

Q345R与N08825异种钢焊接工艺试验

赵瑞辉

【摘要】在回收塔冷凝器中的壳程侧，膨胀节选用N08825材料，壳体选用Q345R材料，两种材料由于焊接性不同，焊接时容易产生热裂纹缺陷。因此，采用氩弧焊打底，焊条电弧焊填充、盖面。通过选择焊接材料、设计坡口、控制层间温度及选择较小焊接热输入等措施，确定合理的焊接工艺，经焊接工艺评定试验，焊接接头各项力学性能满足标准要求。

我公司承制的一台回收塔冷凝器，为NEN形式的换热器，结构形式如图1所示。壳体直径为1 600mm，壳程壳体壁厚为16mm，工作压力为0.1MPa，设计压力为0.9MPa，工作温度32~41℃，设计温度185℃，材质为Q345R；管程壳体壁厚为12mm，工作压力为0.004MPa，设计压力为0.35MPa，工作温度40~56.5℃，设计温度185℃，材质为S30403；换热管材质为00Cr19Ni10。

考虑到管壳程不同的热膨胀量，该设备经设计计算需带膨胀节，膨胀节选用N08825材料，壁厚为12mm，为此涉及到与壳程筒体Q345R异种钢焊接问题，为保证焊接接头力学性能，制定焊接工艺，进行了焊接工艺评定试验。

1. 焊接性分析

Q345R是压力容器常用的低合金高强度钢板，金相组织为铁素体和珠光体，焊接性良好，可以采用多种方法进行焊接。厚板焊接时需进行焊前预热、焊后保温缓冷或进行消氢处理等措施，以防止产生冷裂纹。

N08825化学成分主要是Ni-Cr-Fe-Mo-Cu，属于铁镍基合金，金相组织为单相奥氏体，焊接时容易产生热裂纹中的结晶裂纹和多边化裂纹，需要控制焊缝中S、P、Si等杂质元素含量，并采用小热输入的焊接方法。

Q345R与N08825的化学成分、力学性能分别如表1、表2所示，从表中可以看出Q345R与N08825材料化学成分相差较大，力学性能大致相同。N08825物理性能方面熔点较低，线膨胀系数比Q345R大，热导率比Q345R低很多，焊接时热量不易扩散，易产生过热，造成晶粒粗大，影响

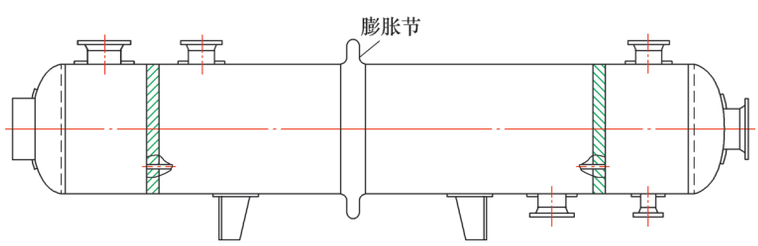

图1　回收塔冷凝器结构形式

表1　化学成分（质量分数）　　（%）

材料	项目	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe	Mo	Cu
Q345R	标准	≤0.20	≤0.55	1.20~1.60	≤0.025	≤0.01	—	—	—	—	—
	复验	0.18	0.38	1.35	0.012	0.006	—	—	—	—	—
N08825	标准	≤0.05	≤0.50	≤1.0	≤0.02	≤0.03	38.0~46.0	19.5~23.5	≥22.0	2.5~3.5	1.5~3.0
	复验	0.01	0.20	0.40	—	0.001	39.3	22.4	31.8	3.1	2.0

表2　力学性能

材料	项目	R_m/ MPa	R_{eL}/ MPa	A（%）
Q345R	标准值	510~640	≥345	≥21
	复验值	549	399	30
N08825	标准值	≥586	≥241	≥30
	复验值	610	288	53

接头力学性能。

2. 焊接工艺制定

（1）焊接方法及材料　根据产品结构特点，采用氩弧焊打底，焊条电弧焊填充盖面的焊接方法。由于N08825材料易氧化，保护不良导致氧化烧损，会降低接头的使用性能，所以背面需采用氩气保护。焊丝选用ERNiCr—3，ϕ2.0mm，焊条选用ENiCrFe—3，ϕ4.0mm，背面采用氩气保护，纯度为99.99%，气体流量为8~10L/min。

（2）坡口设计　由于N08825材料的液体金属流动性较差，加上其较低的热导率和较高的热膨胀系数，需采用较大的根部间隙和坡口角度，以防止焊接时材料过热和收缩变形。最终设计为单面V形坡口，如图2所示。

（3）焊前清理　由于N08825表面氧化物熔点比母材高，如果不及时清理，会在焊接时与Ni形成低熔点共晶，增加其热裂纹倾向，因此焊前应将坡口及两侧50mm范围内进行清理，用丙酮或无水酒精擦洗，除去表面的氧化物、油等杂质成分。

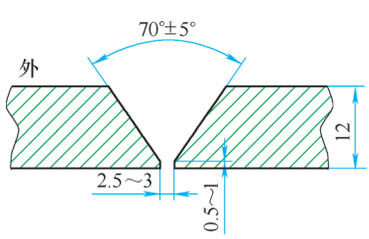

图2　坡口形式

（4）预热及层间温度　产品板厚较薄，不会产生冷裂纹现象，一般情况下不需预热，但当环境温度＜0℃时，Q345R一侧应预热到15℃左右。根据N08825材料特性，防止焊接时产生过热组织，导致接头强度下降，应严格控制层间温度，层间温度应＜100℃。

（5）焊接参数　板厚12mm的Q345R材料焊接性良好，主要根据N08825的焊接性选择焊接参数，为防止其产生热裂纹，应采用较小的焊接热输入，多层多道焊，焊接时不宜横向摆动，尽量直线运动，制定的焊接参数如表3所示。

3. 焊接工艺试验

按照NB/T47014标准和设计技术要求，根据以上制定的焊接工艺，选用厚度为12mm的Q345R和N08825板材进行焊接工艺评定试验，焊接试件100%RT检测无缺陷后取样进行拉伸、弯曲及冲击等试验项目，试验结果如表4~表6所示。

通过试验结果可看到，拉伸试样的抗拉强度值大于标准规定的异种钢抗拉强度最低值中的最小值510MPa，且为塑性断裂，四个侧弯试样弯曲到180°后，拉伸面上的焊缝及热影响区内也没有开口缺陷，满足NB/T47014标准要求。因为该设备设计文件没有对N08825材料提出冲击试验要求，设备运行也没有低温的工

表3　焊接参数

焊接方法	层数	焊接材料	规格 ϕ/mm	极性	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /cm·min^{-1}	热输入 /kJ·cm^{-1}
GTAW	1~2	ERNiCr—3	2.0	DCEN	120~140	12~16	14~16	≤9.6
SMAW	3~5	ENiCrFe—3	4.0	DCEP	140~160	23~26	16~18	≤15.6

表4　拉伸试验结果

评定编号	试样编号	抗拉强度/MPa	断裂部位和特性
PQR1329	593-1	560	塑断于Q345R侧热影响区
	593-2	560	塑断于Q345R侧热影响区

表5　弯曲试验结果

评定编号	试样编号	试样类型	压头直径/mm	弯曲角度(°)	试验结果
PQR1329	593	侧弯	40	180	合格（4件）

表6　冲击试验结果

评定编号	试样编号	缺口部位	试验温度 /℃	试验尺寸 /mm × mm × mm	冲击吸收能量 /J	平均值 /J
PQR1329	593A	焊缝中心	-20	10 × 10 × 55	152，166，136	151
	593B	Q345R 侧热影响区	-20	10 × 10 × 55	169，105，113	129



15CrMo换热管束的焊接

郭晓春　崔淑芬　王大华

【摘要】对15CrMo换热管与管板15CrMo锻件进行了焊接性分析。针对换热管束焊接结构特点，采用合理的施工工艺，并通过对焊接过程中预热温度的控制、焊后消氢及焊后热处理等工艺的合理调整，有效防止了再热裂纹的产生，保证了产品焊接质量。

我厂为某化工天然气制氢综合改造工程预制的多台容器设备中，涉及特殊材料和结构的设备较多，其中燃料气预热器（见图1）等为固定管板式换热器，该设备设计在高温环境下工作，其内径为1 000mm。壳程、管程的设计参数如表1所示。管程材料为Q345R，壳程材料为15CrMoR，换热管束和管板材料为15CrMo，并且整台容器需进行焊后消除应力热处理。这在我厂是首次对施焊的换热管束及其焊缝进行热处理，对整个焊接过程提出了更高的要求，并需对焊接顺序、热处理顺序及热处理次数进行合理的部署。

该批换热器中，换热管761根，焊接量大，焊接质量要求严格，劳动条件差（在长时间预热条件下施焊），劳动强度大，焊

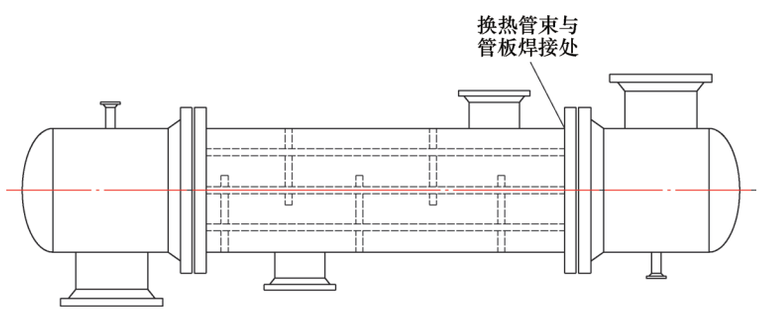

图1　燃料气预热器结构

况，所以只对焊缝及Q345R侧热影响区进行了-20℃冲击试验，冲击值＞31J，满足NB/T47014标准要求。

由此可见，焊接接头的抗拉强度、弯曲性能及冲击性能结果均满足标准要求，证明制定的焊接工艺可以保证焊接接头的力学性能。

4. 结语

Q345R钢焊接性良好，N08825钢属于铁镍基合金，焊接时容易产生热裂纹，两者物理性能差异较大。两异种钢焊接时，采用氩弧焊打底，背面采用纯氩气体保护，焊前应严格清理坡口表面，适当加大坡口角度，填充及盖面采用焊条电弧焊，采用较小的热输入，层间温度＜100℃，多层多道焊，焊接接头力学性能满足标准要求。将该工艺应用于回收塔冷凝器产品焊接，焊接接头焊后进行20%RT+100%PT检测，水压试验后进行100%PT检测，均没有发现焊接缺陷，满足设计技术要求。

参考文献：

[1] 冯勇，罗纯东.Incoloy825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（5）：24-26.

[2] 姚彩艳，张林贤.Incoloy Alloy 825铁镍基合金的焊接工艺研究[J]. 焊接技术，2002（6）：19-20.

作者简介：赵瑞辉，中船圣汇装备有限公司。

MW 20160502