电源为交流  $220V$ , 此电路变压器初级电流小, 虽然是用可控硅作控制元件, 因功率因数较高, 且不恶化电网, 和用直接控制硅钼棒的可控硅交流调压器相比, 具有一定的优越性。

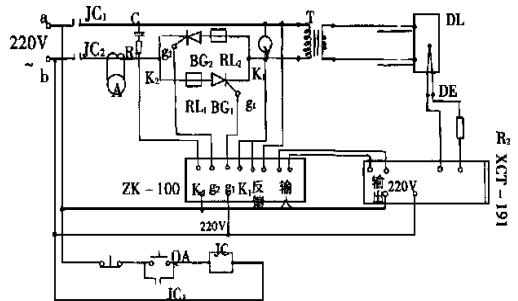


图5 可控硅交流调压器电器原理图

Fig. 5 Principle map for alternating current voltage changer of silicon controlled rectifier

Jc—交流接触器; BG<sub>1</sub>, BG<sub>2</sub>—可控硅; T—电源变压器; DL—硅钼棒电炉; DE—热电偶; ZK-100—可控硅电压调整器; XCT-191—动圈式温度仪表。

### 4 电炉调试情况

电炉炉体和控制单元安装完毕后, 先不要将电源变压器的输出端接到电炉的发热体上。首先试验控制电路, 检查交流接触器的动作情况和“ZK-100”、“XCT-191”的电源是否正常。无问题后再把电源变压器的输出端子接到电热器上, 把“ZK-100”上的“手动-自动”开关拨向“手动”位置并将“手动”调节旋钮置到零位。然后按下电源接通按钮QA, 将“ZK-100”的电源接通并缓慢调节“手动调节”旋钮, 此时电流表和电压表均有指示, 电炉开始升温, 当炉温接近工艺所要求的温度时, 将“手动-自动”开关拨向“自动”位置, 电炉即进入自动控制状态。

### 5 自制硅钼棒电炉的升温记录

时间	电压(V)	电流(A)	炉温(°C)
7:0	40	100	
8:45	60	120	690
9:30	90	160	990
10:00	100	170	1150
10:30	100	165	1250
11:00	120	175	1340
11:30	140	180	1420°C
12:50	140	175	1550°C

通过几年使用证明, 该电炉控温性好, 造价低, 使用方便, 是无机材料行业的理想烧结设备。