



平台用EQ70钢的焊接工艺

郭帆

【摘要】 SEAPUP 2海洋平台桩腿上的齿条需要进行多次接长, 根据现场施工状况和对焊后质量的要求, 采用药皮焊条电弧焊方式进行齿条厚板EQ70高强调质钢对接焊接工艺评定, 焊接完毕后性能良好, 各项试验均达标, 满足了船东和ABS验船师的要求, 为现场的施工提供了很好的技术支持。

关键词: 药皮焊条电弧焊; 焊接工艺; EQ70

1. 概述

SEAPUP 2于2014年7月在我公司正式开工建造, 这是一个自航自升式服务平台建造项目。该平台上所用的齿条板是由日本的新日铁住金株式会社生产, 板厚127mm, 总重约161t, 该材料屈服强度高, 易产生变形、冷裂纹和韧性下降等状况, 因此焊接量大且焊接难度高。而齿条作为平台上最重要的受力结构之一, 其对于焊后的变形量和各项性能要求理所当然会非常的严格, 因此, 顺利完成大量EQ70高强钢的焊接工作, 获得优质焊缝并有效控制焊接变形直接关系到该项目的按时完工。

本文主要介绍该平台齿条焊接中应用到的焊接要点、焊接设备、工艺参数以及焊后试验结果等, 凸显出焊接在平台建设项目中的重要地位。

2. 焊接要点

本平台所用的EQ70齿条板

需要深入海中, 工作环境恶劣, 因此焊接接头性能是很重要的, 而且齿条相邻齿间距误差要求在2mm以内, 必须严格控制好尺寸公差量以及焊后变形量, 以免影响平台的升降工作。为了满足平台的种种严格要求, EQ70在加工和焊接过程中有着诸多的限制, 主要包括: 加工坡口前需预热且不推荐火焰加工; 控制焊条烘焙的温度和时间; 控制焊条暴露在空气中的时间; 控制预热温度和层间温度; 热输入不能太大; 双面对称焊接以控制变形; 焊接完毕前不允许冷却到预热温度以下; 焊后进行加热200℃保温3h的消氢处理; 焊后72h以上才能对试件进行NDT探伤等。

3. 焊接工艺

(1) 先进的焊接设备 一台好的焊接设备能够为优质焊缝提供主要保证, 此次焊接工艺所用焊接设备为唐山松下产业机器有限公司的YD—400SS3HGE直

流弧焊机, 其主要优点为: 引弧容易、电弧稳定、焊接时参数波动较小。

(2) 优秀的焊工 要想得到符合要求的优质焊缝, 焊工技术水平乃是重中之重。天津惠蓬公司下的班组中焊工都持有ABS认证的焊工资格证书, 该班组焊工长期负责我公司各项目的高难度手工焊, 他们对手工焊接有着独特的见解和手法, 焊后焊缝美观且质量良好。

(3) 焊接母材 此次焊接工艺评定编号为pWPS—363, 所用母材取自本项目现场施工所用的齿条板EQ70, 规格为800mm×190mm×127mm, 加工时先预热到150℃, 然后再进行等离子切割坡口。厂家证书上提供的化学成分和力学性能如表1所示。

由表1中母材的化学成分, 根据日本焊接协会建立的碳当量 P_{cm} 计算公式, 得出该EQ70钢

表1 EQ70钢力学性能和化学成分(质量分数) (%)

元素	C	Si	Mn	P	Cu	Mo	V	Ni	Cr	N	B
实测值	0.12	0.25	1.07	0.006	0.27	0.45	0.04	1.79	0.74	0.0042	0.001
力学性能	屈服强度 /MPa		抗拉强度 /MPa		伸长率 (%)		-40℃平均冲击吸收能量 /J		备注		
要求	690		760		15		69		1/2板厚处		
实测值	784		855		22		114		1/2板厚处		
要求	690		770		15		69		1/4板厚处		
实测值	826		879		22		211		1/4板厚处		

的碳当量 $P_{cm}=0.3012\%$ 。 P_{cm} 是用于评定焊接冷裂纹敏感的指数,而通常只有当 $P_{cm}<0.2\%$ 时,防止根部裂纹的预热温度才不会高于 50°C ,而齿条板EQ70的 $P_{cm}=0.3012\%$,所以在焊接前需要一定的预热温度,焊后也要进行热处理。

(4) 焊材 由于该EQ70齿条钢焊接淬硬倾向较大,易产生焊接冷裂纹,而焊接冷裂纹的产生主要与以化学成分为基础的冶金组织、结构的应力状态及大小、焊接接头的氢含量有关,所以需要控制焊缝的氢含量,因此选用法国Liquid Air公司的奥林康TENACITO 80CL(AWS A5.5 E11018—G—H4)超低氢焊条,焊条直径3.2mm和4.0mm。该焊条为真空包装,开封后可直接使用,开封焊条要装在通电的保温桶内随取随用。若包装受损或受潮,必须在烘箱内 $340\sim 360^{\circ}\text{C}$ 烘干2h后方可使用,但最多允许烘干3次。

(5) 坡口形式 船东提供的设计图样中明确了该项目齿条对接的节点形式,如图1所示。

(6) 焊前预热 对于EQ70这种低碳高强调质钢,进行适当的预热能够减缓由焊接引起的

局部激热和速冷,是防止裂纹的有效措施,并且还有助于改善接头性能。若预热温度太低,则不能起到防止焊接裂纹的效果;若预热温度太高,则不仅使生产工艺复杂化,还会使焊接接头的冲击韧性下降。根据以前做过的试验,预热 150°C 时既保证了现场生产的实际性,又能得到良好的焊接接头。

(7) 焊接参数 选择合理的焊接参数,能够有利于焊缝成形、焊接质量和现场的施工效率。根据板厚、现场施工等状况,我们采用正面焊接约 $15\sim 20\text{mm}$ 后反面碳弧气刨清根,砂轮打磨掉渗碳层后两人对称焊接的方法,焊前预热至少

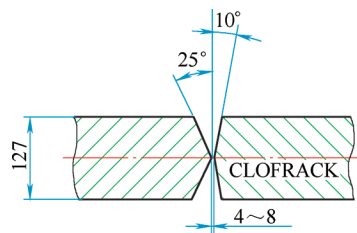


图1 坡口形式

表2 EQ70高强度钢横焊焊接参数

焊道	焊条	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min ⁻¹
打底	TENACITO 80CL (φ3.2mm)	90~130	21~25	40~100
填充盖面	TENACITO 80CL (φ4.0mm)	140~180	21~26	87~300

150°C ,层间温度最高 200°C ,这样做的优点在于:保证焊缝质量的情况下,既有效控制了变形量,又节约了施工时间。本项目中现场焊接采用横焊2G和立焊3G两种位置,现以横焊位置为例,具体参数如表2所示。

(8) 外观检查 试件焊接完毕后船东及ABS验船师进行外观检查,外观良好,无咬边、裂纹等缺陷。

(9) 焊后热处理 外观合格后用电加热片将试件包好,加热到 200°C ,保温3h,使接头中的氢扩散逸出,以防止延迟裂纹的产生。

4. 试验结果

焊后热处理72h后再对试件进行100%UT和100%MT探伤,结果显示无焊接缺陷。其后的力学性能试验,包括拉伸、弯曲、冲击、宏观金相和硬度试验,都取得了满意的结果,符合AWS D1.1、美国船级社以及项目船东的要求。

(1) 拉伸试验 横向拉伸试样尺寸约为 $25\text{mm}\times 26\text{mm}$,数量10个,试验结果全部合格(合格标准 $\geq 770\text{MPa}$),如表3所示。

(2) 弯曲试验 横向弯曲试验取侧弯试样12件,弯曲直径63.5mm,弯曲角度 180° ,试验结果全部合格。

表3 拉伸试验结果

试样编号	抗拉强度/MPa	断裂位置
1-1	844	焊缝
1-2	842	焊缝
1-3	847	母材
1-4	827	焊缝
1-5	822	焊缝
2-1	829	焊缝
2-2	852	焊缝
2-3	849	母材
2-4	846	焊缝
2-5	836	焊缝

(3) 冲击试验 冲击试样为10mm×10mm×55mm标准样,结合AWS D1.1和ABS Rules标准,冲击位置取根部焊缝中心、表面焊缝中心、表面熔合线、表面熔合线+1mm、表面熔合线+2mm以及表面熔合线+5mm,共6组,每组3个试样,合格标准为平均值≥46J,试验结果全部合格,如表4所示。

(4) 宏观试验 试样经10%硝酸酒精溶液腐蚀处理后,宏观试样如图2所示。由图2可看出,试样无缺陷,根部完全熔透,且焊缝无裂纹。

(5) 硬度试验 采取维氏硬度HV10硬度值如表5所示,合格标准为≤420 HV10,因此硬度试验结果符合要求。

5. 结语

根据此次焊接工艺评定的参数及流程,现场生产过程中顺利完成了整个桩腿上齿条单元的焊接工作,焊缝质量良好,且变形量极小,获得了船东一致好评,为项目顺利完工提供了很好的工艺基础。

表4 冲击试验结果

试样编号	缺口位置	试验温度/℃	冲击吸收能量/J	平均值/J
18/19/20	根部焊缝中心	-40	58.0/65.0/55.0	59.3
21/22/23	表面焊缝中心		73.0/102/110	95.0
24/25/26	表面熔合线		112/93.0/145	117
10/11/12	表面熔合线+1mm		93.0/178/157	143
27/28/29	表面熔合线+2mm		235/210/206	217
13/14/15	表面熔合线+5mm		206/203/207	205

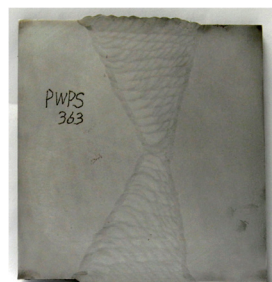


图2 宏观金相

表5 硬度试验值 (HV)

母材	热影响区	熔合线	焊缝金属
277/277/279	355/352/353	361/312/270	290/278/274
272/273/274	306/305/278	270/280/303	273/254/266
279/279/277	309/338/364	290/314/258	291/285/269

作者简介:郭帆,招商局重工(深圳)有限公司。 MW 20170619

《金属加工(热加工)》2017年第14期广告目次

昆山京群焊材科技有限公司	5123	封面A
金属加工杂志社	8000	封二A
广州阿比泰克焊接技术有限公司	1209	封面B
北京时代科技股份有限公司	1258	封二B
易格斯拖链轴承仓储贸易(上海)有限公司	1298	封三
法国液化空气焊接公司上海代表处	1404	封底
泰佰亿(山东)工业有限公司	5032	前彩1
北京金威焊材有限公司	1161	前彩2
浩亭(珠海)贸易有限公司	5312	前彩3
威特仕焊接(深圳)有限公司	2538	前彩4
金属加工杂志社	8000	I
上海ABB工程有限公司	5176	III
凯天环保科技股份有限公司	5028	V
金属加工APP		分隔页A
上海北展东博展览有限公司	8012	分隔页B