

不同材料加工成U形管的应力腐蚀性能研究

■ 赵延峰, 刘新海

摘要: 对钛及钛合金、不锈钢系列等材料换热管加工弯制成U形管后, 按热处理与未热处理两种状态进行应力腐蚀试验。通过试样断口的微观形貌, 研究热处理对不同材料的冷加工U形管应力腐蚀性能的影响。

关键词: U形换热管; 冷加工; 热处理; 应力腐蚀

1. 概述

管壳式换热器由于结构简单, 坚固, 材料范围广, 管束可以自由伸缩, 不会因换热管与壳体之间的壁温差而产生温差应力, 且管束可以抽出, 抽出部分重量轻, 设计制造工艺成熟, 安全性比较高, 以及适用性比较广等特点, 成为石油化工领域最常用的换热器结构形式, 而被广泛采用。U形管式换热器结构见图1。虽然U形管式换热器换热管与壳体之间不存在热应力问题, 但是U形管式换热器在实际应用中常存在发生应力腐蚀现象的两个必要条件。

(1) 构件处于拉应力状态。U形管结构中由于两直管段膨胀量不同而导致温度应力, 且U形管在弯制后在弯管段外缘存在较大的残余拉应力。

(2) 构件处于应力腐蚀环境中。由于水分不断蒸发, Cl^- 离子浓度会不断增加。根据调查, 奥氏体不锈钢在含有 $2 \times 10^{-4}\%$ 的氯化物水溶液中, 温度低于 $200^\circ C$

即会发生应力腐蚀开裂。

因此, 有必要对不同材料、不同状态的U形管进行应力腐蚀性能试验研究。

2. 应力腐蚀试验

(1) 选择试验标准 根据U形换热管情况, 为模拟U形管使用状态, 试验标准选用GB/T17898《不锈钢在沸腾氯化镁溶液中的应力腐蚀试验方法》, 采用其中的U形弯曲试验条件。由于钛、不锈钢等材料没有相应的应力腐蚀试验标准, 因此参照此标准进行应力腐蚀性能评价试验。

(2) 试验材料 钛(TA2)、SAF2205、304、316L换热管, 规格为 $\phi 25mm \times 2mm$ 。

(3) 试样形式 试样选用U形试样, 两种弯曲半径($R_1 = 67.5mm$ 、 $R_2 = 52.5mm$), $L = 120mm$, 见图2。

(4) 试样状态 根据不同材料, 不锈钢材料分未固溶处理和固溶处理($1050^\circ C \times 3min$)两种状态; TA2换热管分消应力热处理($540^\circ C \times 15min$)和未消应力两种状态, SAF2205材料分未固溶处理和固溶处理($1050^\circ C \times 3min$)两种状态。

(5) 试验条件 参照GB/T17898使用浓度约为42%的氯化镁水溶液, 沸点(143 ± 1) $^\circ C$; 试验过程保证溶液处于微沸状态, 温度约(143 ± 1) $^\circ C$; 试验采用恒位移法, 通过夹具将U形换

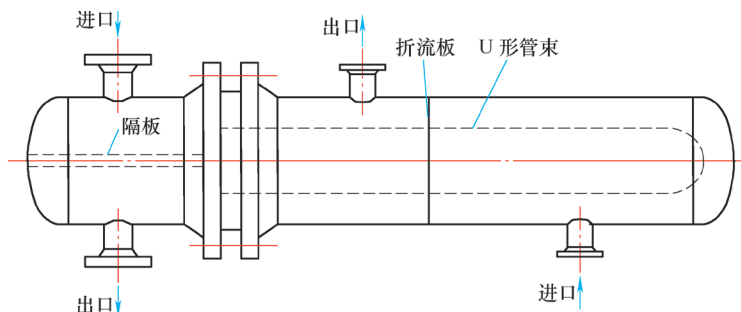


图1 U形管式换热器结构示意图

管开口端固定；试验容器为带有冷却能力的回流冷却器，防止试验溶液浓缩；加热采用电炉。

(6) 试验过程 按图2制备试样，用夹具将两直管段间的宽度压缩一定位移来施加压力，夹具与试样之间垫入绝缘材料，检查试样表面是否有缺陷，然后清洗试样表面。在烧瓶内将氯化镁液加热至沸腾，然后注入试验容器并加热，待溶液完全沸腾后放入施加压力的试样，记录时间作为试验开始时间；试验过程中每隔24h将试样取出，用蒸馏水冲洗干净后用放大镜观察试样表面情况；观察后如无裂纹则立即将试样放入沸腾溶液中，继续试验；重复观察，记录从试验开始到观察到裂纹产生的时间为宏观裂纹发生时间，记录从试验开始到裂纹穿透管壁所需的时间为裂纹贯穿时间；试验周期内，至少7天更换一次溶液。

3. 试验结果及分析

(1) 试样破坏 大部分试样在圆弧顶部附近产生裂纹并导致断裂（见图3），少量试样在圆弧段多处产生条裂纹（见图4、图5）；裂纹从圆弧外定点处萌生，向内部扩展。

(2) 性能分析 各种材料U形管断裂数据见附表。试验结果表明，钛材料耐应力腐蚀性能十分优良，无论是否热处理，弯管在沸腾42% $MgCl_2$ 溶液中几乎都无应力腐蚀倾向；除TA2材料外，其他试样在42% $MgCl_2$ 沸腾溶液中均发生断裂，其应力腐蚀开裂门槛值在40%ss以下；固溶处理对304、316L材料抗氯离子

应力腐蚀性能有较大的影响，固溶后这种材料的断裂时间提高2~3倍。

(3) 断口分析 典型试样断

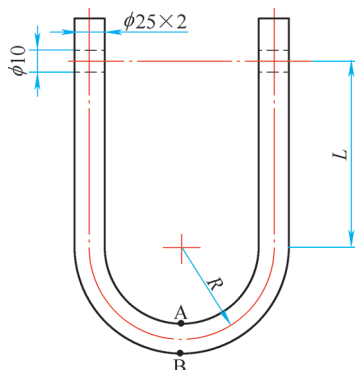
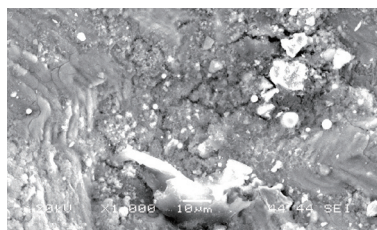


图2 U形管试样



图4 100%应力下316L(未固溶)弯管裂纹萌生和扩展



(a) 2205固溶处理试样断口

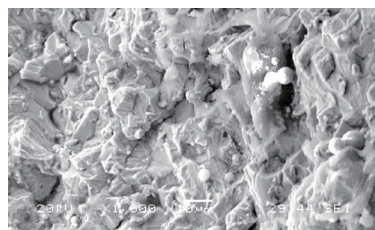
口照片见图6。图6得出了具有代表性的SAF2205材质U形管应力腐蚀断口形貌，从图中可以看出，无论是否进行固溶处理，其



图3 60%应力下304(未固溶)弯管失效状态



图5 40%应力下SAF2205(未固溶)弯管失效状态

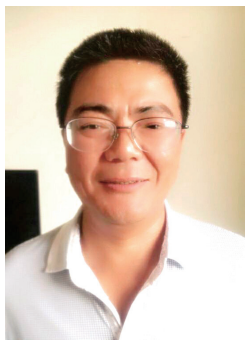


(b) 2205未固溶处理试样断口

图6 应力腐蚀后U形管试样断口形貌

U形管试验数据各种材料U形管断裂数据

材料	状态	应力水平			
		40%ss	60%ss	80%ss	100%ss
		时间/h			
316L	固溶	384	168	384	384
	未固溶	168	168	168	168
304	固溶	216	216	336	216
	未固溶	72	72	72	72
2205	固溶	504	504	456	456
	未固溶	168	144	72	72
Ti	热处理	未断	未断	未断	未断
	未热处理	未断	未断	未断	未断



铝合金油底壳压铸模失效分析及提高使用寿命途径

■ 周友松, 张永亮, 熊英

摘要: 通过对神龙油底壳压铸模失效模式分析, 从模具材料、结构与制造, 以及模具的使用和维护等方面阐述提高铝合金压铸模寿命的方法。

关键词: 铝合金; 压铸; 模具; 失效; 寿命

一、前言

铝合金压铸在汽车用铝合金成形中应用广泛, 在各种汽车零部件成形工艺方法中占到近一半。压铸模由于投资大、生产周期长、制造精度高、造价高等无法回避的问题, 以及由于材料选取复杂、机加工难度大等一系列内外因素的影响, 导致模具过早失效而报废, 造成极大的损失,

使得压铸行业迫切要找到提高模具使用寿命的有效方法。我公司(东风有色铸件有限公司)作为老牌的压铸件生产专业单位, 经历了建厂早期的化油器和各种阀体本体锌合金压铸件生产, 中期的乘用车各种发动机铝合金压铸件的生产, 直至今日重型商用车发动机、变速器、车身件铝镁合金的压铸件生产。2004年开始为神龙公司

配套生产神龙油底壳: 材料为AS9U3铝合金, 最大外形尺寸为400mm×250mm×200mm, 平均壁厚为4mm, 筋和孔较多, 多个部位为安装配合面, 有严格的几何公差与密封性要求。神龙公司年最高需求量20万件。我公司生产该产品已10年以上, 总供货约140万件, 投入模具6套。其中首套模具寿命仅为6万模次; 通过改良和规范后, 第六套模具设计

断裂模式均为经典的脆性断裂, 断口表面覆盖有电解质沉积层或结晶球, 断口有沿晶开裂这一应力腐蚀开裂特点。材料断口内部出现了分布不均匀的微裂纹, 这是明显的穿晶开裂特征。采用固溶处理后, 断口出现了明显的云纹堆积, 有效地增大了断裂纹扩展的路径, 穿晶开裂裂纹明显减小, 这是固溶处理后U形管耐应力腐蚀能力提升的主要原因。此外, 经固溶处理后, 奥氏体不锈钢断口处晶粒分布更加均匀, 其组织内的缺陷明显减少, 在断口处出现了少量验证韧性断裂的

韧窝, 这是其性能提升的次要原因, 该现象与奥氏体不锈钢经固溶处理后出现相态转变和相区分布改变有关。

4. 结语

根据试验结果及分析, 可得出如下结论:

(1) U形管R段顶部是应力腐蚀裂纹产生的主要区域。

(2) 钛材U形换热管弯制后, 不经消除应力热处理, 抗应力腐蚀性能依然很优越, 在实际制造过程中, 弯制后可以不进行消除应力热处理。

(3) 对SAF2205双相不锈钢、316L、304等材料, 冷弯成形的U形管, 固溶处理后抗氯离子应力腐蚀性能明显优于未经固溶处理的U形管。因此, 在U形管弯制后, 应进行固溶处理, 以提高其抗应力腐蚀能力。

(4) SAF2205双相不锈钢材料U形管经固溶处理后, 其抗应力腐蚀性能优于固溶处理后的316L、304奥氏体不锈钢U形管。

作者简介: 赵延峰, 中国石油天然气第一建设公司。

MW 20160916