

文章编号: 1002- 025X(2007) 02- 0037- 02

15CrMoR 钢板的焊接工艺

单 利, 韩光亮

(淄博澳信机械制造有限公司, 山东 淄博 255438)

摘要: 从某石油化工厂 催炉301改换热器技术改造项目中承接了1台凝结水罐制造任务, 由于操作温度较高, 设计上选用了15CrMoR材料。对15CrMoR钢板进行了焊接性分析, 从焊接方法、焊接材料、焊前预热、焊接工艺参数、焊后热处理等方面进行了焊接工艺性试验, 分析总结出了合适的焊接工艺并成功应用于该设备的制造。

关键词: 15CrMoR钢; 焊接性分析; 焊接工艺性试验; 产品焊接

中图分类号: TG457.11 文献标识码: B

1 概况

2002年, 本公司从某石油化工厂 催炉301改换热器技术改造项目中承接了1台凝结水罐制造任务。该凝结水罐设计压力3.85 MPa, 设计温度465℃, 工作压力3.5 MPa, 工作温度435℃, 工作介质为蒸汽和冷凝水, 故选用具有较高的高温强度和抗氢性能较好的15CrMoR材料。该设备由2个封头和1个筒体组成, 其结构如图1所示。

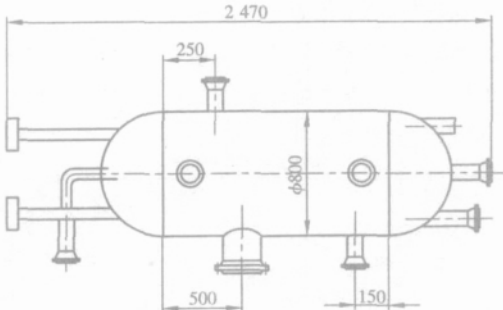


图1 凝结水罐结构示意图

2 15CrMoR钢的焊接性分析

2.1 15CrMoR钢板的化学成分及力学性能

15CrMoR钢板符合GB 6654—1996《压力容器用钢板》的要求, 其化学成分和力学性能分别见表1和表2。

表1 15CrMoR钢板化学成分(质量分数)(%)

	C	Mn	Si	Mo	Cr	S	P
标准	0.12~0.18	0.40~0.70	0.15~0.40	0.45~0.60	0.80~1.20	0.020	0.030
入厂检验	0.13	0.56	0.24	0.47	0.97	0.012	0.006

表2 15CrMoR钢板力学性能

	σ/MPa	σ _s /MPa	(%)	冷弯试验	冲击吸收功/J(20℃)
标准	450~590	295	19	d=3a	31 J
入厂检验	485	350	31	合格	300/300/300

根据国际焊接学会(IIW)推荐的碳当量计算公式计算的该钢碳当量为0.511 3%。又据JB/T 4709—2000《钢制压力容器焊接规程》常用钢号推荐的预热温度和施焊环境等因素综合考虑, 15CrMoR的焊接预热温度设定为150℃。

2.2 焊接中易出现的问题及预防措施

2.2.1 焊缝金属及热影响区硬化

15CrMoR钢中的主要合金元素Cr和Mo显著提高了钢的淬硬性, Mo的作用比Cr约大50倍。这些合金元素推迟了冷却过程中的转变, 提高了过冷奥氏体的稳定性。在焊接过程中, 热输入过小时, 易出现过硬组织; 热输入过大时, 焊缝金属及热影响区晶粒显著变粗。两者明显降低了焊缝金属及热影响区的塑韧性。

2.2.2 再热裂纹

再热裂纹倾向取决于钢中碳化物形成元素的特性及其含量。再热裂纹总是产生在焊接热影响区, 它与焊接工艺参数密切相关。为防止再热裂纹的产生, 应采取如下措施:

- (1) 严格控制母材和焊材的合金成分, 特别是要将V、Ti、Nb等合金元素的含量严格控制到最低程度。
- (2) 选用高温塑性优于母材的焊接材料。
- (3) 采取焊前预热, 焊后保温缓冷(后热)的措施。
- (4) 采用较小热输入的焊接工艺和方法, 减小焊接过热区宽度, 细化晶粒。
- (5) 选择合理的热处理制度, 避免在敏化温度区间停留较长时间。

2.2.3 回火脆化

15CrMoR钢的回火脆化与其杂质含量有着密切关系, 应严格控制钢中的P、As、Sb、Sn等杂质, 同时降低焊缝金属中的Si、Mn等元素的含量, 是解决回火脆性的有效措施。

3 焊接工艺性试验

焊接材料的选择和匹配、焊接方法和工艺、焊接热输入和

焊后热处理等是影响焊接接头的主要因素。

3.1 焊接方法

打底焊采用单面焊双面成形钨极氩弧焊；填充和盖面焊使用便于操作、易于控制的焊条电弧焊。

3.2 焊接材料的选配

焊接材料选择原则应是焊缝金属的合金成分与强度性能基本上与母材相应指标一致。由15CrMoR钢的焊接性分析和JB/T 4709—2000 《钢制压力容器焊接规程》选用与之相匹配的国产焊丝H13CrMoA（符合GB/T 14957—1994）和国产焊条R307（GB/T 5118—1995），其化学成分和力学性能分别见表3、表4。

表3 焊材化学成分（质量分数）（%）

		C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo
H13Cr-MoA	标准	0.11~0.16	0.40~0.70	0.15~0.35	0.030	0.030	0.80~1.10	0.40~0.60
	入厂检验	0.10	0.56	0.17	0.018	0.010	0.95	0.48
	标准	0.05~0.12	0.90	0.60	0.035	0.035	1.00~1.50	0.40~0.65
R307 φ3.2 mm	入厂检验	0.065	0.77	0.35	0.008	0.021	1.27	0.57
R307 φ4 mm	入厂检验	0.072	0.76	0.21	0.008	0.013	1.26	0.55

表4 焊条力学性能

		σ/MPa	σ _s /MPa	δ/MPa	A _{KV} /J（常温）
标准		540	440	17	27
R307 φ3.2 mm	入厂检验	605	505	23	220/219/226
R307 φ4 mm	入厂检验	595	495	27	222/191/200

3.3 坡口制备

试样坡口形式及尺寸如图2所示。焊前坡口用磁粉探伤方法检查表面是否有裂纹。应将坡口表面及其两侧各宽20 mm范围内的水、铁锈、油污、积渣和其它杂质清除。用履带式电加热器进行预热，温度达到150 ℃时，用岩棉包扎恒温15 min。

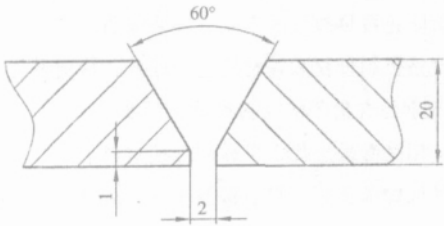


图2 坡口形式及尺寸

3.4 焊接工艺

（1）经过反复几次焊接工艺参数试验，总结出较为合理的焊接工艺参数，见表5。

表5 焊接工艺参数

	焊接方法	焊材	规格/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊速/(mm·min ⁻¹)
打底	钨极氩弧焊	H13CrMoA	φ2	100~130	9~13	100~160
填充	焊条电弧焊	R307	φ3.2	100~120	22~24	90~110
盖面	焊条电弧焊	R307	φ4	140~160	22~24	120~140

立即用履带式电加热器升温到（300±5）℃，用岩棉包扎恒温24 h后，缓慢冷却到室温。

（3）试样冷却到室温24 h之后，对试样焊缝表面进行了形状尺寸和外观质量检查，其结果均满足要求；进行了100%MT检查，结果表面无裂纹、气孔、弧坑等缺陷；进行100%的X射线检测，应不低于JB 4730—1994 《压力容器无损检测》中级要求，其结果全部为Ⅱ级。

（4）焊后热处理不仅可以消除焊接残余应力，更重要的是可以改善组织，提高焊接接头的综合力学性能。试样在电阻炉内进行热处理，热处理工艺曲线如图3所示。

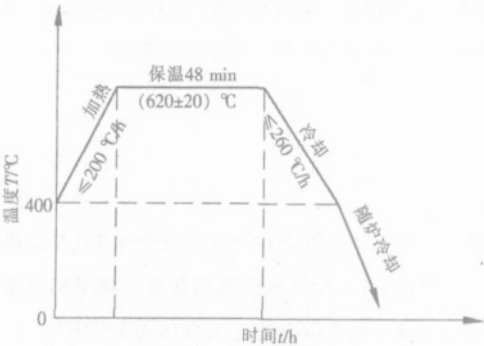


图3 热处理工艺曲线

（5）热处理后再对焊缝金属进行100%的MT检查和100%X射线检测，其检测结果均合格。

3.5 焊接接头力学性能检验

对试样焊接接头按照JB/T 4708—2000 《钢制压力容器焊接工艺评定》进行力学性能检验，拉伸、弯曲、冲击试验均合格，其力学性能检验数据及结果见表6。

表6 力学性能检验数据及结果

试验项目		数量/件	数据（结果）
焊缝抗拉强度/MPa		2	502/515
侧弯（≈180°）		4	完好无缺陷
A _{KV} /J	焊缝金属	3	200/190/186
	热影响区	3	219/202/196

4 产品焊接

根据前述焊接工艺试验所确定的工艺参数及技术要求，应用于凝结水罐进行焊接，制造后的设备外观、焊缝表面、焊缝金属的无损检测、力学性能检验均满足要求。

5 结论

（1）通过以上分析可知，15CrMoR钢焊接性较差，必须严格执行工艺措施，才能保证获得较好的焊缝综合力学性能。

（2）将上述工艺成功应用于凝结水罐的制造，该设备自投用以来，至今运行状态良好。

作者简介：单利（1977—），男，山东淄博人，从事压力容器焊接工艺与制造工艺的设计工作。
http://www.cnki.net