

文章编号:1673-9981(2012)04-0279-03

# 空调散热器连接铝管失效分析

谭立新,梁泰然,陈强,蔡一湘,丁燕

广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院),广东 广州 510650

**摘要:**通过对空调器室外散热器连接铝管的裂纹形貌、材料成分、金相组织、显微硬度等进行分析,表明失效铝管的组织均匀,没有明显的成分偏析,没有腐蚀性产物及腐蚀性元素;材料成分符合 GB/T 3190-2008《变形铝及铝合金化学成分》对铝合金牌号 3003 材料的要求;连接铝管因受到外界拉应力作用而产生裂纹,最终导致空调器冷媒渗漏。

**关键词:**断裂分析;铝合金管;失效分析

**中图分类号:**TG111.91 **文献标识码:**A

某公司生产的空调机室外散热器的连接铝管在安装使用一段时间后,出现弯折和空调器冷媒渗漏现象,经检查发现近弯折处有横向裂纹。为查出铝管出现裂纹的原因,该公司委托我们对其进行失效分析。通过对失效件的裂纹形貌、材料成分、金相组织、显微硬度等项目的检测和分析,发现连接铝管产生裂纹的原因是由于受外力的作用。

## 1 实验部分

### 1.1 试样

试样是该公司提供的空调机室外散热器出现渗漏的连接铝管,铝管的材质为牌号 3003 变形铝合金,在普通大气环境下工作,运行温度为  $-10\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。用线切割机在连接铝管的裂纹区域截取试样,如图 1 所示。

### 1.2 测试方法

将试样用超声波清洗干净后先目视观察裂纹的宏观形貌,然后采用 JSM-5910 扫描电子显微镜及 NORAN 能量色谱分析仪分别对断口进行微观观察及表面元素分析。

在失效铝管裂纹附近的横向和纵向分别截取样

品,制成金相试样,用 LEICA DMIRM 大型金相显微镜及 LEICA Q550MW 图像分析仪进行金相组织分析,在 400 倍显微镜下观察并采集金相组织照片。

用 VLTIMA II 大型等离子光谱仪对试样进行材料成分分析。采用 MH-50 型维氏显微硬度计测试金相试样基体的显微硬度,所用载荷为 100 g,加载停留时间为 15 s。

## 2 结果与讨论

### 2.1 裂纹宏观观察

连接铝管在室外工作时呈“ $\Gamma$ ”90°悬空弯折形状,垂直铝管的下端与散热器连接,水平铝管的右上方有一金属重物置于其上,水平铝管右端明显受到重物向下的重力作用。将失效管从裂纹处断开,发现裂纹区域已氧化成暗灰色;裂纹为贯穿型,裂纹在管内表面的长度较管外表面短,显示裂纹是由外向内发展的。结合铝管的设计和裂纹位置,我们可以判定该裂纹在萌发和扩展过程中受到外界(金属重物)拉应力的作用,而且该拉应力的强度较大。失效管内壁和外壁裂纹形貌如图 1 所示。

收稿日期:2012-11-19

作者简介:谭立新(1966-),女,广西贵港人,高级工程师,硕士。

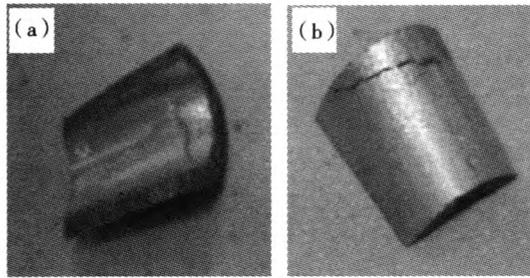


图1 失效管的裂纹形貌

(a) 内壁; (b) 外壁

Fig. 1 The crack morphology of a failure tube

(a) inner wall ; (b) outer wall

## 2.2 裂纹断口微观形貌

在电子显微镜下观察裂纹外表面,可见外表面为带粘连的裂纹,见图2.图3为裂纹断口表面形貌.图3显示,断口表面为不明显的韧窝<sup>[1-2]</sup>,未见有腐蚀产物的堆积.用能谱分析仪对该表面进行元素分析,未发现其他的腐蚀性元素,说明裂纹不是因腐蚀而造成的.断口表面为不明显的韧窝,说明材料在破断中受到外界拉应力的作用.

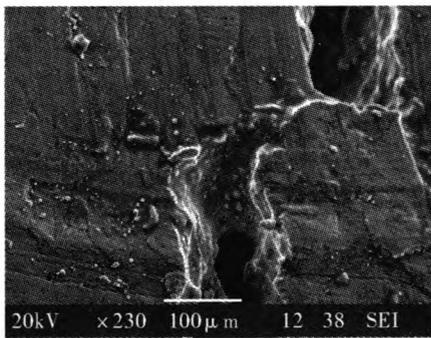


图2 裂纹外表面形貌

Fig. 2 The microscopic appearance of the fracture

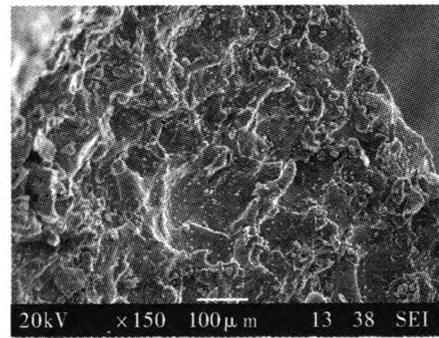


图3 断口表面形貌

Fig. 3 The microscopic appearance of the fracture

## 2.3 金相分析

图4为裂纹附近纵向和横向的基体显微组织.由图4可知,基体组织为经过均匀化处理的单相 $\alpha(\text{Al})$ , $\alpha(\text{Al})$ 是面心立方金属,一般除应力腐蚀外

均容易发生由滑移引起的形变),枝晶网组成物已完全固溶,Mn的析出质点多且细小均匀.金相分析证实,材料经过良好的固溶处理,组织均匀,未发现明显的成分偏析.

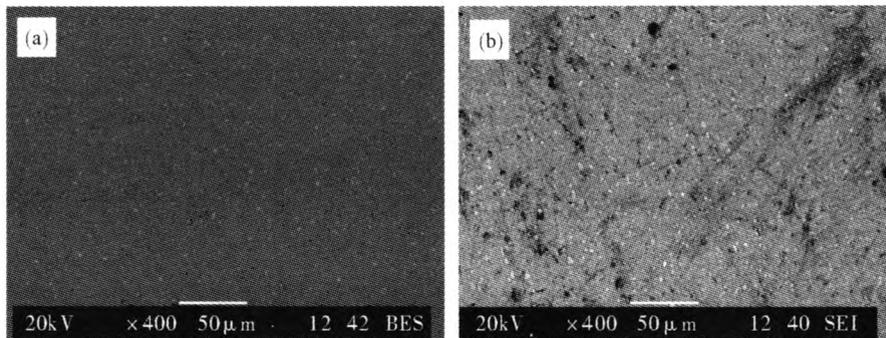


图4 裂纹附近基体的显微组织

(a) 横向; (b) 纵向

Fig. 4 The microstructure near the crack

(a) horizontal; (b) vertical

## 2.4 化学成分分析

化学成分分析结果列于表1.从表1可知,裂纹

附近材料的化学成分基本符合 GB/T 3190—2008 《变形铝及铝合金化学成分》对牌号 3003 铝合金材

料的要求. 3003 铝合金为热处理不可强化的变形铝合金, 锰是其主要合金元素, 当 Mn 含量控制在 1.0%~1.5% 时合金具有较高的强度, 也有良好的塑性和工艺性能. Fe 是细化晶粒的元素, 含量一般控制在 0.4%~0.7% 范围, 而失效铝管 Fe 含量为 0.17%, 但金相检验未发现明显的晶粒长大, 说明材料性能未发生弱化.

表 1 材料的化学成分

Table 1 Chemical composition of the material w/%							
元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Al
失效铝管	0.11	0.17	0.067	1.14	0.006	0.021	余量
标准值	0.6	0.7	0.05~0.20	1.0~1.5	—	0.10	余量

### 2.5 显微硬度分析

在金相试样基体表面测试 5 个点的显微硬度, 其结果列于表 2. 由表 2 可知, 样品的显微硬度介于 36.0~41.8 之间, 说明该铝合金材料经过良好的固溶处理.

表 2 维氏硬度测定结果

Table 2 Results of Vickers hardness						
Hv <sub>0.1,15</sub>	1	2	3	4	5	平均
失效铝管	40.1	36.0	39.5	40.6	41.8	40.0

## 3 结 论

失效铝管的化学成分符合 GB/T 3190—2008 《变形铝及铝合金化学成分》的要求. 失效铝管的组织均匀, 未发现明显的成分偏析, 未见腐蚀性产物及腐蚀性元素. 连接铝管因受到外界拉应力(金属重物)作用而产生裂纹, 最终导致空调器冷媒渗漏.

### 参考文献:

- [1] 庄东汉. 材料失效分析[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2009, 101-111.
- [2] 吴连生. 失效分析技术[M]. 成都: 四川科学出版社, 1985.

## Failure analysis of the aluminum alloy tube in radiator of air conditioner

TAN Lixin, LIANG Tairan, CHEN Qiang, CAI Yixiang, DING Yan

Guangdong General Research Institute of Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangzhou 510650, China

**Abstract:** The crack reason of the aluminum tube connected with air conditioner was analyzed by morphologies observation of crack, chemical composition analysis, metallographic observation, Vickers hardness testing. The results show that the microstructure of aluminum tube is homogeneous. There is no obvious segregation, no corrosion products or corrosion elements in it. The material composition accords with the requirements of GB/T 3190-2008 "Wrought aluminium and aluminium alloy chemical composition". The crack of aluminum alloy tube was caused by the tensile stresses from the outside, and finally it lead to the leakage of refrigerant in the air conditioner.

**Key words:** fracture analysis; aluminum alloy tube; failure analysis