



大厚板高效组合焊接工艺方法研发

杨岳山 李光辉 杨波 赵连春 任家东

【摘要】 本文以大型集装箱船舷顶列板为典型结构，对为提高大厚板立焊合拢对接缝焊接效率，创新开发的一种FCAW+EGW组合焊接方法及工艺技术要点进行了介绍。

关键词： 厚板；合拢；焊接；创新；高效

1. 概述

大型集装箱船具有较大的船长尺度、载箱量，较高的航速、以及大开口等特性，导致船体结构中中部区域处于较高的应力水平。因此设计上往往采用大厚度高强度钢材料。单丝气电立焊（EGW）作为一种高效率焊接方法，应用较普遍。但一般最大适用板厚只能达到32~33mm，无法在上述大厚板上采用；双丝EGW方法的适用板厚一般可达70mm左右，但由于焊接热输入非常大，要保证焊接接头的性能满足规范要求，必须采用适应大热输入焊接的钢板。所以，在未采用适应大热输入焊接钢板情况下，大厚板立对接焊缝只能采用FCAW多层多道焊，焊接效率低下。

本方法是针对上述特点，研究开发的一种既能将EGW应用于大厚板焊接，充分发挥其高效率优势，又适应实际钢板特点的FCAW+EGW组合焊接工艺方法。即先在结构面采用FCAW单

面焊接，并实现背面成形，之后在非结构面进行EGW焊接的一种高效组合焊接方法。

2. FCAW+EGW组合焊接方法要点

(1) 适用板厚 34~80mm：即下限为单丝EGW适用板厚的上限；对于上限，目前某大型集装箱船舷侧内、外壳上列板采用的是大厚度钢板，考虑不同产品钢板厚度不同，所以确定为80mm。

(2) 厚度划分 焊接厚度的划分原则，首先要充分发挥EGW焊接的高效率优势；同时必须兼顾两种方法焊接熔敷金属量不能相差过大，否则会较难控制焊接变形。

(3) 组合焊接方法接头形式设计 ①坡口角度：FCAW侧为避免坡口宽度过大，比正常FCAW单面焊坡口适当减小，为 $X \pm 5^\circ$ ；EGW侧为了降低熔敷金属量和不至于坡口过宽，根据板厚不同采用不同的坡口角度。板厚为30~50mm时为 $Y \pm 5^\circ$ ，板

厚为51~80mm时为 $Z \pm 5^\circ$ 。②根部间隙：需要同时适应两种焊接方法工艺要求，即 $G \pm 2\text{mm}$ 。③适用衬垫形式：常规三角衬垫因角度问题无法满足上述接头形式要求，本组合焊接方法需要采用圆棒衬垫。直径尺寸需要根据实际装配间隙的数值选取（见图1）。

(4) 焊接施工基本要点 ①焊接培训。操作者需经过一定时间的培训，即使具有EGW（SG—2法）焊接普通厚度钢板经验的操作者也必须经过培训，因为薄板与大厚板焊接时，熔池中焊丝的操作运动不同。②端



图1 FCAW+EGW组合焊接接头形式设计

部检测。焊缝始末端以及停弧部位，要采用非破坏检测（RT或UT），检查有无缺陷以及确认缺陷尺寸，采用气刨去除缺陷，用FCAW或SMAW焊接方法返修焊接。③引弧板。引弧板长度至少要50mm。引弧板与母材同厚度，开相同坡口。④焊接时，风会造成保护气体紊乱使焊缝产生气孔缺陷，以及因空气中的氮侵入而造成接头性能低下，故需采取必要的防风措施。

3. 工艺试验及认可

(1) 试验材料 试板及焊材如表1所示。

(2) 焊接参数 焊接位置为3G，具体焊接参数如表2所示。

(3) 试验结果 试验按照LR、CCS船规和在验船师现场监控下进行，结果如下。

NDT及结果：PT结果为正反面焊缝边缘整齐，表面光滑，无任何表面缺陷；UT结果为所有焊缝经超声波检测全部合格（满足ISO5817 B级）；MT结果为正反面焊缝磁粉探伤检测后，无表面焊接缺陷。

力学性能检测及结果：依据规范要求，对焊接接头进行拉伸、弯曲、冲击、宏观和硬度检测，宏观试样如图2所示，数据



图2 焊缝宏观试样

表1 试验材料

钢板等级	试验板厚/mm	焊接方法	焊丝牌号
EH36	55	FCAW	JQ.YJ501—1
		EGW	DWS-43G

表2 焊接参数

焊道	焊丝直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min ⁻¹	焊接热输入/kJ·mm ⁻¹
FCAW侧	1.2	160~260	24~30	60~200	3.0~4.5
EGW侧	1.6	250~400	30~50	40~70	14~20

表3 力学性能检测结果

项目	拉力试验		侧弯曲试验 D=40mm, α=180°	-20℃下冲击值/J（要求值34J）			
	抗拉强度/MPa	断裂位置		焊缝中心 (正反面)	熔合线 (正反面)	熔合线外 2mm (正反面)	熔合线外 5mm (正反面)
试验值	580/585/ 585/595 (4个试样)	母材 (4个试样)	好 (4个试样)	169/95	224/78	> 300/253	> 300/239

汇总如表3所示。

(4) 认可结论 经对试验焊接接头进行NDT和力学性能检测，结果满足船级社规范要求，通过工艺认可。

(5) 效率对比 以某板厚1m长焊缝为例，采用双面FCAW焊接时需要焊接时间为250min；采用组合焊接方法时，EGW需要焊接时间为18min，FCAW需要焊接时间为125min，合计需要焊接时间143min。采用组合焊接方法比原双面FCAW焊接节省焊接时间近43%。

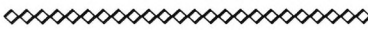
4. 结语

试验研发的FCAW+EGW组合焊接方法，既充分发挥了EGW焊接的高效率优势，又适应当前的钢板特点，是一种焊接效率高、可行性大的新焊接工艺技术。作为一种创新焊接工艺技术，其坡口制作、装配精度、材料选配、焊接参数等至关重要，

必须在实施中严格控制。

作者简介：杨岳山等，大连船舶重工集团设计院船研所高级工程师。

MW 20170426



《金属加工（冷加工）》

2017年第10期要目

- 曲面刮刀的刃磨方法
- 插齿内齿圈加工乱齿现象的原因及分析
- 压力机个性化服务案例
- 普通车床光电智能双防护装置的研究与实践
- 车镗大型铝合金壳体法兰端面防止铝屑划伤已加工面的措施
- 柴油机曲轴曲柄销过度圆角铣削加工技术研究
- 钛合金薄壁细长轴加工方法
- 浅谈线切割锥度加工参数设置
- 研制多件装夹工装，提高加工中心生产效率