

聚四氟乙烯软管渗漏原因分析

王 影 谢国君 韩 露

(航天材料及工艺研究所,北京 100076)

文 摘 聚四氟乙烯软管内管在多次使用后发生渗漏。采用体视显微镜和扫描电镜对渗漏软管及复现试验软管进行观察与分析。结果表明:软管内表面存在制造工艺缺陷,在多次使用过程中在较高的油压作用下缺陷处沿厚度方向发生低周疲劳扩展,局部区域形成穿透损伤,导致软管发生渗漏。

关键词 聚四氟乙烯,渗漏,制造工艺缺陷

中图分类号:TB322

DOI:10.3969/j.issn.1007-2330.2014.05.017

Leak Reason Analyse of a PTFE Pipe

WANG Ying XIE Guojun HAN Lu

(Aerospace Research Institute of Materials & Processing Technology, Beijing 100076)

Abstract PTFE pipe leaked oil after many times used. Based on macro and microscopic observation of fracture surface by OM and SEM, the fracture failure of pipe was investigated. According to the analysis results of the pipe, the main reason of leak failure was that the pipe inner surface had manufacturing defect. During many times used process, under the high oil pressure, the manufacturing defect expanded through fatigue cracking until some area leak oil.

Key words PTFE, Leak, Manufacturing defect

0 背景情况

本次实验失效软管的生产工艺流程为:聚四氟乙烯树脂加入一定比例溶剂油后压制成毛坯→推压成坯管→烧结、淬火→聚四氟乙烯内管(编织增强)→聚四氟乙烯软管→装配、扣压→产品。

软管经过多次使用(每次使用时间约为 20 min、累计工作时间约为 32 h)后出现渗漏现象,使用时管内部油压为 24 MPa,环境温度为 5~35℃。

1 试验过程与结果

1.1 裂纹形貌观察

软管宏观形貌见图 1,目视观察距接头一端约 59 mm 的位置(渗漏部位)隐约可见一条长约 5 mm 的纵向裂纹。将软管剖开、喷金后观察,软管外表面存在一个形状不规则的孔洞,尺寸约为 0.54 mm×0.14 mm,形貌见图 2;软管内表面存在两条错位平行(两条间距约 0.23 mm)的纵向裂纹,每条裂纹长度均为 2.5 mm,放大观察裂纹呈类似“折叠”形貌,两裂纹平行相交区呈褶皱变形形貌,见图 3,该区域与外

表面的孔洞位置相对应,由此判断该位置在厚度方向已形成穿透性损伤。对软管管壁施以弯矩,内表面两条平行的裂纹张开,从端面观察两裂纹的开裂深度均为壁厚的 4/5,见图 4。

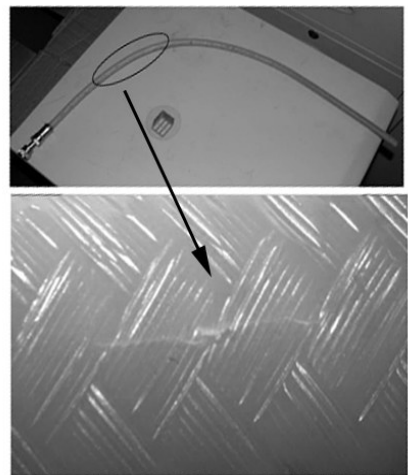


图 1 软管整体及渗漏区域宏观形貌

Fig. 1 Macro morphology of pipe

收稿日期:2014-04-13

作者简介:王影,1978 年出生,硕士研究生,主要从事机械产品的失效分析工作。E-mail:victorywy@sina.com

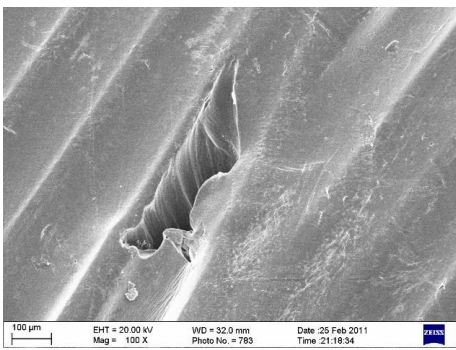
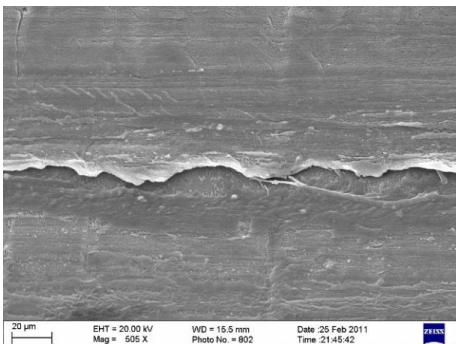


图2 外表面泄漏位置

Fig. 2 Leak position of the out surface



(a) 宏观形貌



(b) 微观形貌

图3 内表面裂纹形貌

Fig. 3 Inner surface crack

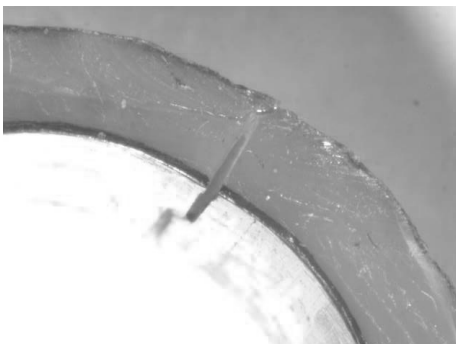


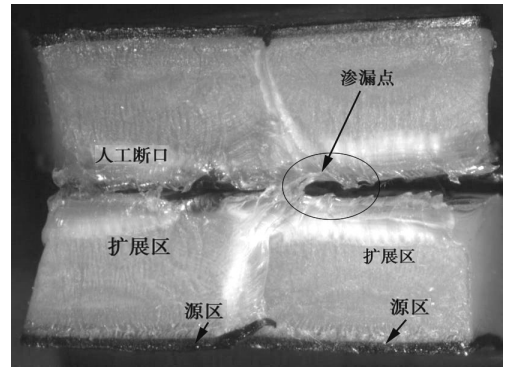
图4 端面裂纹

Fig. 4 End surface crack

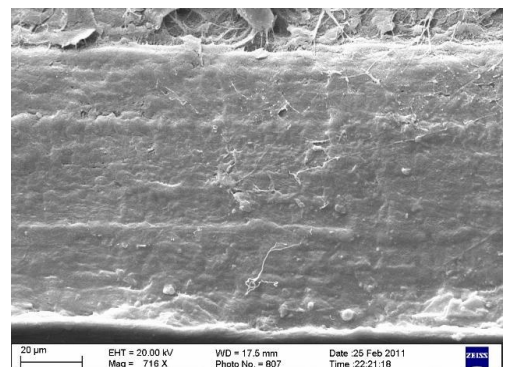
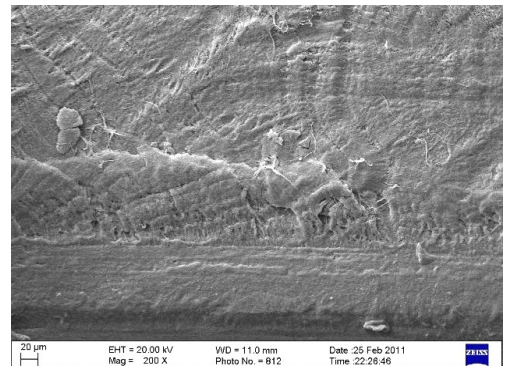
1.2 断口形貌观察

采用机械方法将上述交错平行的裂纹打开,对断

口进行观察:两裂纹断口形貌较为相似:均起源于内表面,源区深度约0.11 mm,放大观察呈较平整的自由表面形貌,未见断裂特征,应为原始缺陷,扩展区可见多条圆弧状止裂弧线,放大观察呈塑性撕裂形貌,人工断口均呈河流状撕裂形貌,应为快速撕裂断口形貌,断口宏观、微观形貌见图5。以上断口形貌特征表明软管的开裂模式为疲劳开裂。



(a) 断口宏观



(b) 断口微观

图5 断口形貌

Fig. 5 Fracture morphology

1.3 试验结果

断口形貌特征判断软管的开裂模式为低周疲劳开裂,开裂原因初步分析认为应与内表面存在原始缺陷有关。

2 复现试验

选择相同牌号塑料,在制成毛坯、推压成坯管后人为制造裂纹,然后按照正常的制造工艺进行烧结、淬火等工序,最后制成成品(两件)。然后用两件软

宇航材料工艺 <http://www.yhclgy.com> 2014年 第5期

管进行试验:气密试验及耐压试验后均未见渗漏现象;之后进行脉冲试验,其中一件软管在第50次时出现漏油现象,另一件软管在第312次出现渗漏现象。

软管的宏观微观形态与失效件基本一致:沿纵向存在2~5条裂纹,裂纹长度不一,典型形貌见图6;裂纹断口的源区均位于内表面,断口包括源区、扩展区及人工撕裂区;裂纹源区厚度占整个断口厚度的1/2~2/3,主要呈自由表面形貌,少数区域可见拉长撕裂形貌,该区域应为预制缺陷区域;扩展区可见多条圆弧状止裂弧线;人工断口呈河流状撕裂形貌,典型形貌见图7。以上形貌特征表明软管的开裂模式为低周疲劳开裂。

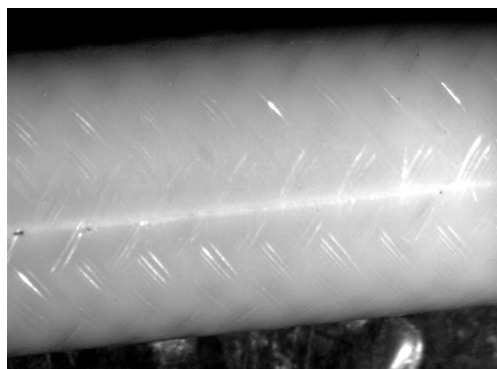
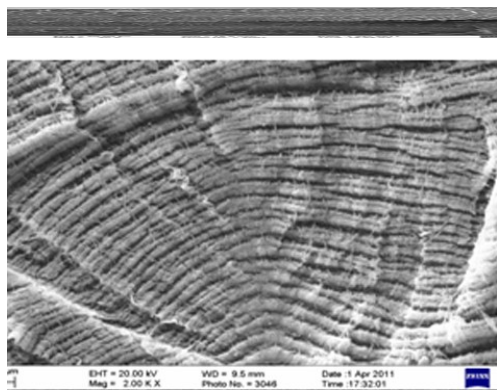
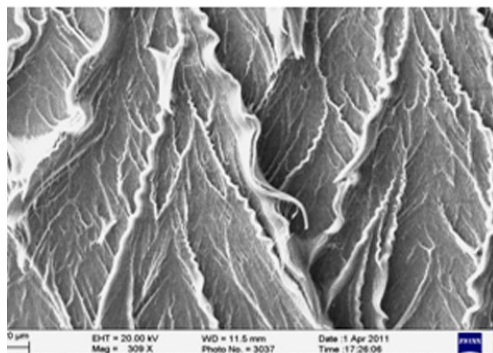


图6 复现试验后软管表面裂纹形貌
Fig. 6 Surface crack of imitate pipe



(a) 裂纹断口



(b) 人工撕裂断口

图7 复现试验软管断口形貌

Fig. 7 Fracture morphology

3 分析与讨论

结合失效件及复现试验情况分析认为:软管的开裂模式为低周疲劳开裂,开裂的原因是软管制造过程中内表面形成了微裂纹缺陷,在烧结的过程中微裂纹区域未有效烧结在一起,形成了原始裂纹缺陷^[1-2],使用过程中在较高的油压作用下缺陷处沿厚度方向发生低周疲劳扩展,导致软管发生渗漏。

4 结论

通过对失效及复现试验聚四氟乙烯软管的观察与分析认为,软管渗漏的原因是制造过程中内表面形成了制造工艺缺陷,使用过程中在较高的油压作用下缺陷处沿厚度方向发生低周疲劳扩展,局部区域形成穿透损伤,导致软管发生渗漏。

参考文献

- [1] 黄悦,曾邦禄主编. 塑料成型工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,1996
- [2] 江萍. 聚四氟乙烯的烧结工艺技术[J]. 塑料工程应用,2001(3):19-21

(编辑 任涛)

“第十八届全国复合材料学术会议”进入倒计时

由中国宇航学会、中国力学学会、中国复合材料学会、中国航空学会联合举办的“第十八届全国复合材料学术会议”定于2014年10月12日~14日在厦门召开,航天材料工艺研究所将与厦门大学一起完成承办工作。本届大会主题:“复合材料:更高、更强、更可靠”。

全国复合材料学术会议每两年组织一次,中国宇航学会、中国力学学会、中国复合材料学会、中国航空学会轮流主办,历经了30多年,“全国复合材料学术会议”的声誉、影响力和规模已日趋提高,对国内复合材料技术的发展起到了积极的推动作用。2014年是中国宇航学会的主办年,航天材料及工艺研究所领导给予了高度重视,全力支持这项历史悠久的学术会议。目前,大会已进入倒计时。

· 罗焱 ·