

加氢反应器开口密封面的补焊修复技术

茂名重力石化机械制造有限公司 (广东 525024) 陈孙艺

【摘要】 安装、试压和检修中发现加氢反应器各种开口的法兰和密封垫存在危及装置安全运行的缺陷, 有针对性地对T形密封槽或金属垫分别采取焊接、研磨和车削等不同的方法进行现场修复, 提高了密封可靠性并通过了耐压试验。

加氢反应器及相关换热器长期在高温、高压和临氢环境中运行, 减少和缩小开口、进出口管线以对接焊缝连接是其设计理念之一。对所有开口密封槽结构均有严格的制造技术要求, 而在工程实际中加氢反应器法兰梯形密封槽存在不少问题, 甚至人孔盖密封槽底部密集裂纹。2000年4月在对某加氢精制反应器定期检验中发现, 在人孔法兰T形密封槽及人孔盖T形密封槽中存在大量树枝状和网状径向裂纹沿人孔圆心放射状分布, 而且也有环向裂纹。按原制造厂制订的修理方案对裂纹进行返修后投入运行, 两年后在相同部位又出现了主要为环向的表面裂纹, 呈树枝状和网状, 可见该类问题的普遍性和顽固性。近几年, 笔者所在单位受业主委托参与了由国内其他厂家制造的多台加氢反应器的开口密封面修复工作, 现以3个实例介绍基本的技术方案, 并从预防的角度谈一些认识。

1. 渣油加氢反应器入口法兰梯形槽底部裂纹的修复

2007年8月, 茂名石化渣油加氢装置I—R105高压渣油加氢反应器油气入口接管法兰梯形槽底部检查修理发现两条 35mm的裂纹, 法兰基材 2.25Cr1Mo, 梯形槽底部堆焊层 TP.309L+TP.347L。笔者所在单位制定的补

焊修复方案经专家审查完善, 实施取得成功, 具体过程如下:

(1) 消氢处理 用电加热带对接管法兰包扎加热进行消氢处理。为防止加热不均匀致接管法兰的变形, 需要对法兰内孔面、外壁面和法兰盘密封面三个面进行全面积的同时加热, 具体包扎位置和热电偶布置如图1所示。制作了一个筒体短节以便在其外圆外包装电加热带, 放置于接管法兰内孔进行内加热, 短节的高度相当于法兰盘的截面宽度。操作时要注意, 一要保证采集的温度能真实反映工件的温度; 二是采用电脑精控温度装置监测升降温速度, 保证温度均匀同步和有足够的时间使设备彻底消氢。加热带和热电偶布置见图1。消氢处理温度曲线见图2。

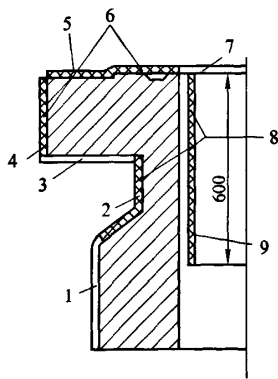


图1 加热带和热电偶布置图

1、3、7.保温材料 2、4、5、9.电加热带 6.热电偶各5个, 沿圆周均布 8.热电偶各4个, 沿圆周均布

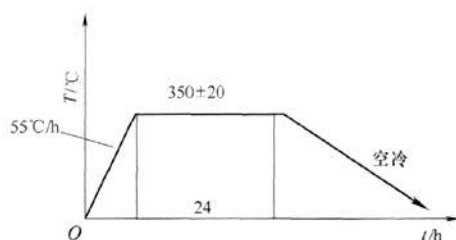


图2 消氢处理温度控制

(2)检查及打磨 消氢处理完毕并待冷却至常温后对梯形槽进行 100%PT 检查,确认裂纹方位(见图3),并用风动砂轮轻柔打磨直到清除裂纹。操作过程中应注意被磨面表面温度 $\leq 50^{\circ}\text{C}$,并保护梯形槽两侧密封面,防止损伤。清除裂纹后进行 PT 检查,以确认裂纹的清除情况。最后 PT检查显示,在梯形槽底部堆焊层与基体交界处存在轻微的剥离性线性缺陷,经有关专家评估研究对整条剥离性线性缺陷打洋冲眼,防止焊接过程中缺陷扩展。



图3 T形槽底部轻微裂纹

在消氢前后还对法兰盘有关尺寸进行检测和对比分析,确认热处理没有引起结构变形。

(3)焊接工艺 清洗干净 PT 显示剂后预热,用消氢电加热工装对接管法兰重新包扎进行焊前预热,保证预热范围内母材全部达到预热温度 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ 时停电进行焊接。

使用手工钨极氩弧焊对裂纹进行补焊。为防止焊接过程中产生裂纹,减少焊接热输入和焊接变形,焊接过程中不要横向摆动,先焊周边再焊中间,底层和中间层(如图4和图5所示)分道焊,必须在打磨的坡口内引弧,同时注意保护密封面,不得电弧擦伤,飞溅密封面。焊接前的准备工作包括焊工在室内的模拟试样制作及其解剖评定,现场的操作方位及防风措施等。由于预热温度会在施焊部位形成上升气流,所以要加大氩气的流量。



图4 底层焊道



图5 中间层焊道

有针对性地选择焊接材料,氩弧焊丝牌号:过渡层 ER309L,表面层 ER347L,规格 $\phi 2.4\text{mm}$,焊丝选用日本 WEL 焊材,焊接前复检合格,符合 ASME SFA5.9 和相关技术条件要求。焊接参数见下表。

焊接参数

层次	焊丝牌号	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/ $\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$
1、2	ER309L	120~140	13~16	8~10
3~5	ER347L	120~150	13~16	8~10

(4)中间检查 对过渡层焊缝进行 100%PT 和 100%UT 检查,检查合格后按表中焊接参数焊接表面层,见图6。焊接前可以预热至 120°C 左右,并注意控制层间温度不得 $> 150^{\circ}\text{C}$,焊完后进行 PT 和 UT 检查保证合格。



图6 表面焊道

(5)焊后中间热处理 焊接完第一层(过渡层)后,接管法兰保持预热温度时立即通电加热到 650°C 进行中间热处理,保温时间 1 h,热处理曲线如图 7 所示。

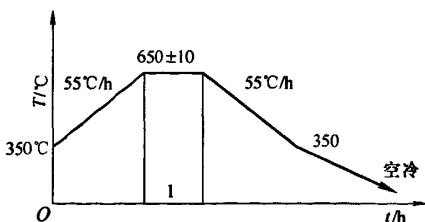


图7 焊后中间热处理温度控制曲线

(6)密封面研磨 检查合格后修磨补焊部位,进行研磨的水平操作,以使整个密封面保持一致的密封性能。

2. 试压发现加氢裂化反应器法兰密封槽泄漏的修复

2009年4月初,某炼油加氢裂化装置 106—R—101B 锻焊反应器($\phi 4400\text{mm}$),现场经 $\geq 34\text{MPa}$ 压力的水压试验检查合格后再进行气密试验。在氮气的过程中压力略 $> 13\text{MPa}$ 时发现多处漏点,包括4个 $\phi 200\text{mm}$ 口径的卸料口和4个 $\phi 150\text{mm}$ 口径的热电偶插口的法兰梯形槽面。细致检测发现,梯形槽密封面均较粗糙,个别槽面有很微小的划痕,影响法兰的密封。其中有两个 $\phi 200\text{mm}$ 口径的梯形槽中心距偏大,一件 $\phi 200\text{mm}$ 口径的梯形槽底过渡圆角偏大,影响了与金属八角垫的配合质量。

上述问题处理方法如下:①中心距偏大的梯形槽,采用专门制作的合金磨头和小砂轮修整梯形槽的内圈,去掉偏离尺寸后留 0.1mm 用油石修磨直到与金属垫的合理配合,最后用特别设计制造的研磨环进行垂直的研磨操作。②采用合金磨头将梯形槽底偏大的过渡圆角轻巧修磨变小,然后用研磨环研磨。③其他表面粗糙的梯形槽,直接采用研磨环研磨。分别采取上述方法处理后取得较好效果,反应器承受了气密试验,不再出现漏点。

3. 芳烃化反应器法兰密封槽缺陷的修复

2009年4月下旬,某炼油芳烃装置设备安装过程中,检查发现 111—R—502 歧化反应器($\phi 5300\text{mm}$)的 DN600 开口和 DN800 开口、R—701 异构化反应器($\phi 4700\text{mm}$)的 DN750 开口和 DN950 开口等一批 T 形密封槽面粗糙或有不同程度的伤痕,经先用水磨砂纸加细砂

轮片蘸水手工打磨,最后配尺制造的研磨环研磨,均消除了伤痕,保证了密封性能。

4. 结语

综上所述,反应器法兰梯形密封槽存在的问题主要是开口口径大小不一。从问题的表现看,有的是堆焊层存在焊接缺陷,有的是结构尺寸制造不准确,有的是密封面粗糙和肉眼可见刻痕,这些都与加工技术水平关系不大,主要是制造工艺技术管理不到位、产品质量检测不严造成的。

研磨可消除表面微小刻痕及热处理带来的微变形,对密封面的研磨是每次修复的共性内容,研磨环研磨应成为必定工序。安装前应仔细检查法兰的梯形槽有无影响密封的缺陷,如果有缺陷应研磨。研磨时用钢垫加研磨砂,研磨到密封线无断裂为合格。对于个别有较深径向贯穿划痕的密封带,应避免采用局部研磨的方法,可以采用整体研磨的方法加以消除或更新密封垫圈,以避免螺栓消耗载荷的增加。研磨是需要实操经验和体力相结合的技术活动,费时耗力。研磨环的材料成分及其毛坯铸造工艺均对其硬度有影响,从而影响研磨效果。

更换或修理垫圈也是保证密封效果的常用方法。齐鲁石化公司的减压渣油加氢脱硫和单段单程减压蜡油加氢裂化装置共有7台加氢反应器,顶部头盖采用了美国雪弗龙公司特殊设计的 RX 型八角垫密封,经过三年多运行后检修时发现垫圈有较大的残余变形,直径比原来减小了 $1.0\sim 1.2\text{mm}$,使得重新装配时八角垫内侧斜面与梯形槽内侧接触,而外侧出现了间隙,这是不允许的。通过在车床上切削掉金属垫的部分材料,使八角垫内侧斜面与梯形槽间隙符合要求。

制造过程中密封槽与密封垫应配尺加工和硬度差控制,因此工序有反复交叉,业主不宜把两个零件分别委托给不同的厂加工制造,最后应对装配,设备维护更新时所用的金属垫也应根据密封槽磨损或修磨情况进行新的配尺加工。如果新设备密封垫安装不正确而损坏了密封面,备件就不一定适合于检修时的更新维护。严格地说,密封垫的备件应该是半成品。MW

(20101213)

鸣谢:本文参考文献作者有李蓉蓉、陈学东、吴育新、李多民、吕运容、王建中、戴俊鸿和阎国超等。在此一并表示感谢。