

新一代运载火箭增压输送系统中主阀芯制造工艺

陈慧敏 李 堃 朱纪铭 梁 兵 范云华

(首都航天机械公司, 北京 100076)



摘要: 介绍了新一代运载火箭增压输送系统中主阀芯制造工艺, 这种制造工艺改进了传统的生产工艺, 主阀芯通过了芯一级低温保险阀常温、液氮温区性能试验和常温振动试验, 解决了主阀芯密封问题和阀门导向杆可能的运动卡滞问题, 成功应用到新一代运载火箭增压输送系统保险阀中。

关键词: 主阀芯; 聚全氟乙丙烯; 制造工艺; 增压输送系统

Fabrication Process of Main Valve Spool in Pressurization Feeding System for New Generation Launch Vehicle

Chen Huimin Li Kun Zhu Jiming Liang Bing Fan Yunhua

(Capital Aerospace Machinery Company, Beijing 100076)

Abstract: A novel fabrication process of the main valve spool in the pressurization feeding system for new generation launch vehicle has been reported in this paper. The newly-developed process improved the traditional technique, and passed the performance tests of the cryogenic safety valve at room temperature and liquid nitrogen temperature respectively, and the vibration test at room temperature. Both the sealing problem and the possible clamping stagnation of oriented-pole of the main valve spool have been solved. This developed technique has been successfully applied in the valves for new generation launch vehicle.

Key words: main valve spool; perfluorinated ethylene-propylene; fabrication process; pressurization feeding system

1 引言

目前, 我国运载火箭增压输送系统中阀门导向杆的材料为金属, 导向杆与导向孔配合面材料均为金属, 导向杆在导向孔中运动时, 金属间容易产生磨损, 引起导向杆运动卡滞。另外若有外来多余物进入导向间隙, 也容易导致导向杆运动卡滞。

新一代运载火箭低温保险阀导向杆的运动灵活性是保险阀可靠工作的关键之一, 为此在导向杆上粘接氟塑料衬套。与不加衬套的金属-金属配合副相比, 衬套不仅可以防止金属间粘滞磨损, 而且衬套对多余物有抵抗能力, 即使多余物进入导向杆导向间隙, 也可减轻或消除多余物对导向杆运动的影响, 从而提高导向杆的运动灵活性。

主阀芯是保险阀的关键零部件, 除在密封面上压制聚全氟乙丙烯外, 还需用聚全氟乙丙烯将导向杆包覆, 对导向杆起到保护作用, 提高保险阀的可靠性。传统工艺是在密封面上采用热压的方法, 在导向杆保护面采用粘结的方法。聚全氟乙丙烯表面呈化学惰性, 属于难粘接的材料^[1], 若不经特殊的表面处理, 很难用通用胶粘剂进行粘结^[2]。即使进行了粘接, 其可靠性也不高, 易在后期的使用中出现脱粘等问题。

本研究在主阀芯密封面和导向杆上压制聚全氟乙丙烯, 针对主阀芯的结构特点和聚全氟乙丙烯的物理化学性能, 设计热塑成型工装, 利用模塑方法, 实现聚全氟乙丙烯和金属的可靠粘接。通过低温保险阀常温、液氮温区性能试验和常温振动试验, 考核主阀芯在特殊工况下的密封性能和导向功能。

2 试验部分

2.1 原材料

氟塑料能耐受许多介质腐蚀^[3],是宇航系统常用的密封材料^[1]。主阀芯用聚全氟乙丙稀是四氟乙烯和六氟丙烯共聚物,其性能与聚四氟乙烯相仿,耐介

质性能和机械性能优异,加工性能和低温柔韧性优于聚四氟乙烯。聚全氟乙丙稀几乎适用于聚四氟乙烯所能应用的各个领域,并能制造聚四氟乙烯难于加工、形状复杂的制品^[4-5],被用于各种耐介质密封件。聚全氟乙丙稀材料标准为 Q/GHAC33—2011,其主要性能指标见表1。

表1 聚全氟乙丙稀的性能

项 目	指 标	项 目	指 标
外观	半透明颗粒,其中不得夹带金属和砂粒等杂质,含有可见黑点的粒子百分数不超过1	熔点/℃	265±10
熔体质量流动速率/g·min ⁻¹	0.8~2.0	介电常数(在1MHz下)	≤2.15
拉伸强度/MPa	≥27.0	介质损耗因数(在1MHz下)	≤7×10 ⁻⁴
断裂伸长率/%	≥320	挥发份/%	≤0.1
标准相对密度	2.12~2.17	耐热应力开裂	不裂

2.2 工艺流程

材料加工工艺是材料应用的基础,本文中聚全氟乙丙稀-金属基体(铝合金5A06-0)的成型工艺主

要包括设计工装、金属基体表面处理、涂覆过渡底漆层、热压模塑成型等工艺过程。

主阀芯密封面和导向杆上压制聚全氟乙丙稀工艺流程如图1所示。

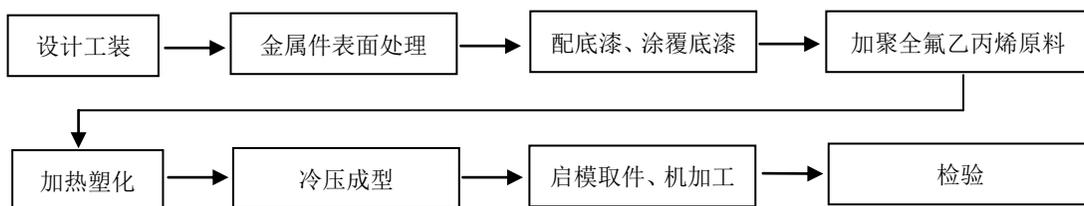


图1 主阀芯密封面和导向杆上压制聚全氟乙丙稀工艺流程

2.2.1 工装设计

根据主阀芯的结构形式,需要依据在密封面和导向杆同时热塑成型聚四氟乙烯的特殊要求,设计工装和辅助定位工装。本项工装设计已申请国防专利。

2.2.2 金属件表面处理

采用吹砂的方法对金属与非金属的粘接面进行表面处理。

喷砂所用磨料为白刚玉砂,颗粒度在16~24号之间,喷砂压力:0.1~0.2MPa。

2.2.3 配底漆、涂覆底漆

过渡底漆配制质量百分比由下列组分构成:2.6%~7.5%铬酸酐(三氧化铬),18%~30%蒸馏水,4.4%~8.5%磷酸,60%~75%聚全氟乙丙稀分散液,配制工序如图2所示。

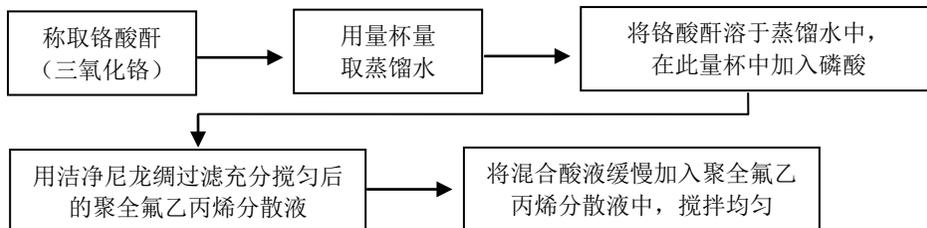


图2 过渡底漆配制工序

2.2.4 工艺参数控制

在模塑成型加工过程中，塑化温度、成型压力、塑化时间是成型工艺的三个主要因素，因此这三要素的确定是工艺条件选择的关键。塑化工艺参数如表 2 所示。

表 2 主阀芯中聚全氟乙丙烯材料的塑化工艺参数

材料	塑化温度/℃	成型压力/kN	塑化时间/min
聚全氟乙丙烯	325~340	80~120	90~120

2.2.5 菌状物试验

为了测试聚全氟乙丙烯与金属基体的粘结性能，开展聚全氟乙丙烯涂覆过渡底漆层与金属热压粘结性能试验。粘结的方式采用菌状物试样，每组菌状物为 5 对，粘结部分面积为 $\Phi 25\text{mm}$ 的圆面积，聚全氟乙丙烯层厚度为 5mm，如图 3 所示。金属与聚全氟乙丙烯的粘接表面预先采用吹砂的方式处理。

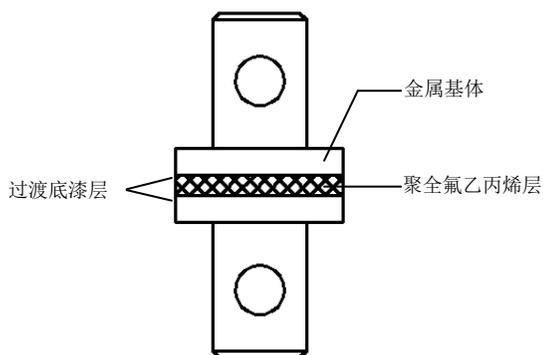


图 3 菌状物试样粘接结构图

2.2.6 主阀芯压制

通过菌状物试验验证，在主阀芯的金属骨架粘非金属材料涂覆过渡底漆，然后利用模塑方法，将聚全氟乙丙烯压制在主阀芯的密封面和导向杆上。

2.3 性能试验

根据低温保险阀验收试验，包括常温性能试验、液氮温区性能试验、常温振动试验，考核主阀芯在常温、液氮温区和常温振动状态下的性能。

3 试验结果及讨论

3.1 聚全氟乙丙烯力学性能

按 HG/T2904—1997 试验方法测试了聚全氟乙丙烯树脂力学性能，结果如表 3 所示。

由表 3 看出，聚全氟乙丙烯力学性能满足使用要求。

表 3 聚全氟乙丙烯力学性能

试验项目	指标	试验结果	试验方法
拉伸强度/MPa	≥ 27.0	30.2	HG/T2904—1997
断裂伸长率/%	≥ 320	325	

3.2 扯离强度

利用电子拉力试验机对聚全氟乙丙烯与铝合金压制成的菌状物扯离强度进行测试，按 HG4-852-81 测试标准进行试验，试验结果见表 4。由表 4 可以看出，聚全氟乙丙烯/过渡底漆层/铝合金粘接试样的扯离强度大于聚全氟乙丙烯/铝合金粘接试样的扯离强度，平均扯离强度高于 20MPa，说明过渡底漆大大提高了聚全氟乙丙烯与金属基体的扯离强度。

表 4 聚全氟乙丙烯与铝合金压制的菌状物扯离强度

序号	1#	2#	3#	4#	5#	平均扯离强度/MPa
聚全氟乙丙烯/铝合金/MPa	8.2	10.8	10.0	6.9	8.6	8.9
聚全氟乙丙烯/过渡底漆层/铝合金/MPa	21.5	21.8	21.5	21.5	21.5	21.56
试验方法	HG4-852-81					

扯离强度试验后菌状物粘接试样表面的实物照片如图 4、图 5 所示。由照片可知，脱粘部位出现在聚全氟乙丙烯和铝合金界面上，未涂覆过渡底漆层的聚全氟乙丙烯/铝合金试样塑料与金属完全脱离，而涂覆过渡底漆层聚全氟乙丙烯/铝合金试样上大部分塑料被牢牢粘接在金属表面上，没有完全被拉断。

上述实验结果说明，通过涂覆过渡底漆层的铝合金与聚全氟乙丙烯的粘接效果非常好，满足了使用要求。



图 4 聚全氟乙丙烯/铝合金菌状物扯离试验后试样 (下转第 31 页)