

热敏电阻温度传感器烧结密封工艺研究

董雪 耿亚璋 兰玉岐

(北京航天试验技术研究所, 北京 100074)



摘要: 采用压坯后的玻璃粉与球头座烧结, 烧结产物作为密封体用来生产快速响应裸露感温点低温、高压热敏电阻温度传感器, 通过扫描电子显微镜 (SEM) 分析玻璃烧结体的形貌, 利用国防计量标准测量传感器的精度, 振动台和高压气源分别测试传感器的耐振性和气密性, 最终确定最佳烧结工艺参数。

关键词: 烧结; 密封; 热敏电阻温度传感器; 工艺

Research on Technics of Sintering and Seal for Thermistor

Dong Xue Geng Yazhang Lan Yuqi

(Beijing Institute of Aerospace Testing Technology, Beijing 100074)

Abstract: Glass dust which was impacted with ball were sintered. The sintering product as airproof parts was used to produce thermistor which can response quickly and used in the condition of low temperature and high pressure. SEM analysed the morphology of airproof parts, and national defence measurement standard measured the precision. The vibration strength and air tightness of thermistor were measured by shaking table and high pressure gas. Finally made certain the parameters of technics.

Key words: sintering; seal; thermistor; technics

1 引言

低温、高压热敏电阻温度传感器是航天领域温度测量系统的关键, 密封是此类温度传感器生产过程中的关键工序, 其效果的好坏直接影响到温度测量的可靠性、准确性和使用的安全^[1,2]。目前低温、高压温度传感器采用的是填充密封结构。在新型号试验中, 此结构温度传感器屡次出现泄漏现象, 无法保证测量数据的真实性和有效性, 为确保测试数据的准确、可靠及安全, 急需研制出满足试验需求, 能够承受低温高压强振动的新型热敏电阻温度传感器。

2 分析与策划

如图 1 所示, 温度传感器中起到密封作用的部位为两部分, 一是密封胶, 二是密封压紧块。结合环境

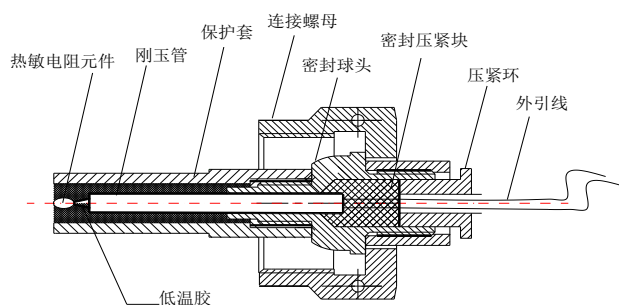


图 1 热敏电阻温度传感器结构图

特点进行分析, 可知密封压紧块和传感器壳体材料之间的膨胀系数不同, 导致低温高压下密封性能降低, 高压及强振动使密封压紧块密封性能失效。试验室通过对中科院、东华大学等单位的咨询和走访, 通过比较低温试验技术指标及生产周期, 提出将玻璃粉末烧结技术应用在温度传感器密封结构上的设想。玻璃烧

作者简介: 董雪 (1985-), 双学士学位, 计算机科学与技术专业; 研究方向: 温度计量、传感器研发。

收稿日期: 2013-04-28

结体的化学和物理稳定性好，可以大批量生产，提高工作效率，减少生产成本。烧结体的物理和化学性能主要取决于烧结过程控制和玻璃粉末组成，经过大量的调研工作，最终选择复合材料玻璃粉为原料进行试验。

3 试验

3.1 烧结试验材料及设备

采用玻璃烧结体代替四氟密封压块，密封体改进前后对比图见图 2。烧结前先穿入引线，将玻璃粉加适量粘合剂进行压坯，成型后的坯体在马弗炉 200℃ 下进行预烧，分解掉粘合剂，放入去除表面油污的球头座中，利用专用工装在真空烧结炉中进行烧结。

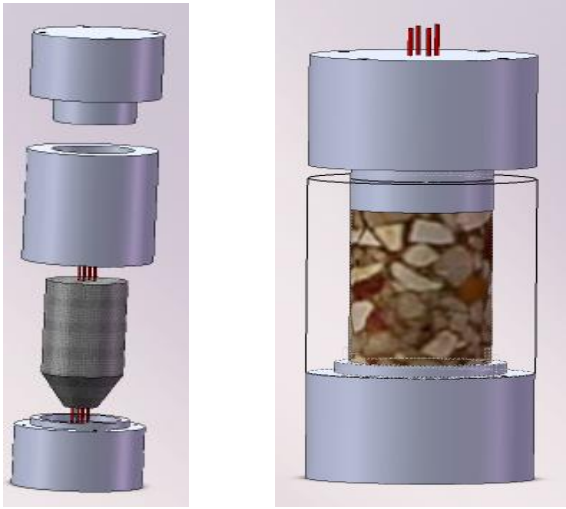


图 2 密封体对比图

烧结工艺的时间和温度对烧结体有着十分重要的影响。烧结温度过低，玻璃熔体的粘度会变大，导致传质过程进行缓慢，获得高致密性烧结体十分困难，烧结温度过高，会引起烧结体较大的尺寸变化，甚至变形^[2~4]。从工业生产的角度考虑，烧结温度和烧结时间对烧结体起到关键作用，因此选取合适的烧结温度和时间十分重要^[5, 6]。试验室根据经验及不同温度条件下烧结样品的特征，总结出四种控温过程：

控温程序 1: 室温 50min 升至 470℃，保温 60min，自然降至室温；

控温程序 2: 室温 50min 升至 500℃，保温 60min，自然降至室温；

控温程序 3: 室温 20min 升至 200℃，保温 120min，之后 30min 升至 500℃，保温 60min，自然降至室温；

控温程序 4: 室温 20min 升至 200℃，保温 120min，之后 30min 升至 520℃，保温 60min，自然降至室温。

3.2 玻璃烧结体形貌测试

采用扫描电子显微镜（SEM）对四种烧结控温程序烧结后球头座断面的形貌进行测试，跟据形貌确定最佳控温烧结程序。

3.3 精度测量

利用国防计量标准（标准套管铂电阻温度计标准装置）对用四种控温程序烧结的 8 支热敏电阻温度传感器样品分别在 90K、77K 进行精度测量。

3.4 振动试验

加速度为 30g，压力 25MPa，分别在 x、y 方向进行正弦、随机振动，时间为 10min。

3.5 气密试验

将传感器连接在专用接管嘴上，在室温下用氦气加压至 25MPa，置于水槽中保压 5min，记录气泡数。

4 结果与讨论

4.1 形貌分析结果

四种控温程序烧结出的温度传感器中，每一种控温程序烧结的样品随机选择 1 支，利用扫描电子显微镜（SEM）对四种控温程序烧结后球头座断面进行 200 倍影像扫描，不同控温程序烧结体的 SEM 图见图 3。

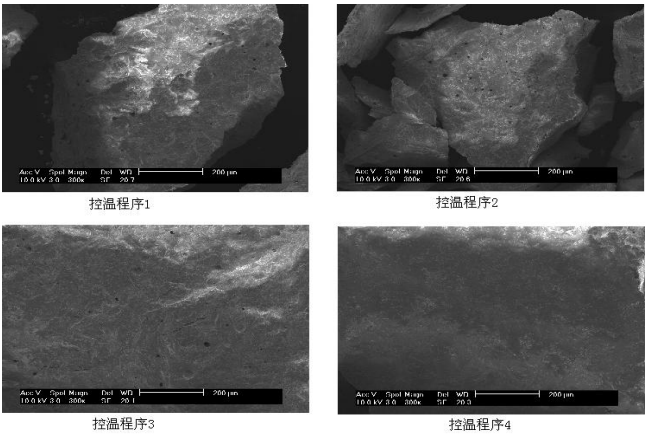


图 3 不同控温程序烧结体的 SEM 图

控温程序 1 烧结的玻璃粉没有完全结晶，烧结体密度不够；控温程序 2、3 烧结的玻璃体气孔较多，烧结体密度不够；控温程序 4 烧结的玻璃粉结晶度最好，晶粒致密，气孔率低。

4.2 精度测量结果

利用国防计量标准对 8 只不同控温程序下烧结出的温度传感器分别在 90K 和 77K 进行校准，用下式计算被校准热敏电阻温度传感器的电阻值对应的温度值：

$$T = T_i - [R_i(T) - R(T)] / (dR/dT)_i$$

式中： T ——根据电阻值计算出的温度值，K； $R(T)$ ——校准点附近测得的电阻值，k Ω ； $R_i(T)$ ——被校准传感器分度表中校准点附近温度为 T_i 时的电阻值，k Ω ； $(dR/dT)_i$ ——利用分度表查得校准点附近的电阻值灵敏度，k Ω /K； T_i ——被校准传感器分度表中校准点附近的温度，K；

利用标准套管铂电阻温度计测得实际温度值 T_0 和计算温度值 T 的差值——温度偏差 d 判断传感器合格与否。结果如表 1、表 2。

表 1 热敏电阻温度传感器在 90K 时的精度值

样品号	控温程序	电阻测量值 $R/k\Omega$	计算温度值 T/K	偏差 d/mK
标准测量温度 T_0 : 90.1763K				
1	1	46.2663	90.2147	38.4
2		58.4493	90.2290	52.7
3	2	60.5694	90.1923	16.0
4		50.3870	90.1927	16.4
5	3	45.1672	90.1897	13.4
6		51.8930	90.1803	6.7
7	4	47.9949	90.1921	15.8
8		54.1678	90.1703	-6.0

表 2 热敏电阻温度传感器在 77K 时的精度值

样品号	控温程序	电阻测量值 $R/k\Omega$	计算温度值 T/K	偏差 d/mK
标准测量温度 T_0 : 77.2908K				
1	1	187.7410	77.2766	14.3
2		206.6860	77.2640	-26.8
3	2	237.4082	77.2910	-29.6
4		203.4569	77.2694	-21.4
5	3	177.8257	77.2720	-18.8
6		206.5442	77.2708	-20.0
7	4	194.4190	77.2784	-12.4
8		234.3958	77.2868	-4.0

根据以上试验数据得到，在不同控温程序下烧结的 8 支热敏电阻温度传感器在 90K 和 77K 温度下测试电阻值的变化，见图 4。不同控温程序下烧结的热敏电阻温度传感器在 77K 和 90K 引起的温度偏差见图 5、图 6。

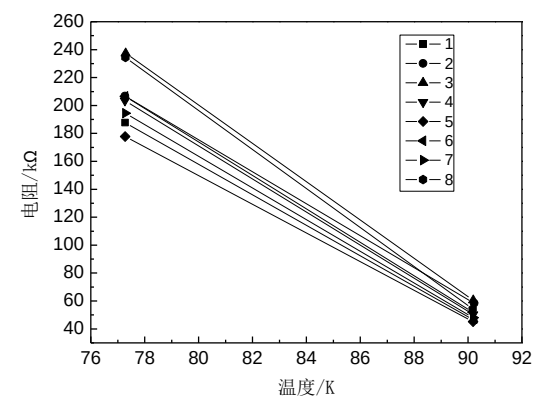


图 4 热敏电阻温度传感器在 90K 和 77K 的电阻值

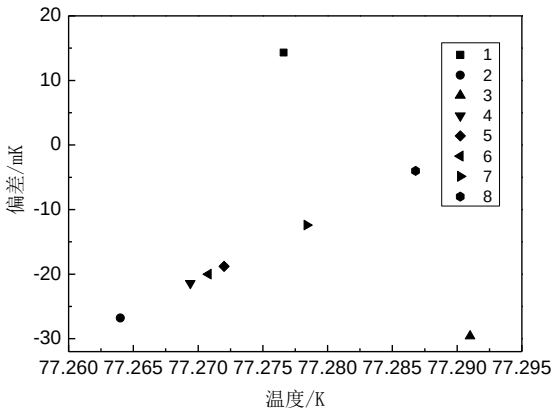


图 5 热敏电阻温度传感器在 77K 的温度偏差

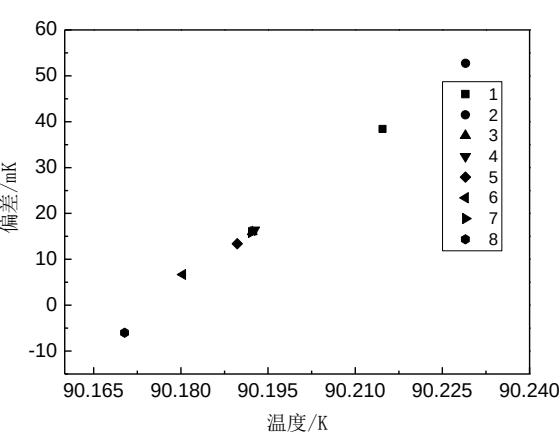


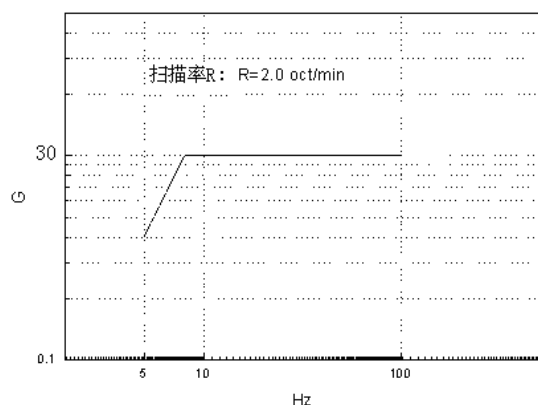
图 6 热敏电阻温度传感器在 90K 的温度偏差

烧结对传感器精度影响的最大正偏差为 52.7mK，最小负偏差为 -29.6mK，而标准 Q/Sd 21—2008《火箭发动机试验用热敏电阻温度传感器校准规范》规定热敏电阻温度传感器 A 级精度为 $\pm 100mK$ ，B 级精度为 $\pm 200mK$ ，可见此种方法烧结影响小于精度指标。

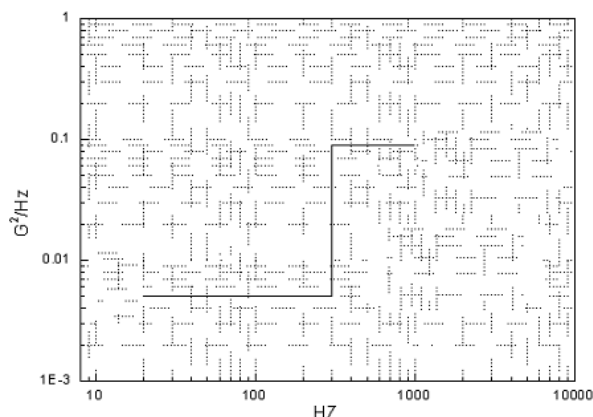
4.3 振动测试结果

振动试验：加速度为 30g，压力 25MPa，分别在 x、y 方向进行正弦、随机振动，时间为 10min。传感器紧固件无松动，温度传感器本体及外观无损伤现

象。振动曲线见图 7。



a 正弦振动



b 随机振动

图 7 热敏电阻温度传感器振动曲线图

4.4 气密试验结果

对传感器进行气密试验,将传感器接在专用接管嘴上,在室温下用氦气加压至 25MPa,保压 5min,置于水槽中 8 只样品均无气泡产生。

5 结束语

用复合玻璃粉压坯后与球头座真空烧结可作为密封体。生产快速响应裸露感温点低温高压热敏电阻温度传感器,在形貌、测量精度、密封性能、耐振性能方面都具有较好的特性,且测试数据准确度高,各种性能完全符合试验技术标准。可将此技术应用在温度传感器批量生产上,并将此类型温度传感器应用于火箭发动机试验中。

参考文献

- 肖培斌. 液体火箭发动机机试验热电偶传感器测量工艺[J]. 火箭推进, 2009, 35(3): 61~64
- 王晓英, 胡玲玲. 论如何提高传感器的防护与密封效果[J]. 称重知识, 2011, 40(6): 40~42
- Tumale R R. Ceramic and Glass-Ceramic Packaging in the 1990s[J]. J.Am.Ceram.Soc., 1991(74): 895
- 李聿德. 烧结堇青石微晶玻璃的物相和显微结构变化[J]. 玻璃与搪瓷, 1986, 14(3): 22
- 王艳丽, 沈菊云, 陈学贤. 粉体烧结法制备堇青石基微晶玻璃的研究[J]. 玻璃与搪瓷, 2001, 29(2): 18~21
- 刘世权, 许淑惠, 袁怡松. 玻璃粉末的烧结[J]. 玻璃与搪瓷, 1994, 5: 34~38

[illegible]

(上接第 33 页)

7 结束语

a. 30CrMnSiA 钢管料采用正火和回火处理后进行旋压加工，提高材料的强度、硬度，可旋性良好。

b. 大直径旋轮旋压加工小直径的薄壁圆筒, 技术难点是旋轮直径大, 旋压加工时变形区域大, 粗旋时

坯料易隆起、失稳造成已成形表面起皮、粗糙。采用错距旋压,合理分配三个旋轮的压下量,能有效控制坯料隆起。

c. 经过工艺试验,大直径旋轮旋压加工小直径的薄壁圆筒开坯时,在其它工艺参数不变而只改变进给比的情况下,进给比增大,坯料隆起减少,旋压状态稳定。