



E6013 (J421) 单面焊双面成形的操作技术

刘永庆 张先龙 刘春 王召军 徐庆海

【摘要】 E6013焊条在实际培训的过程中容易出现的焊接缺陷有气孔、夹渣、裂纹、未焊透及未熔合等，本文针对E6013焊条预防上述焊接缺陷的具体操作措施进行分析。

关键词： E6013；焊接缺陷；操作方法

2013年WELD CUP国际焊工大赛在德国埃森举行，大庆油田选派选手代表中国参赛。大赛按操作方法分为四类：焊条电弧焊、手工钨极氩弧焊、半自动CO₂气体保护焊和火焰气焊。其中焊条电弧焊采用E6013 (J421) 焊条进行焊接，操作项目为T形板对接仰角位 (PD)、板对接立位立向上 (PF) 和板对接横焊 (PC)。由于该焊接材料在工程施工和培训中没有接触过，所以前期的培训方式参照了J422的焊接参数，虽然也取得了一些有效的培训结果，但是出现了收弧缩孔，弧坑裂纹，盖面接头超高、超宽、咬边及外观成形不良等焊接缺陷；无损检测时易出现夹渣，折断试验时根部容易出现缺陷。为此，本文根据出现的缺陷类型及部位，通过不断的试验，摸索出一套合适的焊接参数和焊接操作方法，有效地保证了焊接质量，为大赛取得较好的成绩奠定了基础。

1. 焊条的特点

J421焊条国标型号为E4313，相对应的美国型号是E6013，为氧化钛型药皮的碳钢焊条，交直流两用，适用于全位置焊接，操作性能好，再引弧容易，特别适用于普通钢材薄板小件和要求表面光洁的盖面焊接。J422对应国际标准牌号为E4303，为药皮钛钙型，全位置焊接，交直流两用，具有优良的焊接工艺性能和力学性能，电弧燃烧稳定、飞溅少，脱渣容易，焊缝成形美观。根据两种焊条的特点，培训过程中参照J422焊条的培训方法和工艺参数进行。

2. 焊接电流对各种缺陷的影响

(1) 焊接电流偏大 根部焊接易产生弧坑缩孔和裂纹，背面飞溅大，且容易产生咬边和过

瘤缺陷，正面焊道夹角大，操作手法不易控制，成形差；填充焊时，熔池温度偏高，成形不易控制；盖面时成形不良，易产生咬边缺陷。

(2) 焊接电流偏小 根部不易产生收弧缩孔和裂纹，但电弧吹力小，熔渣与熔池不易分离，背面成形不易控制；填充焊接时，熔池温度过低，易产生夹渣、未熔合等缺陷；盖面焊接时，焊缝成形较好，操作易于控制。

3. 焊前准备及焊接参数 (以立板为例)

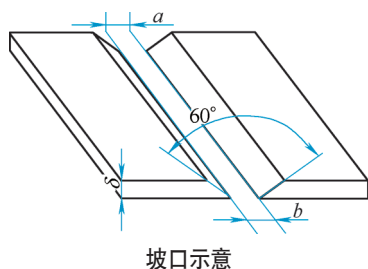
(1) 母材、焊接电源及焊材 试件准备如表1所示。

(2) 试件组对 试件定位焊在坡口内进行，两端定位焊长度不超过20mm，坡口如附图

表1 焊前准备

试件类型	试件规格/mm×mm×mm	焊接电源	焊接材料	焊材规格φ/mm
Q235A	300×125×10	奥太ZX7—400	大西洋E6013	2.5/3.2

所示,始焊端 $a=3.2\text{mm}$,终焊端 $b=4.0\text{mm}$,钝边 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 。反变形角度 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 。用角向磨光机把母材坡口两侧 20mm 范围内的油、锈打磨干净,露出金属光泽。



(3) 焊接参数 具体参数如表2所示。

4. 操作方法及注意事项

(1) 打底层焊接 打底层焊接时,焊条与板的纵向夹角为 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$,横向夹角 90° ,由始焊端向终焊端方向焊接,采用灭弧法打底,起弧位置在定位焊,划擦引弧。引燃电弧后在始焊端做小锯齿缓慢摆动,让熔池温度渐渐升高,摆动到坡口根部时看到熔池与坡口根部两侧充分熔合后迅速熄弧。看到熔池变成暗红色后再引燃电弧,让焊条直径的 $1/2$ 在熔池上燃烧, $1/2$ 在坡口根部燃烧,熔孔打开后焊条燃烧稍加停留,形成另一个新熔池后迅速熄弧,以此类推。当第一根焊条焊完时,迅速在熔池上反复灭弧 $2\sim 3$ 次,让熔池缓慢冷却,以防止收弧处产生缩孔或弧坑裂纹。第一根焊条焊完后,用角向磨光机把收弧处 10mm 左右的地

方打磨薄一些,接头时在打磨处 10mm 的地方引燃电弧,然后迅速拉向收弧处打磨薄的地方,此时焊条要下压送到坡口根部,让 $2/3$ 的焊条在根部燃烧, $1/3$ 的焊条在根部焊道上燃烧,打开熔孔后停留时间稍长一些, $1\sim 2\text{s}$ 为宜,以保证接头时根部背面焊道熔合良好,防止产生夹渣或未焊透等缺陷。再次接头时按照上述方法进行即可。

(2) 填充层焊 首先,填充焊采用灭弧法焊接,从始焊端引燃后电弧焊条在坡口内做横向摆动让焊道稍加预热,焊接的前3步燃弧时间稍长一些,灭弧的摆动方法是采用中间引弧由左向右摆动,焊条摆动到右侧稍做停顿收弧;然后在中间引弧由右向左摆动;焊条摆动到左侧稍做停顿收弧,以此类推。焊接时注意两侧坡口的预留深度要在 $1\sim 1.5\text{mm}$ 为宜,注意步与步之间的衔接要到位,以防止填充产生夹渣。

其次,填充接头时电弧要适当拉长 2mm 为宜,在上一个收弧的弧坑处预热约 1s 再压低电弧正常焊接,防止接头成形不良或接头时产生夹渣。焊到终焊端时一定要填满弧坑防止产生弧坑裂纹,快速灭弧 $2\sim 3$ 次慢慢降低熔池温度,从而防止弧坑裂纹的产生。

(3) 盖面层焊接 盖面也是采用灭弧法焊接,只是摆动方

法有所不同。盖面时采用中间引弧向左摆动让熔池与左侧坡口边熔合好再向右摆,焊条回到中间时收弧,在中间引弧向右侧摆动让熔池与右侧坡口边熔合好再向左摆,焊条回到中间时收弧,以此类推。焊接时要注意熔池与坡口两侧的熔合情况,防止产生咬边,注意观察熔池形状和熔池温度,控制好燃弧和熄弧时间、摆动的频率以及前进时步伐的大小,以保证前后熔池的形状保持一致,从而达到焊道高低宽窄一致,纹路均匀、成形美观的效果。

5. 操作注意事项

(1) 打底层 打底时注意控制熔孔的大小,熔池的体积和熔池的温度,防止背面焊道产生焊瘤或未熔合。根部接头打磨成缓坡状,注意不要破坏坡口底边形状,避免影响接头质量。根焊结束后,用角向磨光机将根部焊道夹角大的地方清除掉,避免填充时产生夹渣。

(2) 填充焊 填充时注意坡口两侧停留时间及预留深度;注意每层的填充厚度,过厚时易产生夹渣和未熔合,最后一层填充不能破坏上坡口边缘,影响盖面层的焊接,同时预留深度 $1\sim 1.5\text{mm}$ 。

(3) 盖面焊 盖面焊接时,采用直流反接法,保持电弧长度为 2mm 左右,同时需要注意引弧的位置,控制好熔池形状、熔池温度,熄弧要干脆避免发生连弧现象,控制好燃弧时间和熄弧时间,两侧的上行步伐要均匀防止产生焊道偏移。

表2 焊接参数

焊缝层次	焊接电流/A	电弧电压/V	电源极性	焊条直径/mm	焊接速度/ $\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$
打底层	85~90	23~25	直流正接	2.5	4~5
填充层	120~130	23~25	直流反接	3.2	5~6
盖面焊	120~130	23~25	直流反接	3.2	5~6

(下转第56页)

表11 硬度检测结果

评定编号	试样编号	测试形式	硬度值HV		
			母材	热影响区	焊缝
PQR1504A	848	HV10	160~165	159~164	156~165
PQR1512A	845	HV10	160~165	161~166	155~159
PQR1505A	870	HV10	160~162	157~162	153~157
PQR1513A	856	HV10	158~162	159~162	158~160

拉强度值515MPa，高温屈服强度满足设计技术条件规定的“高温拉伸试验温度316℃，屈服强度合格值不低于246MPa”的要求，弯曲试验试样受拉表面无缺陷，横向冲击试验试样冲击吸收能量值满足API RP934—C标准规定的“-18℃下三个试样平均最小值54J，单个最小值为27J”的要求，硬度检测结果HV值均小于API RP934—C标准规定的最大值HV235，试验结果符合ASME第IX卷、API RP934—C标

准规范及设计技术条件要求，证明以上制定的焊接工艺可以保证产品焊接接头质量要求。

4. 结语

以公司产品二烯反应器所用到的SA387Gr11CL2材料，进行焊接性分析，制定焊接工艺，进行了焊条电弧焊和埋弧焊两种焊接方法的工艺评定试验。试验结果满足ASME第IX卷、API RP934—C标准规范及设计技术条件要求，该工艺应用于产品焊接，焊接质量得以保证。

参考文献：

- [1] 赵瑞辉, 张连伟.SA387Gr12CL2材料焊接工艺[J]. 金属加工(热加工), 2014, 8: 52-54.
- [2] 邓万华, 李发林SA387Gr11CL2新材料焊接工艺评定[J]. 金属加工(热加工), 2008, 8: 50-52.
- [3] 赵卫君, 李春光, 李宜男. 气化炉用SA387Gr11CL2钢国产焊材试验研究[J]. 电焊机, 2012, 2: 149-151.
- [4] 杨宝峰, 李佳. 国产焊接材料在SA387Gr11CL2钢上的焊接工艺研究[J]. 金属加工(热加工), 2012, 20: 60-62.

作者简介：赵瑞辉，中船圣汇装备有限公司。

MW 20160522

(上接第52页)

6. 焊接检测标准

焊接工艺标准依照：EN ISO 15609—1制定；焊接检测依照EN287—1 焊工技能评定及熔焊焊接及大赛专用外观评分表；探伤标准依照欧洲标准EN ISO 5817：2003。

对焊件进行了外部、内部质量及力学性能进行检查测定，结果如下：

(1) 外观检查 焊缝正反表面无气孔、冷缩孔、裂纹、夹渣、未熔合及未焊透等缺陷；焊缝厚度、焊缝宽度、焊缝外观成形、咬边或不正确的焊脚（焊道）等符合EN287—1焊工技能评定-熔焊焊接及大赛专用外观

评分表B级焊缝检测标准。

(2) 内部检查 焊缝进行了X射线探伤检测。经检测，内部无裂纹、未熔合、夹渣及气孔等超标缺陷，符合欧洲标准EN ISO 5817：2003B级检测标准要求。

(3) 力学性能检测 拉伸试样满足标准要求，弯曲试验无裂纹。

7. 结语

在培训过程中教师与选手不断摸索总结经验，结合内部及外部质量检测结果，随时调整相应参数，制定出合格的操作流程。培训时严格按照上述工艺进行培训，把焊接时易出现的缺陷逐一克服，为J421的焊接操作做好了

技术储备。在德国埃森举办的国际焊工大赛中，参加培训的选手取得了手工焊组比赛的第二名，同时验证了制定的操作流程及工艺的正确性。

参考文献：

- [1] 刘家发. 焊工手册(手工焊接与切割)[M]. 第3版. 北京：机械工业出版社, 2001.

作者简介：刘永庆、张先龙、刘春，大庆油田工程建设公司培训中心；王召军，大庆油田工程建设公司安装公司；徐庆海，大庆油田装备制造集团。

MW 20160522