

海洋平台结构的焊接修理

赵立玉 卢 丽

(深圳友联船厂(蛇口)有限公司)

摘 要: 就近四年来我司对于海洋平台“南海 2 号”“南海 5 号”“南海 6 号”多次修理的成功经验,介绍海洋平台结构修理时的焊接要求和焊接方法。

关键词: 海洋平台 焊接 要求和方法

随着海洋事业的发展,海洋石油开发逐渐由浅海向深海发展,由温暖海区向低温寒冷海区发展。海洋平台要经受各种气候条件和风浪的袭击,遭受海水的腐蚀,工作环境非常苛刻。其次,结构大型化趋势显著,结构复杂,焊接工作量大,节点焊接本来就很困难,加之应力集中程度高,其结构处于更危险的状态,且随着结构大型化,导致构件厚度增加,其破坏的危险性也就愈来愈大,因此在海洋平台修理时,对结构焊接的要求也越来越高。下面,根据我司修理“南海 2 号”“南海 5 号”“南海 6 号”等海洋平台结构修理的成功经验,总结其结构修理时的焊接要求和焊接方法如下,以供同行参考使用。

一 海洋平台结构焊接的特点

- 1 为了防止冷裂缝和提高热影响区的韧性,多采用低氢型和超低氢型碱性焊条。
- 2 焊接热量输入通常限制在 $40 \sim 50 \text{ kJ/cm}$ 的范围,以确保焊接接头的韧性和抗脆断性。
- 3 厚板焊件,一般焊前需预热,以防止裂纹发生。
- 4 管节点和关键部件焊后还需要进行热处理,以消除焊接残余应力。
- 5 管件桁架结构大多采用全位置、全熔透、多层多道手工焊接。
- 6 承受交变应力的管节点和关键构件的角焊缝还需磨修或熔修,以修整焊缝和消除表面缺陷,减少应力集中,提高疲劳寿命。

二 对焊缝金属和焊接接头的性能要求

1 韧 性

衡量材料韧性的指标主要是夏比 V 型缺口冲击韧性值。

2 硬 度

限制热影响区最高硬度,不仅是为了防止焊接冷裂纹的发生,也是为了防止氢致应力腐蚀开裂。降低焊缝热影响区硬度的主要措施是选择较高的焊接热输入量,采用回火焊道和选用碳当量较低的材料。

3 疲 劳

由结构特点和焊接成形引起的应力集中,是影响焊接接头疲劳寿命的重要因素,特殊构

件的角焊缝对其形状和缺陷必须修整,并与母材表面光滑过渡。

4 腐蚀

为了避免焊缝金属的腐蚀,在焊接材料的选取上,应使焊缝金属的电极电位正于母材金属和过热区。焊后热处理对减轻腐蚀也有好处,采用碳当量较低的钢材。

三 海洋平台结构焊接材料的选择

根据平台构件的用钢等级和平台设计要求,选用与之相匹配的焊条或焊丝和焊剂。焊后焊缝金属和焊接接头的性能与母材的性能基本一样,能阻止焊缝和热影响区焊接裂纹的发生和扩展,不致发生脆断和疲劳。选择焊接材料,要考虑发生裂纹的可能性,约束度高、应力集中高的部件,选用塑性韧性好的低氢碱性焊条和韧性高的焊丝和碱性焊剂,Z向钢的焊接选用低氢型和超低氢型焊接材料。焊接材料还要根据平台构件类别不同,分别选用不同级别的材料。次要构件选用普通结构钢焊条,如J422、J423等;主要构件选用相应级别的低氢型碱性焊条,如J427、J507等;对于特殊构件,一定要用相应等级的低氢型或超低氢型碱性焊接材料,以防止冷裂纹和提高焊缝金属和焊接头的韧性。

四 海洋平台结构焊接前的准备工作

1 焊接工艺认可

焊接工艺规程是根据焊接工艺合格记录制定的规程,是对初步焊接工艺规程的修正。

焊接工艺规程应包括下列内容:

- (1) 钢材等级和尺寸;
- (2) 焊接材料(焊条、焊丝、焊剂)等级、牌号及规格;
- (3) 焊接方法;
- (4) 接头、坡口的设计及公差要求;
- (5) 焊接位置,包括平焊、横焊、立焊、仰焊等;
- (6) 焊接顺序;
- (7) 焊接参数,包括焊接电流、电弧、电压、焊接速度和热量输入范围;
- (8) 焊前预热和层间温度;
- (9) 焊后热处理参数。

2 焊工与无损检测人员认可

参加管接点焊缝焊接的工人,要经过专门的考试认可,现场焊接管节点的焊工需取得6GR位置合格性考试认可。

3 焊前工艺准备

- (1) 焊件和装配;
- (2) 焊缝坡口;

(3) 焊前预热:为缓和焊接应力,降低焊缝扩散氢含量,减少裂纹发生几率,焊前对大厚度焊件、约束度高的焊件以及平台特殊构件要进行预热,预热温度通常在100℃~150℃之间。

五 常用的焊接方法

- 1 手工电弧焊
- 2 埋弧自动焊
- 3 药芯焊丝电弧焊

六 施焊工艺

1 焊接环境和施焊条件

平台焊接工作在具有防风、防雨雪的遮蔽条件下进行,特别是在露天进行气体保护焊时,一定要有防风措施。

施焊时的环境温度不得低于经批准的焊接工艺认可试验所规定的最低温度,风速一般不得超过 5 级,相对湿度不得大于 90%。

遇有下列情形之一时,焊接前应预热,预热温度应与认可的焊接工艺一致:

- (1) 焊接高强度钢,特别是淬火回火钢,厚横截面钢材或承受高约束的钢材;
- (2) 高湿度条件下;
- (3) 钢材的温度低于 0℃。

2 对接缝和焊接坡口

海上设施结构的对接缝一般应全焊透,对厚度超过 6mm 的对接全焊透焊缝,为保证全部厚度充分焊透,需将焊件连接边缘加工成坡口形状,并采用多层、多道单面或双面焊。坡口的形式有 U 型和 X 型。

3 多层多道焊

平台结构焊接,许多构件需采用多层、多道焊。

4 角焊缝

大厚度板全熔透角焊缝,焊接应力高,应力集中严重。为减少应力集中,要求角焊缝表面成为凹面形,并平滑地向母材表面过渡。对特殊构件(关键构件)的角焊缝施焊时,焊工应仔细地焊成凹面形,并要求修整加工。

七 导管架管节点圆管和节点相贯线的焊接

节点圆管和相贯线焊缝应分别采用封底焊条、填充焊条和盖面焊条进行焊接。焊接材料用与母材强度和韧性等级相匹配的低氢型或超低氢型碱性焊条,焊条直径根据焊件厚度和焊接道数加以选择,其中盖面焊宜用小直径焊条,以改善节点的抗疲劳性能。

八 焊后工艺处理

焊后工艺处理主要是指焊缝修整、缺陷修补和焊后热处理。焊后工艺处理的目的是提高焊缝金属和焊接接头的韧性和疲劳强度。

九 焊接检验

应对海上设施结构焊接作业实施全程质量监控,要有专职检验人员按照认可的建造检验工艺和质量控制工艺对结构焊接质量进行检验,严格执行三级检验制度,即自检、互检和专检,检验范围包括过程检验和完工检验,待全部合格后报验船师检验和船东认可。

1 过程检验和控制

(1) 烧低氢焊条时,焊工在领取焊条前一定要带保温筒,而且保温筒在使用时一定要接上电源。任何焊工不得随意将不是从烘箱中领取的焊条放入保温筒内,焊工在一天的工作结束后必须及时将保温筒内剩余的焊条放进烘箱内。

(2) 每个焊工在施焊前要带好锤子、钢丝刷或风铲等必备工具,而且要检查电源线的连接是否牢固,检查施工区域的环境卫生及风力和风向,并采取一定的预防措施,这是保证焊缝质量的前提条件。

(3) 进行打底焊时,施工人员要非常认真,不能因为反面要气刨而大意,实际上对于焊缝质量的好坏,打底焊的质量起着非常重要的作用。

(4) 对于对接焊和全焊透的角焊缝,在焊接之前要进行 $50^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 预热,且在多层多道焊时,每道焊缝层间温度要控制在 $100^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 之间,每条焊缝要尽量一次性连接不断地焊完,不能因为外界因素影响而间歇进行操作,这样才能保证层间温度。

(5) 在多层多道焊时,下一道焊缝焊接之前要对前一道焊缝进行敲渣和适量的打磨,并进行 100% 目检,在确保没有任何缺陷后才能进行下一道焊缝的焊接工作,否则要及时消除缺陷才能继续焊接。

(6) 严格按工艺要求的焊接顺序进行焊接,以便最大限度地减少焊接应力和焊接变形。

(7) 所有对接焊缝和全焊透角焊缝背面都要进行碳刨,碳刨深度一般为 5mm 左右,对于有缺陷的部分可以适当刨深到消除缺陷为止。碳刨后不能马上进行打磨,必须 100% 目检发现无缺陷后才能进行打磨工作,否则要进行消除缺陷的处理。

2 完工检验

(1) 外观检验

焊接完成 48 小时后,在清除表面焊渣不涂防锈漆的状态下,外观经专检合格后报验船师和船东检验。

(2) 焊缝无损检测

无损探伤一般应在焊后 48 小时进行,当焊件被要求做焊后热处理时,无损探伤应在热处理后进行无损检测的范围应包括:A 对接焊缝;B 全焊透的 K、T、Y 型节点焊缝;C 部分焊透的 K、T、Y 型节点焊缝或填角焊缝。

海洋工程钢结构常用的无损检测方法有:射线检测、超声波检测和磁粉检测。