

# 换热器列管与管板焊接应力腐蚀裂纹的防治

何秀兰<sup>1</sup>

(1. 黑化集团公司工程师, 黑龙江 富拉尔基 161041)

摘要: 对换热器列管与管板焊缝泄漏原因进行分析, 提出控制产生腐蚀泄漏的相应措施, 及检修过程中泄漏处理的方法。

关键词: 泄漏; 焊接; 应力腐蚀; 应力消除

中图分类号: TQ053.6 文献标识码: B 文章编号: 1673-3355 (2005) 05-0047-02

## Protection of Stain Corrosive Cracking on Welding Between Pipe and Plate in Heat Exchanger

HE Xiu-lan

Abstract: The article describes the approach to avoid corrosive leakage and method to deal with the leakage during maintenance on the basis of the analysis on the cause of leakage from the welding seams between pipes and plates in heat exchangers.

Key words: Leakage; welding; strain corrosion; strain relief

化工设备发生的失效破坏中, 近一半是应力腐蚀裂纹造成的, 特别是在换热器列管与管板焊缝中, 由于应力腐蚀裂纹而造成泄漏是一个普遍存在的问题。我公司在役换热器, 特别是净化工区的换热器, 列管与管板焊缝泄漏很常见。

针对上述现象, 我们对列管与管板焊缝易发生泄漏的原因进行了调查分析, 并研究了换热器的制造和检修过程中的相应措施。

## 1 泄漏原因分析

### 1.1 泄漏点形态特征

通过对换热器列管与管板焊缝的泄漏点进行观察分析, 发现这些泄漏点基本上都是裂纹引起的, 其形态是疏松分布的网状或龟裂状, 大部分裂纹有分叉现象, 裂纹大致垂直于焊缝残余拉应力方向, 并由表面向纵深延伸, 具有典型的应力腐蚀裂纹特征。

### 1.2 应力腐蚀裂纹产生的原因

材质、介质、拉应力是产生应力腐蚀裂纹的

三个因素。材质在一定介质下, 由于拉应力的存在, 易产生应力腐蚀裂纹。

换热器列管与管板焊缝材质及介质分析 换热器列管与管板材质, 不是同种材质的情况居多。我公司在役换热器中, 其管材/板材的匹配常见的有20/A3、20/16MnR、0Cr18Ni9/16MnR、0Cr18Ni9/0Cr18Ni9, 由于材料的化学成份及组织性能的不均匀, 存在产生电化学腐蚀的倾向。

焊缝应力分析 换热器列管与管板焊缝在设备运行中, 主要受工作应力和残余应力作用。设备在焊接、加工及装配过程中产生的残余应力是主要因素, 特别是列管与管板焊缝, 由于焊缝密集, 且分布于管板一侧, 再加上管板在钻孔过程中产生的加工应力及在装配过程中产生的装配应力叠加, 使该处焊缝的残余应力所引起的失效, 占应力腐蚀开裂失效事故的80%以上。

### 1.3 应力腐蚀裂纹导致泄漏

由于换热器列管与管板焊缝在腐蚀介质中, 发生电化学腐蚀形成微裂纹源, 同时, 焊缝本身

属非均质材料, 又是各种应力叠加的集中处, 其表面脆化层易剥落成为微缺陷区, 也形成了微裂纹源, 再加上焊缝本身可能存在的缺陷, 因此在设备运行中, 由于腐蚀环境和拉应力的共同作用, 裂纹萌生并迅速扩展, 加上焊缝本身熔池深浅, 易形成穿透性裂纹, 从而导致焊缝发生泄漏。

## 2 控制应力腐蚀产生的措施

### 2.1 设计方面

从设计方面而言, 应根据应力腐蚀介质和材料的组合, 合理选材, 同时, 要求结构设计合理, 使结合的应力分布均匀, 避免产生应力集中源。

当然, 在目前技术条件下, 从设计角度采取措施控制应力腐蚀的产生, 办法不多, 关键还得从制造的角度来考虑。

### 2.2 制造方面

从制造角度而言, 可以从冷作变形的控制、焊接材料的选择、焊接工艺的控制及降低残余应力几个方面采取措施, 但是由于制作工艺条件的限制, 关键在于焊接工艺控制及降低残余应力两个环节。

**焊接工艺控制** 首先是选择合适的焊接顺序, 在换热器焊接中, 要先焊管板与外壳的焊缝, 再焊点焊一侧的列管与管板焊缝, 最后焊另一侧列管与管板焊缝; 对于列管与管板焊缝则应根据管板直径的大小, 由2~3名焊工同时均匀错开逐渐向外施焊的原则。

其次要控制焊接线能量, 尽量使用能量较小的TIG焊, 焊接参数宜取下限值, 避免发生热影

响区硬化、晶粒长大和各种脆化, 同时尽量降低焊缝的残余应力。

**降低焊缝残余应力** 焊缝残余应力是产生应力腐蚀最主要的原因, 设计、加工、焊接过程中无论怎么样采取措施, 都只能在一定程度上降低焊缝残余应力, 对于在腐蚀介质中运行的换热器, 最好经过消除应力处理。

### 2.3 检修方面

对于在运行中已发生泄漏的换热器, 我公司的检修经验表明, 采取简单的焊补措施, 效果很差。如果按下述方法进行修复, 效果很好。

**泄漏点焊补** 对于泄漏点, 用角向磨光机将裂纹铲除干净后, 再焊补, 且补焊点与原焊缝要圆滑过渡, 补焊点高于原焊缝的, 要用角向磨光机打磨与原焊缝基本平齐。

**焊后消应** 补焊后, 采用振动法对整个换热器进行消应处理, 可消除残余应力75%以上。

## 3 结 语

由于列管与管板焊缝的应力腐蚀开裂是设备运行一段时间后产生的, 且通常泄漏还不足以引起停车, 或对系统运行造成很大影响。因此, 一直没有引起设计、制造、甚至使用单位的足够重视。由于泄漏对系统运行质量造成影响及重复检修造成人、财、物的浪费, 对该类焊缝应力腐蚀的控制是十分必要的。

控制列管与管板焊缝应力腐蚀的关键在于焊接, 而焊接的关键在于焊后消除残余应力。实践证明, 这种措施很有效, 大大提高了系统运行的质量, 减少了设备检修费用, 取得了良好的效果。

