

聚全氟乙丙烯塑料和金属连接试验研究

王立峰 段蓉

(航天材料及工艺研究所,北京 100076)

文 摘 研究了热塑性氟塑料——聚全氟乙丙烯(FEP)和金属的连接方法,包括过渡层粘接和机械连接两种。采用自制的过渡层,利用模塑方法使 FEP 和不锈钢的粘接强度达到 16 MPa 以上。同时采用机械滚边收口方法,可以提高 FEP 和金属骨架的连接可靠性。

关键词 聚全氟乙丙烯(FEP),不锈钢,粘接

A Study of the Joint Between Fluoroethylenepropylene (FEP) and Metal

Wang Lifeng Duan Rong

(Aerospace Research Institute of Material and Processing Technology, Beijing 100076)

Abstract Joints with transition layer bond and mechanical connection between fluoroethylenepropylene (FEP) and metal, are studied. With the transition layer, tensile strength of the joint of FEP and stainless steel exceeds 16 MPa. Additional mechanical connection could increase reliability of the joint.

Key words Fluoroethylenepropylene (FEP), Stainless steel, Joint

1 前言

常用的氟塑料,如聚四氟乙烯(PTFE)、聚全氟乙丙烯(FEP)和聚三氟氯乙烯(PCTFE)等,具有优异的机械性能和化学稳定性,是宇航系统常用的密封材料^[1]。

FEP是四氟乙烯和六氟丙烯的共聚物^[2],其化学稳定性和 PTFE 相近,能够和强氧化剂(如发烟硝酸)相容。在较宽的温度范围内(-196 ~ 200),FEP具有良好的强度和韧性。和 PTFE 相比,FEP大大改善了“冷流性”,可采用热塑性树脂常用的方法成型,如模塑、注射、吹塑等,比 PTFE 容易加工成型^[3]。

截止阀门或开关的密封件一般使用金属材料作为骨架,软密封材料镶嵌或粘接在金属骨架上,典型结构如图 1 所示,要求软密封材料和金属有良好的粘接强度和连接可靠性。

FEP 常用作截止阀门或开关的软密封材料,可以在低压至中高压范围内满足密封要求,其特点是:比金属硬,密封材料的密封比压低,密封效果好^[4]。氟塑料由于其分子组成的特点,属于典型的难粘接的材料,一般需要经过特殊的表面改性处理才能获得较为满意的粘接效果,但工艺复杂,成本高^[5]。

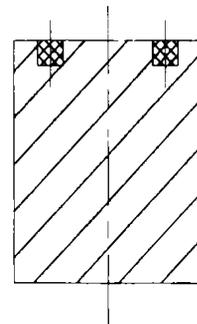


图 1 密封件基本结构

Fig. 1 Basic structure of a typical seal

收稿日期:2002-07-01;修回日期:2002-12-06

王立峰,1972 年出生,硕士,主要从事特种密封材料及结构的研究工作

宇航材料工艺 2003 年 第 1 期

— 49 —

本文针对阀门密封的结构特点,采用自制的过渡层,利用模塑方法,在材料成型的同时,实现了FEP和不锈钢的可靠粘接,工艺过程简便;同时,利用机械方法提高了其连接可靠性。

2 FEP和不锈钢粘接试验

选用不锈钢1Cr18Ni9Ti作为典型金属材料。根据图1的连接结构,设计了粘接试验用的试验件,如图2所示。

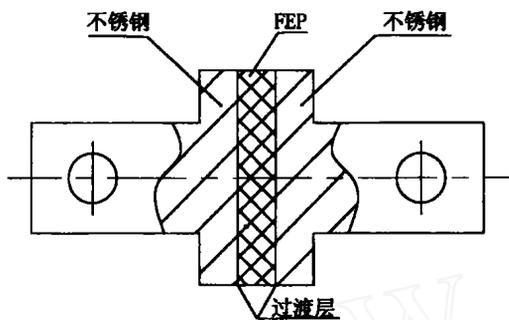


图2 粘接试验件示意图

Fig. 2 Schematic drawing of joint specimen

成型前,首先对不锈钢粘接表面进行喷砂处理,然后涂覆自制的过渡层,最后采用专用模具一次成型粘接试验件。

使用拉伸试验机测试粘接试验件的粘接强度,试验结果见表1。由表1可以看出,FEP/过渡层/1Cr18Ni9Ti粘接试样的粘接强度远远大于FEP/1Cr18Ni9Ti粘接试样的粘接强度,这说明过渡层对粘接强度的贡献很大。

表1 FEP和不锈钢1Cr18Ni9Ti粘接试验结果

Tab. 1 Results of adhesion tests

粘接材料	粘接强度平	粘接强度最	粘接强度最
	均值/MPa	大值/MPa	小值/MPa
FEP/过渡层/1Cr18Ni9Ti	18.9	22.3	16.9
FEP/1Cr18Ni9Ti	6.79	9.21	5.19

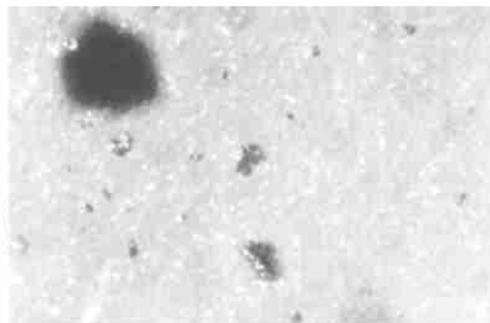
强度试验后粘接试样表面的实物照片和电镜照片分别如图3~图5所示。

由照片可知,破坏发生在塑料和金属界面上,部分塑料被牢牢粘接在金属表面上。另外,金属表面的突起部分有的甚至被拉断,镶嵌在塑料面上。塑料断面的电镜照片显示,塑料部分发生明显的屈服变形。

上述实验结果说明,FEP/1Cr18Ni9Ti的粘接效果非常好,满足了使用要求。



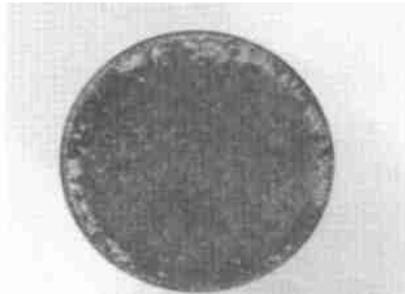
(a) 全貌 1.5 ×



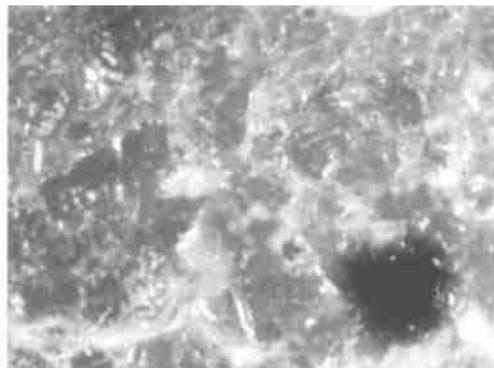
(b) 局部放大 15 ×

图3 拉伸试验后FEP断面照片

Fig. 3 Fractographs of FEP side after joint tension



(a) 全貌 1.5 ×



(b) 局部放大 15 ×

图4 拉伸试验后金属断面照片

Fig. 4 Fractographs of steel side after joint tension

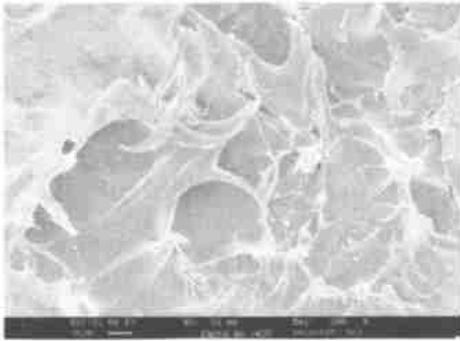


图5 拉伸试验后 FEP 断面的扫描电镜照片 200 ×

Fig.5 SEM fractograph of FEP side after tension

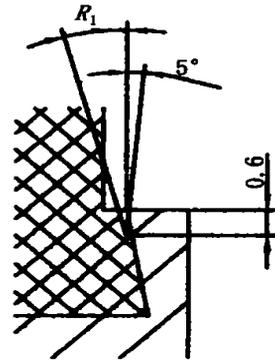


图7 挖槽示意图

Fig.7 Schematic diagram of the groove

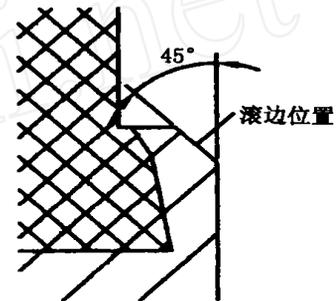


图8 滚边示意图

Fig.8 Schematic diagram after edge-rolling

3 机械滚边收口试验

3.1 试验件设计与制作

试验中,设计了一种在金属件上加工沟槽,模拟阀门密封件的模拟试验件(如图6所示),用以考察滚边收口对密封件的作用。

成型前,对金属粘接表面进行喷砂处理,然后涂覆过渡层,使用专用模具一次成型模拟试验件,然后进行机械滚边收口加工,最后通过拉伸试验考核滚边收口对密封面的影响。

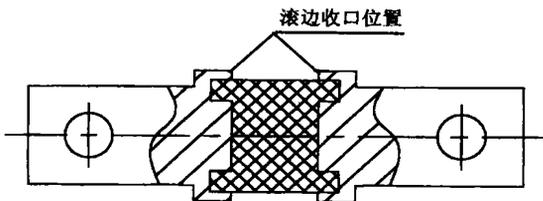


图6 模拟试验件示意图

Fig.6 Schematic drawing of simulation test specimen

3.2 基本加工过程

机械滚边收口加工是在专用车床上实现的,基本加工过程如下。

(1) 车削

将图6模拟试验件车削成适合滚边收口的结构形式。

(2) 挖环形槽

模拟试验件经车削加工后,在塑料和金属的外圈结合处,使用专用车刀挖一深约0.6 mm、断面为尖状、角度为 $R_1 + 5^\circ$ 的环形槽,如图7所示。

(3) 滚边收口

模拟试验件经过上述工序后,利用专用滚轮,使金属经过塑性变形,能够包紧或压紧槽中的塑料环,如图8所示。

3.3 拉伸试验结果

模拟试验件经上述工艺加工后,在拉伸试验机上进行拉伸试验,试验结果如表2所示。

表2 试验件滚边后拉伸试验结果

Tab.2 Test results of the edge-rolled joints

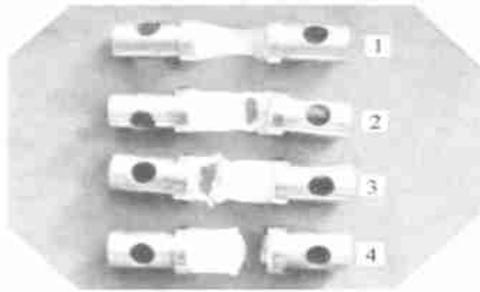
挖槽角度 $R_1 / (^\circ)$	拉伸强度平均值 ¹⁾ /MPa	破坏 形式
未挖槽、滚边	16.4	图9
15	15.6	图10(a)
25	15.7	图10(b)

注:1) 计算拉伸强度用的面积按 FEP 横截面积计。

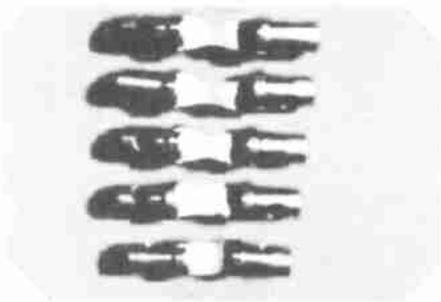


图9 未滚边试样拉伸后的照片

Fig.9 Edge-unrolled joint after tension



(a) 挖槽角度为 15°



(b) 挖槽角度为 25°

图 10 滚边收口试样拉伸试验后的照片

Fig. 10 Edge-rolled joints after tension

由表 2 可知,滚边收口后 FEP 和金属的粘接强度变化不大。控制不同滚边工艺参数,模拟试样的粘接强度基本相同。

比较图 9、图 10(a)、图 10(b)可知,模拟试验件

的破坏形式明显不同。由图 9 可以看出,试样 FEP 部分未发生明显变形,沟槽中的 FEP 完全从槽中脱出;从图 10(a)、图 10(b)可以看出,经过拉伸试验后,试验件 FEP 部分产生明显的屈服形变,有的甚至被拉断,金属沟槽中的 FEP 很难从槽中脱出,从而显著提高了 FEP 和金属骨架的连接可靠性。

4 结论

(1) FEP 和金属不锈钢的粘接强度值达到 18.9 MPa,过渡层对粘接强度的贡献很大。

(2) 选择合适的工艺参数,进行滚边收口加工,不影响 FEP 和金属不锈钢的粘接强度,但滚边收口加工可以完善 FEP 和金属不锈钢沟槽的连接结构,有效地防止 FEP 从金属骨架的沟槽中脱出,提高塑料金属密封件的使用可靠性。

参考文献

- 1 阀门管件设计编译组编译. 美国阀门管件设计手册. 北京:机械工业出版社,1987:319
- 2 金国珍. 工程塑料. 北京:化学工业出版社,2000:463
- 3 缪京媛,叶牧编. 氟塑料加工与应用. 北京:化学工业出版社,1987:10
- 4 巫金东. 氟塑料的性能及其在液氧密封中的应用. 低温工程,1981;(4):17~21
- 5 翟海潮等. 粘接与表面粘涂技术. 北京:化学工业出版社,1993:12

(编辑 马晓艳)

(上接第 42 页)

在复合材料构件结构复杂时,补强部分与壳体若共固化成型,模具要求严格,且形式太复杂,操作困难;为此,我们将补强部分与开孔板分别成型,然后采用二次胶接。二次胶接也有一定的补强效果(表 3)。

4 结论

(1) 铺层材料、铺层方式、铺层工艺等是影响开孔补强效果的主要因素。

(2) 压缩稳定性试验中,环向铺层可以提高补强效果。

(3) 补强区选择模量低的材料有利于提高构件的承载能力。

(4) 缝纫工艺的引入减少了孔边的剥离应力,亦提高了构件的承载能力。

(5) 二次胶接的工艺简单,也有一定的补强效果。

参考文献

- 1 薛克兴. 复合材料结构的损伤与修补. 北京:航空工业出版社,1992:106~119
- 2 王震鸣. 复合材料力学和复合材料结构力学. 北京:机械工业出版社,1991:459
- 3 航空航天工业部科学技术研究院. 复合材料设计手册. 北京:航空工业出版社,1990:187~198
- 4 杜善义,沃丁柱. 复合材料及其结构的力学、设计、应用和评价(第三册). 哈尔滨工业大学出版社,2000:125~132
- 5 丁孟贤,何天白. 聚酰亚胺新型材料. 科学出版社,1998:63~69

(编辑 任涛)