

钨铜高温导电封接材料的研究

肖尊文

(景德镇陶瓷学院)

摘 要

本文利用钨粉等材料研制成一种高温导电封接材料,具有电阻值低、导电性好、封接强度好的特点,可用作航空电嘴等领域,使用温度达 800℃。

关键词 导电材料,电阻值,航空电嘴,封接

STUDY ON THE HIGH - TEMPERATURE TUNGSTEN - COPPER CONDUCTIVE MATERIALS FOR SEALING

Xiao Zunwen

(Jingdezhen Ceramic Institute)

Abstract

A high - temperature conductive material for sealing has been developed by using tungsten powder in terms of low resistance, superior conductivity and high sealing strength. It can be used as a high - temperature conductive sealing material for aircraft ignitor at the service temperature of 800℃.

Key words conductive materials, specific resistance, aircraft ignitor, sealing

1 引 言

有许多情况,例如航空电嘴,它是在航空发动机上用于点燃燃油混合气,工作环境温度达 800℃,发动机内燃气压力很高,有的高达几十个大气压。在这种情况下,不允许发动机内的燃气通过电嘴流入飞机中。因此,电嘴内部不能有漏气情况出现,电嘴中电极连接要通过高温导电封接材料(有的也叫导电密封胶)来连接。这种情况要求导电密封胶具有较小的电阻值(小于 0.05Ω),而且密封性能要好;既要与金属材料粘结牢固,又要与陶瓷(一般为 95 瓷)粘结紧密,这就有其

难度性。本项目研制的钨铜高温导电密封胶能够满足这些条件。

对这种高温导电密封胶研究的关键,一是要配制合适的玻璃料(有的也叫玻璃封口胶),二是要选择合适的导电粒子。当然要获得电阻值小的导电材料,可以通过选择银粉等一类的高导电性的贵金属粒子来达到。但银粉较贵,而且性软,不适用。此外,也可采用炭黑等材料来制取,但其粘结性差,强度也低,也不容易获得高导电性的封接材料。本研究选用以钨粉、铜粉为主的导电粒子,研制成高温导电密封胶,经测试和实际使用,性能良好,能满足使用要求。不仅可用作航

收稿日期:1996 - 08 - 11

通讯联系人:肖尊文,景德镇陶瓷学院材料工程系,333001

空电嘴的高温导电密封胶,也可以在类似的其他场合下使用。

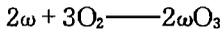
2 实验

2.1 原料与处理

钨粒,采用 ωO_3 (c、p),在 H_2 气氛中(1000~1200℃)经还原处理得到具有金属光泽的、粒度为 0.05~0.3mm 的钨粉作导电粒子,反应式如下:



如果是采用市售钨粒,需要先经氧化(800℃左右),然后按上述方法,经还原处理得到金属光泽的钨粒才能使用,反应式如下:



铜粉,为市售一种暗红色的粉料,粒度为 200 目。

玻璃料,是根据实际需要配制成合适温度的玻璃料。经熔融、急冷、湿法磨细,过 250 目筛,烘干,待用。

2.2 工艺方法

按一定的配比称料,将钨粉、铜粉、玻璃料混合均匀,根据实际需要量(也可压成料块),放置于所需要的封接部位,经高温熔融(也可采用高频加热器加热),冷却后,达到固结、密封和导电的目的。

3 结果与讨论

3.1 性能

钨铜高温导电密封胶在实际使用时,经测定,其主要性能列于表 1。

表 1 钨铜高温导电密封胶的性能

Table 1 Properties of tungsten - copper high temperature conductive sealing

| 常温电阻 (Ω) | 高温电阻 (800℃)(Ω) | 抗拉强度 (MPa) | 膨胀系数 (20~800℃) |
|----------------------|----------------------------|---------------|---|
| 0.0001~0.05 | 0.001~0.05 | >50MPa | $6.8\sim 8.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ |

3.2 装机试验

高温导电密封胶曾用于航空电嘴,装于涡喷发动机长期试车,装于歼 - X 飞机上,经飞行试验,性能良好,无松动、脱离现象,使用正常。

3.3 讨论

高温导电密封胶实际上是一种复合导电材料,它是由玻璃料和导电粒子按一定的配比混合,经高温熔融,冷却后形成的。对于导电机理,目前有两种解释:一种解释是由于导电粒子,在玻璃料中形成导电链,电

子通过导电链形成导电;另一种是隧道效应,是由于玻璃料在导电粒子表面形成一层很薄的膜,也就是形成势垒,当非常薄时,可以通过势垒形成导电。对于高温导电密封胶的导电机理,应用导电链来解释更为合理,它具有正电阻温度系数,如图 1 所示。

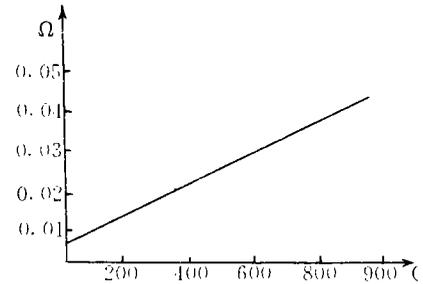


图 1 导电密封胶加热时的电阻变化示意图

Fig. 1 Change of resistance when conductive sealing is heated

从图 1 可以看出,在工作温度下(800℃以下),其电阻的变化呈线性关系,在 0.05Ω 之内,对使用无多大的影响。

3.4 钨粉的影响

钨粉是比较关键的材料,它是形成导电链的主要成份。

ωO_3 在 H_2 气氛中还原处理时, H_2 的浓度要大于 95%,温度为 1000~1200℃,时间为 6~8 小时,获得钨粉最为实用,0.05~0.3mm 的粒度达 80% 以上,而且具有金属的光泽。如果温度太高,时间过长,则钨粉颗粒过粗,一般都超过 0.5mm。如果温度过低,即钨粉颗粒太细,在 0.1mm 以下,没有金属的光泽。表(2)为用几种不同情况处理的钨粉对电阻的影响情况。

出现以上不同的结果,这是由于经几种不同情况处理的钨粉,其表面状态不一样的原因所至。

当然钨粉的加入量不同,其电阻值也不同。在一定的范围内,电阻值是随钨粉的增加而减小的(如图 2 所示)。

从图 2 可以看出,钨粉的加入量在 60~80% 时,电阻值最小;大于 80%,小于 60% 时,电阻值都偏大。

3.5 铜粉的影响

从实际结果来看,加入一定量的铜粉,对封接性和导电性有利。铜粉的加入主要在钨粉粒子间起填充作用,有利于导电链的形成。但加入量太多或太少,又会影响到导电胶的结合强度和导电性。铜粉太多,导电

表 2 几种不同情况处理的钨粉对电阻的影响

Table 2 Influence of tungsten powder treated in different conditions on resistance

| 项 目 | 市售钨粉 (无金属光泽) | 700℃ 还原处理 的钨粉(无 金属光泽) | 1100℃ 还原处理 的钨粉(有金属 光泽) |
|---------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------|
| 加入量(%) | 70 | 70 | 70 |
| 封装温度 (℃) | 870 | 870 | 870 |
| 电阻值 (Ω) | >10 | >0.05 | <0.05 |

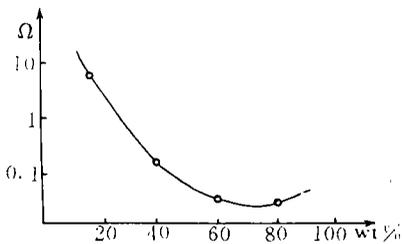


图 2 钨粉的不同加入量对电阻值影响示意图

Fig.2 Influence of tungsten powder of different contents on resistance value

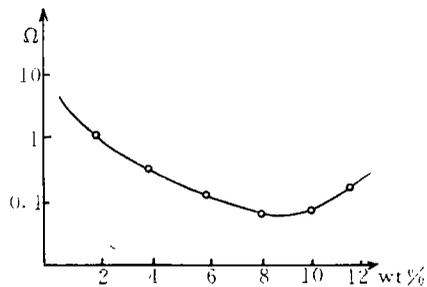


图 3 铜粉的不同加入量对电阻的影响示意图

Fig.3 Influence of copper powder of different contents on resistance value

胶性质偏脆,电阻值增大;太少则填充性较差,但电阻值也增大(如图 3 所示)。

另外,对市售铜粉,应选择暗红色的,即北京产。有一种粉红色的铜粉,效果不好,如表 3 所示。

3.6 玻璃料的影响

玻璃料也是关键材料之一,它影响到使用温度、导电性和结合强度。玻璃料的封接温度要高于使用温度

表 3 不同铜粉的电阻大小

Table 3 Resistance values of different tungsten powders

| 粉红色铜粉 | 暗红色铜粉 |
|------------------|----------------------|
| 1~20(Ω) | 0.05~0.1(Ω) |

50~80℃, 否则,在工作温度下会熔化、松动。

玻璃料过多,即粘结强度提高,但电阻值增大;玻璃料过少,则粘结强度降低,也不利于形成导电链,电阻也会增大,如图 4 所示。

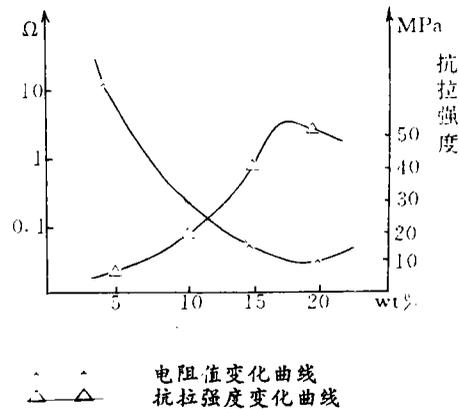


图 4 玻璃料的不同加入量对电阻值和抗拉强度的影响

Fig.4 Influence of Glass powder of different contents on resistance value and tensile strength

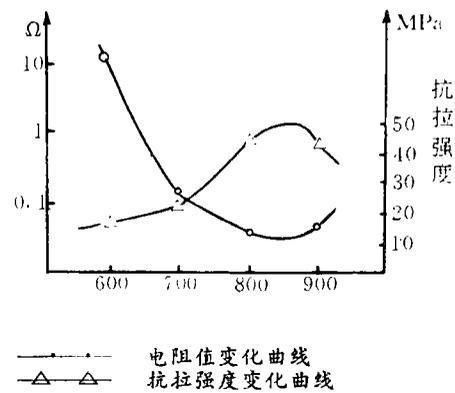


图 5 封接温度对电阻值和抗拉强度的影响

Fig.5 Influence of sealing temperature on resistance value and tensile strength

从图 4 可以看出,玻璃料的加入量在 16~22% 之间较好。当然要提高导电密封胶的工作温度,即可通过调整配方,提高玻璃料的熔融温度来达到。反之,可

以获得低工作温度的导电密封胶。

3.7 封接温度的影响

在确定了组成的情况下,封接温度对导电性和封接强度也都有影响。图5为不同封接温度时的导电性和强度示意图。

从图5可以看出,封接温度较低时(750℃以下),这时胶料没有完全玻化,也不能很好地形成导电链。因此抗拉强度低,电阻值增大,与金属和陶瓷的结合性不好。封接温度偏高时,玻璃料会流失,结果其强度降低,电阻值也增大。最好的封接温度是850~880℃。

3.8 封接中的处理

对被封接的材料,如金属和陶瓷件等,在封接前要清洗干净,防止表面有油污,如果存在的话,封接后会影 响封接效果和导电性。

3.9 膨胀系数的适应性

陶瓷体(一般为95瓷)、金属件(为不锈钢)和导电封接胶三者之间的膨胀系数的适应性是非常重要的,否则会影响到封接性能和导电性。表4为金属材料、陶瓷材料和导电密封胶的膨胀系数。

表4 不同材料的膨胀系数比较表

Table 4 Expansion coefficients of different materials

| 金属材料的膨胀系数(20~800℃) | 陶瓷(95Al ₂ O ₃)的膨胀系数(20~800℃) | 导电密封胶的膨胀系数(20~800℃) |
|----------------------------|---|-----------------------------|
| 8~10.5×10 ⁻⁶ /℃ | 6.3~7.4×10 ⁻⁶ /℃ | 6.8~8.2×10 ⁻⁶ /℃ |

从表4上的数据可以看出,导电密封胶的膨胀系数介于金属和陶瓷之间,是比较相适应的。

4 结 论

(1)利用钨粉和铜粉,与玻璃料按一定比例相配合,可以获得电阻值为0.0001~0.05Ω、使用温度为800℃的高温导电密封胶。其配方范围为:钨粉68~78%;铜粉7~10%;玻璃料16~22%。玻璃料的配方范围为:硼酸25~28%;Al₂O₃8~11%;PbO₂30~34%;高岭土10~13%;MgO1~3%;钾长石5~6%;SiO₂7~10%;Li₂O2~3%。

(2)只要通过配制不同温度的玻璃料与一定的钨铜导电粒子相配合,即可获得不同使用温度的导电密封胶。

(3)高温导电密封胶既能作为航空电嘴的高温导电密封材料,又可以在类似的其他场合下使用。

主要参考文献

- 1 金属——陶瓷译文集.国防工业出版社,1965
- 2 库列巴金等著.飞机的电点火,加温和照明系统.国防工业出版社,1963
- 3 叶青等.掺石墨水泥基导电材料的物理性能研究.硅酸盐通报,1995,(6)
- 4 邱碧秀编著.电子陶瓷材料.世界图书出版公司,1990