

半自动TT焊在低温储罐中的应用优势

倪学志¹, 许艳春², 刘富鹏¹, 李浩然¹

(1.海洋石油工程股份有限公司, 天津 300452)

(2.天津麦克企业管理服务有限公司, 天津 300451)

[摘要] 半自动TT焊接比手工焊接在低温储罐立缝焊接中拥有较多优势, 半自动TT焊接具有清洁环保、节约焊材、板材变形小、劳动强度低、高质高效等特点。

[关键词] 半自动TT焊接; 低温储罐; 射线底片分析; 力学性能分析

天然气作为一种清洁能源, 越来越受到社会上广泛重视, 很多国家都将LNG(液化天然气)列为首选燃料。LNG全容式低温储罐, 为双壁储罐形式, 外罐采用钢筋混凝土结构, 内罐采用耐受低温的X7Ni9钢焊接而成, 内罐工作温度为-165℃, 工作环境恶劣, 对内罐的焊接质量要求很高。

由于原有焊接工艺的限制, 低温储罐内罐立缝采用手工电弧焊, 焊接质量因焊工水平而异, 导致立缝焊接质量不稳定。为解决该问题, 提高储罐立缝焊接质量, 某项目将TT焊接工艺引入内罐壁板立缝焊接, 解决焊接人为因素的影响, 提高立缝焊接质量。

1 半自动TT焊与手工电弧焊焊接优劣对比

1.1 手工电弧焊的优缺点

优点: 设备投资一次性投入低; 全位置可达; 焊缝组对精度质量要求低。

缺点: 焊工劳动强度大; 施焊环境差; 焊材用量大; 焊接线能量大; 焊接变形大等。

1.2 半自动TT焊接优缺点

半自动TT焊接源于奥地利TIP、TIG焊接技术, 其优点为: 焊工劳动强度低; 施焊环境较好; 焊材用量较少; 焊接线能量小, 焊接变形小; 焊接质量高。

缺点: 设备投资一次性投入较高; 焊缝组对精度质量要求较高; 使用位置受限。

2 低温储罐中半自动TT焊接与手工焊接射线检测底片分析

2.1 手工电弧焊射线检测底片分析

由于LNG低温储罐工作温度为-165℃, 目前大部分储罐都使用X7Ni9钢板作为内罐的主体材料。X7Ni9钢板含镍量大约为8.5%~10%, 手工焊焊条含镍量大约为68.79%。在这种情况下, 焊接完成后焊缝在底片上显示图像与普通碳钢和不锈钢焊缝底片区别较大。镍元素在射线检测过程中对射线吸收较大, 在底片上的表现为含镍元素部位黑度比不含镍元素部位的黑度小。因此, 焊缝部位较母材部位在观片灯上表现偏亮。

手工电弧焊在钢板X7Ni9的焊接过程中, 易出现的内部缺陷包括气孔、夹渣、未熔合、裂纹和未焊透。以某项目单面V型坡口为例, 坡口角度为60°、间隙3.2mm、钝边3.3mm、背面清根。由于焊材含镍量远高于母材含镍量, 底片上熔合线的图像对比碳钢和不锈钢会比较明显; 受透照角度、焊接热输入和稀有金属的偏析现象影响; 使得熔合线出现的焊缝区域不太稳定, 易误判为未熔合; 对底片评定造成较大影响。

2.2 半自动TT焊接射线检测底片分析

半自动TT焊接属于氩弧焊接的一种, 因此在钢板X7Ni9的焊接过程中可能出现的内部缺陷包括气孔、夹钨、未熔合、未焊透和裂纹等缺陷。某项目TT焊接采用U型坡口组对焊接, 以单面U型坡口为例, R2mm、边长1.3-1.5mm、钝边2mm、角度8°、间隙0-1mm。X7Ni9钢板含镍量约为

作者简介: 倪学志(1985—), 男, 黑龙江哈尔滨人, 本科学历, 工程师。海洋石油工程股份有限公司质量工程师。

8.5%~10%，TT焊焊丝含镍量约为59.23%。焊接完成后焊缝在底片上显示图像与普通碳钢和不锈钢焊缝底片区别不大。焊缝部位较母材部位在观片灯上表现偏亮。

2.3 半自动TT焊接与手工焊接缺陷底片对比分析

(1) 缺陷产生类型对比

在低温储罐立焊缝手工焊接过程中，由于手工焊施焊过程中人为操作对于焊接质量影响较大，且需要大量的打磨工序，极易产生气孔、夹渣和未熔合缺陷；由于药皮清除不彻底易产生夹渣现象，背面需要清根，极少出现未焊透现象。半自动TT焊接属于氩弧焊，无需清根和打磨，但在焊接过程中由于氩气纯度和周围空气流动等原因较易产生气孔，钢板震动或焊工失误产生夹钨缺陷，比例较少。

(2) 射线底片图像对比

某项目射线检测采用欧盟标准，手工焊射线底片图像焊缝部位较母材黑度较低，介于2.3~2.8之间，母材黑度在3.4~4.0之间，黑度对比明显。焊缝熔合线显示较清晰，由于手工焊受人员影响较大，线能量较大且不稳定，熔合线不太规律，极易产生误判。半自动TT焊接底片图像焊缝部位较母材黑度低，介于2.1~2.5之间，母材黑度3.5~4.4之间，黑度对比非常明显。由于采用U型坡口，减少了焊材填充量，熔合线显示较为清晰规律，不易产生误判。

3 半自动TT焊接与手工焊接力学性能对比

(1) 手工电弧焊力学性能

手工电弧焊纵向面弯背弯全部合格，拉伸试

验抗拉强度733MPa； $5 \times 10 \times 55$ mm试样-196℃焊缝冲击吸收能量平均46J，侧向膨胀量平均1.2；结果全部合格。

(2) 半自动TT焊力学性能

半自动TT焊接纵向面弯背弯全部合格，拉伸试验抗拉强度740MPa； $5 \times 10 \times 55$ mm试样-196℃焊缝冲击吸收能量平均66J，侧向膨胀量平均1.7；结果全部合格。

4 结语

半自动TT焊接与手工焊接在低温储罐立缝焊接相比，TT焊接具有焊工劳动强度低，施焊环境较好，焊材用量较少，焊接线能量和变形小，焊接质量好，焊接速度快等优点。从力学性能对比结果看，TT焊的各项性能指标都优于传统手工电弧焊接，焊缝冲击韧性较好，焊缝质量更高。在射线检测底片分析方面，TT焊底片评定较为容易，焊缝缺陷较少，伪显示较少，提高了底片评定效率。因此，在低温储罐纵焊缝焊接方面，半自动TT焊接无论从施工难易程度、检测效率、焊缝质量、施工效率和力学性能都优于传统手工焊接，具有很大的应用潜力，值得推广。

◆参考文献

- [1] 蔡文刚. TIP TIG焊接工艺在LNG储罐9%镍钢焊接中的应用[J].石化技术, 2019, (2): 48.
- [2] 苏衍福, 任胜汉, 刘伯胜, 等. LNG低温储罐用9%Ni钢不同焊接工艺对比研究[J].金属加工(热加工), 2017, (18): 56-58.

收稿日期: 2020-04-25; 修回日期: 2020-07-21