

加氢装置高压空冷器中低合金钢管板 镍基合金带极堆焊

刘宏 陈伟

(哈尔滨空调股份有限公司, 哈尔滨 150078)

摘要 管子与管板接头对空冷器的耐腐蚀性能具有决定性影响。本项目在低合金钢管板表面堆焊镍基合金, 管子使用镍基合金。在保证空冷器具有优良抗腐蚀性能的前提下, 很大程度上降低了设备投资成本。为了满足加氢装置高压空冷器抗腐蚀要求, 采用镍基合金带极堆焊工艺对 Q345R (HIC) 低合金钢管板进行焊接, 以提高其耐腐蚀性能, 并进行焊接工艺评定, 得到了最佳堆焊工艺参数, 完成了产品制造。

关键词: 加氢装置高压空冷器 镍基合金带极堆焊 低合金钢管板

中图分类号: TG455

0 前言

目前中国在役的加氢装置反应产物空冷器多为碳钢材料, 其中管箱和管子均为碳钢, 在长周期操作和生产上存在着安全隐患。对于新建设的加氢装置, 尤其是加氢裂化和渣油加氢脱硫等装置, 开始选用镍基合金 Incoloy 825、双相钢等作为空冷器材料, 包括其中管箱和管子, 但缺点是造价昂贵且加工制造难度大^[1-3]。

该项目产品在保证空冷器具有优良抗腐蚀性能的前提下, 在碳钢管箱表面堆焊镍基合金, 管子使用镍基合金, 很大程度上降低了设备投资成本; 另一方面, 设备的整体抗腐蚀能力提高, 避免了碳钢材质的空冷器因腐蚀而导致泄露的缺点, 能保证装置长周期生产操作和安全生产。该产品制造的关键点在于镍基合金焊

带在碳钢管箱上进行大面积堆焊。因此在产品管板堆焊之前, 进行了带极堆焊试验及焊接工艺评定^[4-13]。

1 焊接工艺试验方案的确定

1.1 试验材料及焊接方法的选择

按照设计图要求(图1), Q345R (HIC)管板需堆焊7~9 mm 厚度镍基合金后加工至6 mm。由于堆焊工作量大, 采用焊条电弧焊或熔化极气体保护焊堆焊生产效率低、稀释率高、质量不稳定, 显然不能满足工期要求, 因此选用带极埋弧堆焊的焊接方法, 既保证了制造工期, 也保证了产品质量, 表1是该空冷器的主要技术参数。

1.2 焊接材料的选用

管板堆焊镍基合金 Inconel 625, 焊带采用苏铎凯 (Soudokay) 的Soudotape 625, 规格为60 mm×0.5

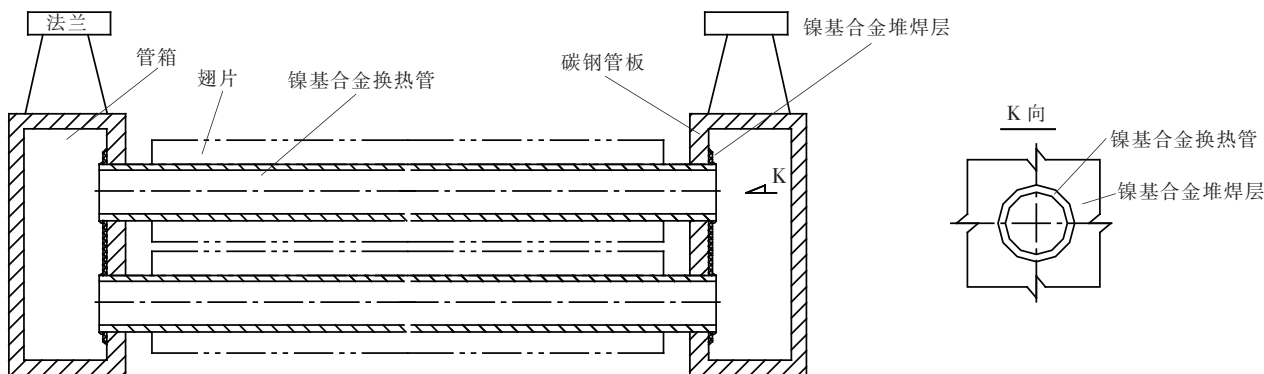


图1 产品结构示意图

表 1 该空冷器主要技术参数

操作 压力 P_1/MPa	操作温度		设计 压力 P_2/MPa	设计 温度 $T_3/^\circ\text{C}$	管束材质		
	进口 $T_1/^\circ\text{C}$	出口 $T_2/^\circ\text{C}$			管箱	管板内侧	换热管
15.90	137	50	17.3	275	Q345R (HIC)	合金 625	Incoloy825

表 2 焊带的化学成分(质量分数,%)

C	Si	Mn	Fe	Cr	Mo	Nb	Ti	Al	Ni
0.015	0.120	0.050	0.250	22.00	8.70	3.50	0.200	0.140	余量

2 焊接工艺评定

2.1 焊接工艺评定试验

因为首次进行镍基合金 625 的堆焊,在选定了焊接材料后,进行了带极堆焊的焊接工艺评定试验。

(1)焊接镍及镍合金,焊前清理工作是非常重要的。堆焊前应彻底清除待堆焊表面的油、锈等杂物。

(2)在堆焊过渡层时,考虑到堆焊管板厚度较大,镍基合金焊接熔池流动性差,焊接热应力较大,且低合金钢母材和镍基堆焊层线膨胀系数相差较大,因此焊前对基层进行了适当的预热。预热温度可减少温差应力及焊缝中的淬硬组织,防止焊缝中产生裂纹。但预热温度过高会使熔深增加,从而增大熔合比。对于低合金钢 Q345R(HIC),预热温度选择 100℃为宜。

(3)在过渡层表面堆焊覆层时,预热会使热影响区在危险温度区停留时间增加,从而增大应力腐蚀倾向,且镍基合金在焊接过程中热裂纹倾向较大,因此堆焊覆层前不预热,而且要严格控制层间温度,一般不超过 100℃为宜。

(4)Inconel 625 带极堆焊焊接工艺参数见表 3。

2.2 焊接工艺评定试件的检验

在采取了以上工艺措施后,对堆焊试板进行了以下检验:

(1)堆焊后,对堆焊层进行 100% 超声波探伤,100% 着色检测,试板表面成形良好,无损探伤未发现缺陷。

(2)对堆焊试板进行了侧弯试验,试验结果见表 4。从弯曲试验参数可以看出,侧弯全部合格。

表 3 带极堆焊焊接工艺参数

焊层	焊带牌号	焊带规格 (mm×mm)	电流 极性	焊接电流 I/A	电弧电压 U/V	焊接速度 $v/(\text{cm}\cdot\text{min}^{-1})$	焊后热处理
过渡层	SOUDOTAPE 625	0.5×60	直流反接	700~750	24~26	10~14	(620±10)℃×4 h
覆层	SOUDOTAPE 625	0.5×60	直流反接	600~650	24~26	10~14	(620±10)℃×4 h

表 4 带极堆焊弯曲试验

试样编号	试样类型	试样厚度 δ/mm	弯心直径 d/mm	弯曲角度 $\alpha/^\circ$	试验结果
1	侧弯	10	40	180	合格
2	侧弯	10	40	180	合格
3	侧弯	10	40	180	合格
4	侧弯	10	40	180	合格
5	侧弯	3	12	180	合格
6	侧弯	3	12	180	合格
7	侧弯	3	12	180	合格
8	侧弯	3	12	180	合格

(3) 焊层按 GB/T 223 进行化学成分分析^[2]。取样位置为距熔合线 5 ~ 6 mm 处, 分析结果见表 5, 结果符合设计要求。

(4) 对堆焊试板硬度检测, 试验结果。

(5) 对堆焊层按 ASTM A262 - 10C 法进行了晶间腐蚀试验^[3], 试验结果合格。

(6) 对堆焊层按 YB/T 5362—2006《不锈钢在沸腾氯化镁溶液中应力腐蚀试验方法》进行了氯化物应力

表 5 堆焊层化学成分(质量分数, %)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe	Nb
0.017	0.27	0.72	0.005 4	0.001 8	20.93	60.45	8.21	0.044	5.83	3.10

腐蚀试验^[4], 试验结果合格。

3 产品焊接

焊接工艺评定试验结果合格后, 按照所确定的焊接工艺进行产品管板的堆焊, 如图 2 所示, 结果表明所确定的焊接工艺满足产品技术要求。



图 2 堆焊产品管箱

焊接工艺要点:

- (1) 焊前对管板表面进行喷砂处理。
- (2) 用炉中加热的方法将待堆焊管板预热至 100 ℃。
- (3) 按照焊接工艺试验确定的焊接工艺参数进行焊接。
- (4) 堆焊后, 对堆焊管板进行 100% 超声波探伤, 100% 着色检测。

4 结论

(1) 选择镍基合金 Inconel 625 焊带进行多道堆焊时, 上一道留下的熔渣必须在下一道焊接前清除干净。为提高表面堆焊层的抗腐蚀能力, 堆焊后的表面清理很重要。

(2) 带极堆焊熔敷速度快, 熔深浅而均匀, 稀释率低, 焊道宽而平整, 是低合金钢管板大面积堆焊镍基合金的首选方法。

(3) 该批高压空冷器自开工以来全部运行平稳, 没

有出现任何泄露事故。保证了装置的长周期安全运转, 避免了因腐蚀泄露出现的非正常停工。

参考文献

- [1] 冯勇, 罗纯东. Incoloy 825 材料在加氢裂化装置高压空冷器上的应用[J]. 炼油技术与工程, 2006, 36(5): 24-26.
- [2] 柴祥东. 加氢反应产物空冷系统的腐蚀及其复杂性[J]. 石油化工设备技术, 2016, 37(4): 32-37.
- [3] 尹继英. 关于 Incoloy 825 加氢高压空冷器的加工技术分析[J]. 中国新技术新产品, 2017(21): 62-63.
- [4] 黄健成, 姚润钢, 姚上卫. 热处理对镍基 625 合金带极堆焊层组织及耐晶间腐蚀性能的影响[J]. 焊接技术, 2016, 45(7): 29-32.
- [5] 吕延茂, 韩冰. 大型管板带极堆焊平面度的控制[J]. 化工装备技术, 2018, 39(1): 44-46.
- [6] 杜金涛, 潘秀娟, 王子伟, 等. 大直径管板堆焊变形模拟及控制[J]. 石油化工设备, 2016, 45(6): 61-64.
- [7] 李双燕, 张茂龙. 三代核电带极电渣堆焊技术研究[J]. 现代焊接, 2016(6): 21-26.
- [8] 袁园. 煤气预热器埋弧带极堆焊工艺[J]. 化工管理, 2016(14): 208.
- [9] 辛宇. 反应堆压力容器三交区堆焊技术研究[J]. 机械工程师, 2017(1): 249-250.
- [10] 王金光. 大面积 UNS N06625 电渣带极堆焊技术研究[J]. 石油化工设备, 2011, 40(6): 64-66.
- [11] 熊建坤, 张峻铭. 某汽轮机大型管板带极堆焊数值模拟及工艺优化[J]. 东方汽轮机, 2016(3): 37-41.
- [12] 黄健成, 姚上卫. Nb 含量对 625 合金带极堆焊层耐晶间腐蚀性能的影响[J]. 材料开发与应用, 2016, 31(5): 36-39.
- [13] 王雨, 周大坤. 加氢反应器内壁带极堆焊工艺探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014(10): 84.

作者简介: 刘宏, 1966 年出生, 硕士。主要从事焊接工艺及新材料产品的生产与制造。