

15CrMoR和06Cr25Ni20异种钢的焊接工艺

周子业

【摘要】通过对15CrMoR和06Cr25Ni20两种钢材的焊接性分析，以及焊接方法、焊接材料、焊接参数的选择，经焊接工艺试验，验证了焊接参数的可行性，分析总结出了合适的焊接参数并成功应用于生产。

我公司2013年为河北某石油炼化企业生产了一台转化气蒸汽发生器，它是制氢装置中的关键设备之一，Ⅲ类压力容器。壳程主体材料为15CrMoR，管箱主体材料为15CrMoR和06Cr25Ni20，A、B类焊缝采用100%RT射线检测，Ⅱ级合格，检测标准JB/T4730.2—2005，焊后进行消除应力热处理。

1.15CrMoR和06Cr25Ni20钢的焊接性

（1）化学成分和力学性能分析　15CrMoR钢板应符合GB713—2008《锅炉和压力容器钢板》标准要求，正火加回火状态交货；06Cr25Ni20钢板应符合GB24511—2009《承压设备用不锈钢钢板和钢带》标准要求，固溶酸洗状态交货。化学成分如表1所示，力学性能如表2所示。

（2）焊接性分析　15CrMoR是以Cr-Mo为基的低合金耐热钢，焊接时产生冷裂纹的倾向较大，而且裂纹具有延迟性。而06Cr25Ni20钢是以Cr-Ni为基的高合金奥低体耐热钢，焊接时易产生热裂纹。从以上分析可看出，15CrMoR和06Cr25Ni20钢是两种焊接性截然相反的材料，热膨胀系数差别较大，焊接接头应力分布不均。因此焊接时必须采取合适的焊接参数和精细的施工工艺措施，才能使焊接接头的力学性能满足要求。

表1　化学成分（质量分数）　（%）

材料	C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S
15CrMoR	0.15	0.22	0.52	1.0	0.13	0.011	0.002
06Cr25Ni20	0.048	0.77	0.98	25.01	19.4	0.018	0.0071

表2　力学性能

材料	R_{eL}/MPa	R_m/MPa	A(%)	KV_2(20℃)/J	弯曲(180°，d=3a)	硬度HRB
15CrMoR	347	501	30.5	252	合格	86.5
06Cr25Ni20	307	585	47	—	—	—

2. 焊接工艺试验

按照TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》的要求，依据NB/T47014—2011《承压设备焊接工艺评定》要求，使用新材料以及焊接工艺评定项目不能覆盖的产品，必须进行焊接工艺评定，以确定合适的焊接材料和相应焊接参数，保证焊缝接头性能满足设计要求和使用要求。

（1）焊接方法　根据两种钢材的特性，考虑到熔合比对焊接接头质量的影响，选择焊条电弧焊进行焊接。

（2）焊接材料　根据两种钢材的焊接性，从调整焊缝和熔合区的组织性能、抑制熔合区中碳的扩散、改变焊接接头的应力分布和提高焊缝金属抗裂纹能力等方面考虑，按照化学成分和强度匹配的原则，同时考虑消除焊缝金属中的氢含量，提高韧性，焊条选用E310—16（A402），化学成分和力学性能如表3所示。

（3）坡口形式及尺寸　考虑到焊缝金属熔合比和焊缝的充分熔合，熔合比越小越好。坡口角度越大，熔合比就越小，焊缝

金属化学成分和力学性能就越稳定。选用V形坡口，用刨边机加工坡口，如图1所示。

（4）焊接参数　在保证焊接质量的前提下，采用较小的焊接电流、较快的焊接速度以减少热输入，尽量采用多道多层焊接，以减少热源在焊缝接头的停留时间，减少碳的迁移，提高焊接接头的耐热性能。焊接参数如表4所示。

（5）焊接技术要求　焊前准备：焊前应认真清除坡口及两侧各50mm内的油污等污物，坡口表面用渗透方法检测，要求表面无裂纹、分层等缺陷，符合JB/T4730.5—2005标准Ⅰ级合格。

焊接要求：15CrMoR钢的焊接性较差，为防止焊接产生冷裂纹，焊前应先对其进行预热，预热温度为120~200℃，然后与06Cr25Ni20钢进行组对，要求错边量≤2mm。焊工持证项目SMAW-FeⅣ-1G-12-Fef4J，内侧用SMAW 、A402（ϕ3.2mm）焊条打底焊1层，用A402（ϕ4.0mm）焊条焊5层，采用多层多道焊接，层间保温120~150℃。焊接完成后背面用碳弧气刨清根，清除熔渣和飞溅，打磨焊缝，外侧用SMAW焊接2层。焊接完成后，要求对焊缝进行后热、保温缓冷，以避免产生焊接裂纹。

焊接检验：每施焊一层，都要进行目测检测，无气孔、夹渣等缺陷后方可施焊下一层。焊接完成后，首先进行外观检测，表面无弧坑、气孔及裂纹等缺陷，外观符合要求，无损检测时机应于焊接完成24h后进行，100%RT射线检测，符合JB/T4730.2—2005标准中Ⅱ级合格。

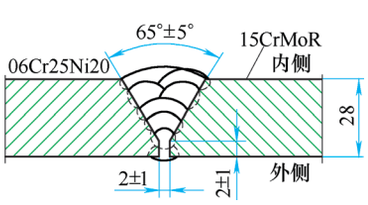


图1　焊接接头示意

表3　焊条的化学成分和力学性能

化学成分（质量分数，%）								力学性能	
C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	Mo	R_m/MPa	A(%)
0.048	0.56	1.22	26.30	20.56	0.013	0.005	0.13	608	41

表4　焊接参数

焊接方法	焊接材料	焊接层次	极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}
SMAW	A402、ϕ3.2mm	打底焊1层	DCEP	90~110	22~24	12~14
	A402、ϕ4.0mm	内焊4层	DCEP	120~140	24~25	10~12
	A402、ϕ4.0mm	外焊2层	DCEP	120~140	24~25	10~12

（6）焊后消除应力热处理　根据GB150.4—2011规定，15CrMoR钢应进行焊后消除应力热处理，热处理曲线如图2所示。热处理完成后焊缝表面进行100%磁粉检测，符合JB/T4730.4—2005标准中Ⅰ级合格。

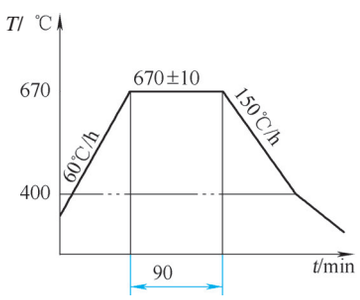


图2　热处理曲线

（7）焊接工艺评定　试件焊接完成后，应按NB/T47014—2011《承压设备焊接工艺评定》进行焊接工艺评定，试样按NB/T47016—2011《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》要求进行制备：2件拉伸试样， 4件横向侧弯试样，6件冲击试样（焊缝区、15CrMoR侧热影响区各3件）。试样加工完成后，委托进行力学性能试验，并对试样和报告进行审核，验证预焊接工艺规程的正确性。焊接接头力学性能试验数据如表5所示。

3. 结语

通过15CrMoR和06Cr25Ni20钢的焊接工艺评定，验证了焊接工艺的可行性，根据此评定的数据而编制的焊接工艺应用于生产，效果良好。

表5　焊接接头力学性能试验数据

拉伸试验		冲击试验（20℃）		弯曲试验（180°，d=40mm）
R_m/MPa	断裂位置	焊缝/J	热影响区(15CrMoR侧)/J	
523	15CrMoR侧热影响区	131、133、139	128、118、121	侧弯合格

作者简介：周子业，淮南舜化机械制造有限公司。

MW 20160302