

汽车用铝合金热交换管牺牲阳极表面锌扩散层的电子探针测试

EPMA-007

摘要：热交换器是汽车内重要的换热部件，由于此部件的工作环境比较复杂，对铝合金的各种性能有着较高的要求，尤其是耐腐蚀性能。通过对铝合金热交换管管壁表面锌扩散处理，能够对热交换铝管起着牺牲阳极的阴极防蚀层的作用。电子探针对此类锌扩散层可以很好地进行测试和表征。

关键词：汽车 热交换 铝合金 微区分析 电子探针

汽车热交换器是汽车内的换热元件，包括空调冷凝器和蒸发器、散热器、油冷却器、中间冷却器和加热器等，是汽车内的重要部件。由于这些产品都工作在比较苛刻的环境，外壁可能会接触到雨水、大气污染、海盐、除冰盐等外部腐蚀介质。而有些部件管内会有流动的制冷介质，冷却介质中除了水本身的杂质外，还添加有防冻剂，可能会有氯化物（漂白粉）、碳酸氢盐和其他金属离子。另外，这些部件还承受反复冷热循环和周期性振动，这都对材料本身的性能提出了很高的要求。汽车

热交换器需要用强度高、重量轻、耐腐蚀、导热性能好和钎焊性能好的金属材料来制造。目前，汽车热交换系统大量使用铝合金材料，与铜质热交换器相比，铝质热交换器有重量轻、耐腐蚀、可靠性高、成本低和易回收等优点。

由于热交换器的特殊工作环境并不能人为控制，表面要尽可能有防腐措施，如使用表面涂层、防腐剂或其他手段。目前最常用的防腐蚀添加元素是锌。原理是牺牲阳极，优先被腐蚀，从而保护热交换铝管。

实验部分

1.1 仪器

岛津电子探针 EPMA-1720



1.2 仪器配置

X 射线检出角：52.5°

罗兰圆尺寸：统一 4 英寸

晶体类型：约翰逊型全聚焦晶体

通道数：5 通道共 10 种晶体

1.3 分析条件

测试参数

加速电压 (AccV)：20 kV

束流 (Beam Current)：100 nA

测试时间 (Sampling time)：线分析 1s/point

强度单位 (Unit)：Wt%

1.4 样品处理

热交换铝管纵向镶嵌后，磨制抛光。

结果与讨论

制样后的铝管在背散射电子 (BSE) 图像下就能看到外壁衬度较高, 见图 1, 说明平均原子序数较高, 即锌元素扩散层。分别对左右管壁进行 BSE 观察及锌元素的线分布分析, 结果见图 2 和图 3。结果显示管壁外侧及内侧都做了锌层的扩散处理。由于是纵向镶嵌, 内外壁扩散的深度及浓度可能会所延展或缩短。

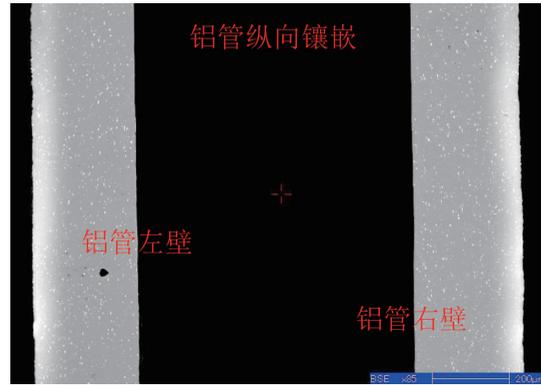


图1 热交换铝管管壁

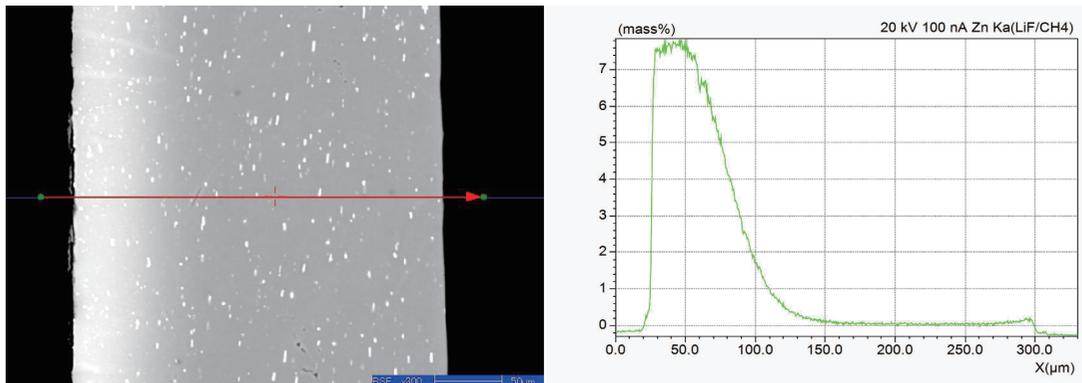


图2 左管壁BSE特征及Zn元素分布曲线

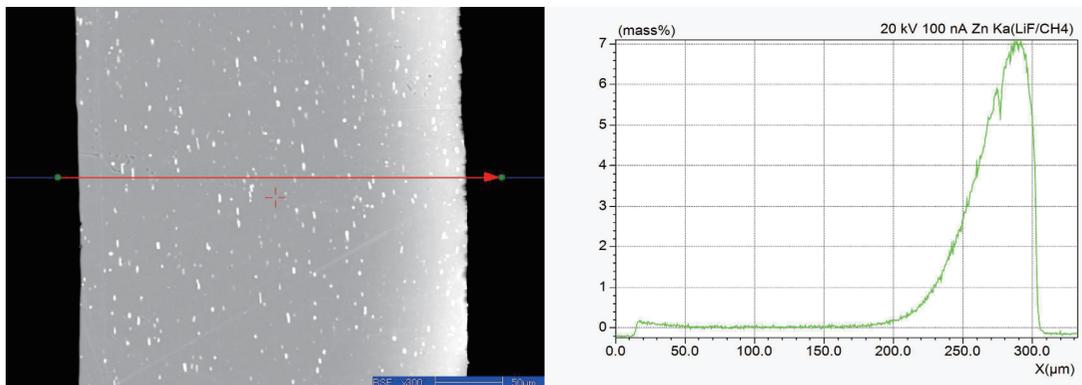


图3 右管壁BSE特征及Zn元素分布曲线

在热交换管管壁外层合金中加入锌，铝和锌在水蒸气、二氧化碳及腐蚀介质作用下，发生原电池反应，作为阳极锌层优先腐蚀，另外锌可以减少铝管与空气接触的机会，锌氧化后形成的氧化层也能进一步对芯部起到保护作用。有时部件为了更好的散热性能，会使用到散热片，散热片中也会添加锌元素，也是起到优先腐蚀，使铝管具有阴极保护性能。同时考虑到散热片在热交换器的结构强度和传热方面起着很重要的作用，所以不希望它作为牺牲阳极而很快被腐蚀掉，所以应选用抗腐蚀性好的合金作管材，管壁锌扩散层及散热片的自身腐蚀速度也应尽量小。为了减轻管材内部腐蚀损坏，可将管材内表面进行各种氧化处理或包覆 Al-Zn 层。采用锌层扩散和阳极氧化处理，使管路内壁形成具有含锌的阴极防蚀层，能够取得很好的效果。

■ 结论

使用岛津电子探针 EPMA 可以快速准确地对热交换铝管管壁锌扩散层进行测试和确认，对于工艺制定和评价具有指导作用，可提供产品的检验和失效分析所需的重要数据。