

哈氏合金复合板封头热成形技术

王 晏 (新疆兰石重装能源工程有限公司, 新疆 哈密 839000)

摘要: 哈氏合金具有优异的耐蚀性能,但在一定程度上不具有较好的热稳定性。通过对哈氏合金热特性的研究,并结合设备的生产制造特点对设备封头采用先成型后堆焊耐蚀层的方式,有效避免了哈氏合金在加工制造过程中可能出现的敏化问题。

关键词: 哈氏合金; 压力容器; 热处理; 焊接

0 引言

由中国昆仑工程有限公司设计新疆中泰昆玉材料有限公司的PTA项目精制第一结晶器,设备规格为 $\phi 5600\text{mm} \times 7500\text{mm} \times (147+4)\text{mm}$,基层材质为Q345R,内壁耐蚀层为N10276,设计温度290℃。PTA即对苯二甲酸,设备内壁接触高浓度醋酸、溴离子、凝结水、对苯二甲酸等腐蚀性介质。设备在高温、高压及酸性介质的环境下运行,因此对设备内壁耐蚀有着严苛的要求。同时,该设备封头要求采用热冲压整体成型,冲压温度在930℃左右,考虑该成型温度在N10276材质敏化温度区间内,在制定封头成型工艺时需注意基层金属与复层金属的热特性差异,工艺既要符合设计方对复合板力学性能的要求,也要保证N10276复层金属的耐腐蚀性能,因此合理封头成型工艺显得尤为重要。

1 哈氏合金 C276 (N10276) 简介

哈氏合金有Ni-Mo系、Ni-Cr-Mo系及Ni-Si系耐腐蚀合金^[1]。哈氏合金种类有Hastelloy A、B、C、D、F、G、N、X、W等牌号。从工业应用方面主要可以分为三个系列:B、C、G,其中C系列合金是应用最广泛的合金。哈氏合金C276是一种含钨的镍-铬-钼合金,其中较高的钨、铬含量使合金能够耐氯离子腐蚀,钨元素进一步提高了整体的耐蚀性。同时哈氏合金在氧化介质和还原性介质中都有着优异的耐腐蚀性能,目前C系列哈氏合金已广泛应用于核电、航天航空、精细化工、环境工程,换热器等领域。

2 哈氏合金 C276 (N10276) 热处理特性及试验

C276在某些工艺条件下对晶间腐蚀较敏感,且高温环境下C276并不具备足够的热稳定性,在650-1090℃温度区间内长时间时效后,会在晶界析出碳化物或伴随产生金属化合物,使其临近地区产生铬和钨的贫化,在一些介质中由于贫化区的优先腐蚀会造成晶间腐蚀^[2]。因此在该类材质设备制造过程中,应充分考虑其热特性,尽量避免设备在此温度区间进行加工制造。

我公司所生产的哈氏合金设备为Q345R+N10276复合板材质,在封头制造过程中要求采用热冲压成型,其热冲压温度为930℃附近,考虑镍基材料在热成型过程中可能出现上文所述敏化问题,需对其热特性进行验证试验。通过不同加热制度研究温度和保温时间对哈氏合金N10276耐晶间腐蚀性能的影响。

2.1 加热温度及时间制定

哈氏合金N10276在650-1090℃范围内加热不具备足够的热稳定性,但该设备封头制造过程中最高温度在一般出现930℃附近,因此模拟温度区间设定为600-950℃,试件加热采用台式电阻炉,额定温度1100℃。试件进炉温度 $\leq 600\text{℃}$,加热速度120℃/h,在敏化温度范围内,分别均热20min,40min和60min,均热完成后出炉空冷,加热设备采用台式电阻炉。

表1 具体加热温度

序号	温度/℃	时间/min
1	650	20/40/60
2	700	20/40/60
3	750	20/40/60
4	800	20/40/60
5	850	20/40/60
6	900	20/40/60
7	950	20/40/60
8	常温	/

表2

编号	保温温度(℃)	保温时间(min)	腐蚀速率(g/m ² ·h)
1	650	20	2.386
2		40	4.122
3		60	2.798
4	700	20	2.747
5		40	2.232
6		60	2.305
7	750	20	2.383
8		40	2.628
9		60	1.999
10	800	20	1.953
11		40	2.633
12		60	5.179
13	850	20	4.93
14		40	6.349
15		60	12.549
16	900	20	6.491
17		40	18.949
18		60	23.012
19	950	20	4.169
20		40	8.427
21		60	4.972
22	常温	/	2.010

2.2 试件制备

试件采用C276钢板,规格为75×75×15mm,根据

加热制度制作试块共计 22 件。

2.3 试件检测项目

试件经不同温度时效后 ASTM G28 A 法腐蚀试验。

2.4 试验结果及分析

经过对 C276 试板进行不同温度、不同时间的时效后, 再按 ASTM G28 A 法相关要求进行了腐蚀试验, 结果见表 2。

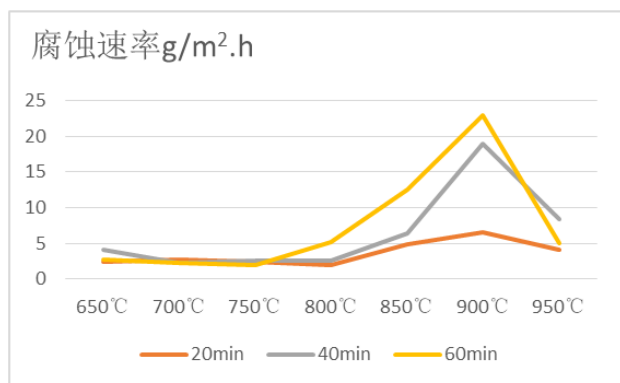


图 1 通过对以上试件整理检测结果绘制图

2.4.1 加热温度对腐蚀速率的影响

以上数据可知, 哈氏合金在 650-700°C 区间, 腐蚀速率与常温状态下相比变化不大。在 700-850°C 范围区间, 腐蚀速率呈现出腐蚀速率增加趋势, 在 900°C 附近, 腐蚀速率达到峰值, 最大腐蚀速率已达到 23.012g/m².h。在 900-950°C 范围内试件腐蚀速率出现减小趋势。

2.4.2 保温时间对腐蚀速率的影响

以上数据可知, 哈氏合金 C276 在 650-700°C 加热, 相同加热温度下, 保温时间的变化对其腐蚀速率影响较小; 在 700-950°C 范围内, 试件腐蚀速率呈现出随加热时间增长, 试件腐蚀速率增大的现象。

2.5 小结

通过对试块采用不同的加热制度后, 对其腐蚀速率进行测量, 从数据看可出 C276 合金在 700-950°C 区间进行加热时效, 其腐蚀速率呈现出先升高后降低趋势; 并随着加热时间越长, 其晶间腐蚀速率越快。因此在该材质设备制造过程中应尽量避免在以上温度区间加工制造。

3 Q345R+N10276 复合板封头制造过程

结合封头基层金属热冲压温度 (930°C 附近) 和以上试验结果, 为保证封头成型后内壁耐蚀层性能符合技术要求, 故封头制造采用基层热冲压成型后内壁进行耐蚀层堆焊的方式。

3.1 封头内壁堆焊前准备

堆焊开始前, 需对封头基层超声检测和磁粉检测, 并对其表面进行清理, 采用打磨或喷丸进行表面除锈和油污清理。同时内壁待堆焊面表面印记应清理干净, 防止其中有害元素在焊接过程中与焊材中 Ni 元素产生共晶, 增加焊接热裂纹倾向。

3.2 带级堆焊工艺参数及要求

镍基合金液态金属流动性差, 且熔深较浅, 焊缝具

有热裂纹倾向。焊接过程中合理的控制焊接热输入量, 选择合适的焊接速度, 减少焊接接头高温停留时间, 有利于对控制和减少热裂纹的产生, 提高堆焊金属的耐腐蚀性。

封头内壁堆焊采用双层电渣带极堆焊, 过渡层采用 H625+SJ82B, 耐蚀层采用 H276+SJ86B, 焊材规格采用 50×0.4mm。要求封头内壁堆焊厚度 6.5mm, 其中过渡层 3mm, 表层 3.5mm。结合带级电渣堆焊特点, 在焊前需加装磁控装置, 避免在堆焊过程中焊带边缘产生咬边缺陷。要求堆焊后, 焊道厚度应均匀, 表面应平滑, 两相邻焊道之间的凹下量不得大于 1mm, 焊道接头的不平度不得超过 1.0mm。

表 3

焊接方法	焊材	焊接电源	电流 (A)	电压 (V)	焊接速度 (m/h)
ESW	H625+SJ82B	DCEP	720-780	24-28	9-13
ESW	H276+SJ86B	DCEP	720-780	24-28	9-13

3.3 焊后检测

过渡层金属堆焊后对其堆焊表面进行 100% 渗透检测, 检测后将检测试剂完全清理干净后, 在进行表层金属的堆焊。表层堆焊后, 需按技术条件要求对堆焊熔合面进行超声检测, 保证堆焊金属与基层金属紧密贴合, 并对堆焊层进行堆焊层测厚。

表 4

检测项目	检测结果
表层 100%PT	合格
熔合面 100%UT	合格
超声波测厚	6.3、6.7、6.6、6.2、6.1、6.9、6.0、6.3

3.4 小结

哈氏合金复合板封头采用先成型后堆焊的制造工艺, 有效的避免哈氏合金在封头成型过程中易产生的敏化问题。同时采用技术成熟的焊接工艺, 对内壁耐蚀层进行带级堆焊, 通过严格控制焊接过程中相应环节和制定合理的焊接参数, 充分保证了堆焊后的耐蚀层成型质量。

4 总结

哈氏合金具有优异的耐蚀性的同时兼具良好的焊接性, 能在氧化和还原性两氛围状态中, 对大多数介质有优异的耐腐蚀性能。但哈氏合金 C276 存在敏化区间, 在设备制造过程中应避免在敏化温度下长时间时效。在制造过程中, 综合考虑该设备技术要求和哈氏合金材料特点后, 最终采用先成型后堆焊的方式对设备封头进行加工制造, 充分保证了封头内壁的耐蚀性能要求。

参考文献:

[1] 王平, 李宇. 哈氏 B-3 合金大型压力容器的研制 [J]. 压力容器, 2007, 24(11): 26-30.
 [2] 刑卓. Hastelloy C 系列合金综述 [J]. 化工设备与管道, 2020, 57(04): 43-51.
 [3] 程姗姗. 化纤 PTA 装置不锈钢材料腐蚀行为研究 [D]. 西安: 西安石油大学, 2012.