



大型海洋钢结构加强环焊接工艺

戴世超 张耀 杨超 刘兰金

【摘要】 重点研究了DH36—Z35材质的导管加强环焊接工艺，焊接方法采用GMAW封底、SAW填充盖面，焊接材料选用JM—58、PREMIER WELD NiIK，使其焊接接头各项性能满足了产品设计、相关标准和项目技术文件要求。

关键词： 大型海洋钢结构；焊接工艺；加强环；

1. 概述

随着我国陆地油气资源的逐渐减少，海洋已成为我国陆上油气开发最重要、最现实的接替区。“海上大庆”的建成，标志着海洋石油能源从浅海向深海的过渡，海洋钢结构趋于大型化发

展是这一过渡的重要依托。深水海洋石油平台结构中的导管架、组块都是大型的钢结构，为保证其在海况中的承受能力，在导管、组块立柱中设计加强环增加其结构强度。

加强环形式复杂多样，并朝

着大壁厚、密集化、内部空间狭小发展，有的3m长导管内部多达5个加强环，且部分加强环带有翼缘环，这对现场施工带来了很大的困难。常用的导管加强环结构形式如图1所示，为保证焊接质量和焊接效率，减少制造周

4. 工艺认可试验

依据上述工艺设计方案，进行了焊接工艺验证试验，并根据ASME IX《焊接和钎焊评定标准》进行了工艺认可。

试验用管尺寸为 $\phi 114\text{mm} \times 150\text{mm} \times 8.5\text{mm}$ 。试件在热处理结束后，焊缝进行100%射线探伤和磁粉检测，结果合格。

试件按照ASME IX《焊接和钎焊评定标准》进行了全套力学性能检测，各项性能满足设计要求（拉伸强度 $\geq 690\text{MPa}$ ；弯曲试验为5倍压头 180° ， $\leq 3.2\text{mm}$ 裂纹；冲击试验为 -30°C ， $\geq 30\text{J}$ ；维氏硬度值 $\leq 248\text{HV}$ ）。具体如表6所示。

表6 力学性能试验结果

试验母材	拉伸试验		弯曲试验	冲击试验		硬度 (HV10)	
	抗拉强度 /MPa	断裂位置	$D=5t$ 180°	位置	冲击值 平均值/J	位置	硬度值
4130	780	母材	合格	焊缝中心	44	母材	217~148
	789	母材	合格	熔合线	47	热影响区	214~240
	—	—	合格	线外2mm	50	焊缝	213~245
	—	—	合格	线外5mm	63	—	—

5. 结语

本试验项目，通过正确选择焊接材料、合理控制预热、热输入、焊后热处理等工艺关键，有效避免了4130钢管焊接的热裂纹、延迟裂纹、热影响区脆化及软化等问题，接头各项力学性能及硬度值满足产品设计要求。

通过实际试验验证和焊接工

艺认可试验，证明对4130管的焊接性分析准确，采用工艺措施合理、有效。工艺通过了评定认可，可以用于海洋平台高压管线4130的焊接。

作者简介：朱洪宇等，大连船舶重工集团有限公司。

MW 20160622

期, 我公司实行技术革新, 针对某导管架项目加强环研究熔化极气体保护焊 (GMAW) 封底、埋弧焊 (SAW) 填充盖面工艺。

2. 焊接工艺评定

母材使用GB/T5313—2010热轧钢板 DH36—Z35, 其化学成分和力学性能如表1、表2所示, 其厚度为80mm。

(1) 焊接工艺分析 根据导管加强环的结构特点, 传统的焊接工艺采用焊条电弧焊和药芯CO₂气体保护焊进行焊接, 该焊接工艺的弊端主要表现为: ①单位时间熔敷率小, 焊接效率低。②对工人技能水平要求很高, 易受焊工专业技能水平的影响, 合格率低。③焊接成形较差, 外观打磨处理工作量增加。④加强环焊接作业一般在半封闭空间内进行, 加强环之间距离狭小, 且预热温度高达110℃, 施工人员面临着烟尘、高温等严峻考验, 施工环境恶劣, 安全性不高。

根据该工艺存在的以上问题, 我公司研究熔化极气体保护焊封底、埋弧焊填充盖面工艺。该工艺在焊接加强环时需要将导

管竖立, 上坡口焊接完成后, 将导管倒立, 气刨清根完成后, 进行埋弧填充盖面作业, 如图2~图4所示。

(2) 坡口加工 加工如图5所示K形坡口, 坡口角度45°, 组对间隙2~4mm, 钝边厚度1~2mm。

(3) 焊材选择 依据等强匹配原则, GMAW封底焊接焊丝选用JM—58 (林肯), SAW填充盖面焊接焊丝选用PREMIER WELD Ni1K (林肯) 和焊剂8500 (林肯), 其化学成分和力学性能如表3、表4所示。

(4) 焊接参数 焊接参数参如表5所示。

(5) 试验结果 焊缝正面和背面无外观缺陷, 通过磁粉检测合格率为100%, 按照ASTM A578/A578M进行超声波检测, 达到B级标准。焊接接头拉伸、全焊缝拉伸、弯曲、夏比冲击试验均满足AWS D1.1—2010标准及项目技术要求, 试验数据分别如表6~表9所示。

3. 工艺在某导管架项目中的应用

在某导管架项目中, 单节导

管的最小管径为2000mm, 最大壁厚达80mm。有的3m长导管内部多达5个加强环, 且部分加强环带有翼缘环, 现场施工中, 该焊接工艺有效地避免了传统工艺的弊端, 焊接速度提高2~3倍, 极大地提高了焊接效率, 外观成形质量高, 有效减少了外观处理打磨作业量, 改善了焊接施工条件, 提高了安全性, 起到节能、降耗、增效的作用。该工艺得到



图2 导管加强环实物



图3 传统手工焊接



图4 埋弧半自动小车焊接

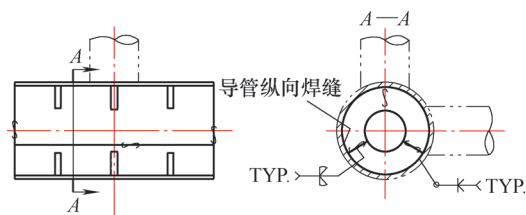


图1 导管加强环处典型截面

表1 DH36—Z35钢的化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	V	Ti	Mo	Ni	Cu	Ceq
0.12	0.23	1.4	0.012	0.002	0.06	0.04	0.073	0.002	0.039	0.08	0.1	0.40

表2 DH36—Z35钢的力学性能

板厚/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率 (%)	冲击吸收能量/J(-20℃)
80	450	599	25.0	250, 245, 270

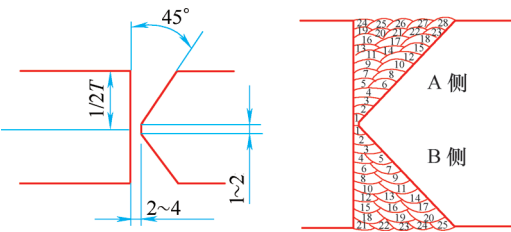


图5 坡口及焊道分布

表3 化学成分（质量分数）（%）

材料牌号及规格/mm	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Ni	Cu
JM—58(ϕ 1.2)	0.07	0.70	1.49	0.006	0.012	—	—	—	0.12
PREMIER WELD Ni1K(ϕ 4.0)	0.08	0.48	1.15	0.015	0.006	0.004	0.0019	1.08	0.17

表4 力学性能

材料牌号及规格/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率(%)	冲击吸收能量/J
JM—58(ϕ 1.2)	480	580	30	70, 74, 68(-40℃)
PREMIER WELD Ni1K(ϕ 4.0)	490	560	31	184, 188, 182(-60℃)

表5 焊接参数

焊接方法	电源极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min ⁻¹	气体流量/L·min ⁻¹	热输入/kJ·mm ⁻¹	层间温度/℃
GMAW	DC (+)	170~250	22~28	150~450	15~25	0.6~1.5	<200
SAW填充	DC (+)	340~580	27~31	400~500	N/A	1.0~2.2	<200
SAW盖面	DC (+)	500~600	30~34	450~550	N/A	1.0~1.8	<200

表6 拉伸试验数据

试样编号	试样规格/mm	抗拉强度/MPa	破坏位置	试样取向	试验结果
T201601	19.99 × 33.60	594	母材	横向	合格
T201602	19.94 × 33.35	528	母材	横向	合格

表7 全焊缝拉伸试验数据

试样编号	试样直径/mm	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	断后伸长率(%)	试验结果
T201603	12.56	570	494	27	合格

表8 弯曲试验数据

试样编号	压头直径/mm	弯曲角度(°)	弯曲类型	试验结果
T201604	50.8	180	侧弯	合格
T201605	50.8	180	侧弯	合格
T201606	50.8	180	侧弯	合格
T201607	50.8	180	侧弯	合格

表9 夏比冲击试验数据

试样编号	缺口位置	试样规格/mm	试验温度/℃	冲击吸收能量/J	均值/J	试验结果
T201608-T201610	焊缝	10 × 10 × 55	-20	160, 160, 116	145	合格
T201611-T201613	熔合线		-20	170, 190, 155	172	合格
T201614-T201616	距熔合线1mm		-20	188, 160, 208	185	合格
T201617-T201619	距熔合线2mm		-20	195, 200, 250	215	合格
T201620-T201622	距熔合线5mm		-20	184, 184, 222	197	合格
T201623-T201625	根部焊缝		-20	215, 219, 228	221	合格
T201626-T201628	根部熔合线		-20	228, 206, 268	234	合格

了大面积的推广和应用，对以后大型深水海洋工程结构加强环预制工作具有实际指导意义。实际外观成形如图6所示。



图6 外观成形效果

4. 结语

进行了DH36—Z35钢板对接工艺试验，采用熔化极气体保护焊封底、埋弧焊填充盖面的焊接方法和JM—58、PREMIER WELD Ni1K焊接材料，控制好热输入和层间温度，选择合适的焊接参数，采用多层多道焊工艺，验证了所选焊材和工艺能够满足相关标准和项目技术文件对接头强度和性能要求。

参考文献：

[1] American Welding Society. AWS D1.1/D1.1M Structural welding code-steel[S]. Miami: AWS, 2010.

作者简介：戴世超等，海洋石油工程（青岛）有限公司。

MW 20161022