

590Mpa高强钢薄板立向上角焊工艺研究

钱 灏

江南造船(集团)有限责任公司 上海 201913

摘 要: 本文针对590Mpa钢薄板协同脉冲立向上角焊工艺展开研究,通过6、8、10mm板厚的590Mpa钢进行立向上角焊试验,获得了良好的表面成形及质量可靠的焊接接头,掌握了590Mpa钢薄板协同脉冲立向上角焊操作要点,确定了590Mpa钢薄板协同脉冲立向上角焊焊接参数。

关键词: 590Mpa钢;立向上;协同脉冲程序

Research on vertical upward fillet welding process of 590Mpa high-strength steel sheet

Qian Hao

Jiangnan Shipbuilding (Group) Co., Ltd. Shanghai 201913

Abstract: In this paper, the process of 590Mpa steel sheet cooperative pulse vertical upward fillet welding is studied. Through the vertical upward fillet welding test of 590Mpa steel with 6, 8, and 10 mm plate thickness, good surface shape and reliable quality welded joints are obtained, the key points of 590Mpa steel sheet cooperative pulse vertical upward fillet welding are mastered, and the welding parameters of 590Mpa steel sheet cooperative pulse vertical upward fillet welding are determined.

Key words: 590Mpa steel; vertical upward; Cooperative pulse program

1 前言

590Mpa钢作为某高新产品船体用钢,该船体内部结构复杂,焊缝形式种类多,船体内部舱壁板角焊缝大多以6、8、10mm板厚590Mpa钢为主,焊后要求得到较小尺寸的焊脚,对焊接技术及接头质量可靠性要求较高,选择传统焊条电弧焊采用小直径焊条进行焊接,不仅焊接生产效率低,而且焊后构件变形大,火工矫正困难,严重影响船体建造可控变形精度及分段制作质量。590Mpa钢属于Cr-Ni-Mo系低碳调质钢,配套的WM960S实芯焊丝合金含量高,熔池流动性较差,熔深浅,焊缝中间易凸起,容易出现气孔和未熔合缺陷,尤其立向上角焊缝的焊接,对焊接设备性能要求特别高。经教研遴选奥地利Fronius公司生产的TIME Digital 5000全数字智能MIG/MAG一元化脉冲焊机,选用脉冲模式并匹配合适脉冲参数及摆动手势进行了8mm、10mm板厚角焊缝立向上单道焊试验,试验结果焊缝表面成形较好,而最小焊脚尺寸均大于8mm,焊脚偏大,为了减小焊角,焊速加快,焊缝中间凸起,成型变差,该焊接设备的脉冲程序无法满足现有10mm以下板厚590Mpa钢薄板立角焊的焊接要求。

为了解决590Mpa钢薄板立向上小角焊的工艺,根据590Mpa钢配套的WM960S焊丝立向上焊接熔池的特点,经过Fronius公司软件人员与我公司技术人员不断沟通和大量焊接

试验研究,在原有系统基础上经过软件升级,最终在TIME Digital 5000全数字智能MIG/MAG一元化脉冲模式基础上开发一种新型适用于590Mpa钢薄壁构件立向上小角焊缝焊接的协同脉冲焊接程序。

协同脉冲焊接程序在焊接时产生双脉冲,高值脉冲提供焊接所需的大部分热输入,使焊丝熔化形成熔滴并过渡到熔池,并保证有足够的熔深;低值脉冲提供一定的热量,使熔池保持一定的流动性,改善焊缝成型。

协同脉冲焊接程序相比TIME Digital 5000智能MIG/MAG一元化脉冲焊机焊接程序具有以下优点;

1.1 与TIME 5000 Digital焊机MIG/MAG一元化脉冲非接触过渡方式不同,协同脉冲的过渡方式在过渡时熔滴有接触熔池。

1.2 在同样的电流焊接条件下,协同脉冲电压低,送丝速度快,熔敷效率高,热输入量低,电弧热量集中,熔深较深。

1.3 协同脉冲程序立向上焊时焊枪不需要摆动,焊接速度快2~2.5倍,焊角较小。而智能MIG/MAG一元化脉冲焊接时焊枪需要摆动,两边需短暂停留,焊接速度慢,焊角大。

2 工艺试验

试验以6、8、10mm板厚的590Mpa钢为对象,在大量角

焊缝试板焊接基础上,用测量焊脚尺寸、表面无损探伤、理化性能测试等手段摸索出合理的焊接规范,并通过完整工艺试验掌握590Mpa钢薄板协同脉冲立向上小角焊焊接工艺要点。

2.1 试验材料

590Mpa钢的化学成分见表1,试验选用直径 $\phi 1.2\text{mm}$ 的WM960S焊丝,其化学成分见表2,保护气体采用80%Ar+20%CO₂混合气,混合气体的纯度 $\geq 99.99\%$ 。

表1 590Mpa钢化学成分(%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
含量	0.07~0.14	0.17~0.37	0.30~0.60	≤ 0.020	≤ 0.015	2.26~3.00	0.09~1.20	0.20~0.27	0.80~1.10

表2 WM960S焊丝化学成分(%)

焊材直径	C	Si	Mn	Ni	Mo	S	P
$\phi 1.2\text{mm}$	≤ 0.08	≤ 0.60	≤ 0.14	2.3~2.8	0.15~0.30	≤ 0.012	≤ 0.020

2.2 试验设备

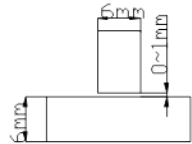
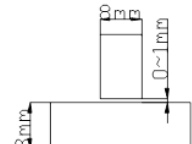
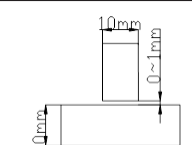
试验采用奥地利Fronius公司生产的TIME Digital 5000全数字化焊机,焊接程序选用协同脉冲(Reference Pulse 1802)焊接程序。

2.3 焊接试验

本试验使用的6、8、10mm板厚的590Mpa钢进行协同

脉冲焊接程序立向上单道焊试验,焊机电流类型采用直流反接(DCEP),试验装配见表3,装配前用砂轮机对腹板及翼板焊接区域的钢板表面进行打磨,直至露出钢板本身的金属光泽,以彻底清除焊接区域的氧化膜、油脂、水、尘等杂物。

表3 590Mpa钢协同脉冲立角焊试验表

试验编号	试板厚度 mm	装配图	焊接道次	焊脚尺寸 mm
A5	6+6		立角焊 (单道焊)	$K \leq 4$
A6	8+8		立角焊 (单道焊)	$K \leq 5$
A7	10+10		立角焊 (单道焊)	$K \leq 6$

焊接前,选择焊枪开关模式,预设送丝速度(焊接电流),送丝速度的大小决定了焊接电流的大小,且与焊接电流成正比,并且系统默认一与之匹配的电弧电压。弧长修正可以调整电弧电压的大小,弧长修正值可正可负,值越小,则电弧电压越小。焊接时根据熔池状况微调送丝速度、弧长修正、脉冲的各项修正参数使之与焊接电流匹配达到最佳

状态。

焊接过程中,送丝机送丝流畅,电弧柔和稳定,熔滴过渡稳定。各试板的具体焊接工艺参数见表4,焊道表面与母材间呈圆滑过渡,焊缝成形较好,未发现表面裂纹、气孔、咬口等表面缺陷,焊脚尺寸均满足设计技术要求。

表4 590Mpa钢协同脉冲立角焊焊接各项参数记录

试板编号	焊道布置图及焊脚尺寸	焊接电流A	电弧电压V	脉冲频率HZ	弧长修正1 弧长修正2	焊接速度	气体流量L/min	焊脚尺寸K
A5		150/80	20/14	1.2	-1%/-3%	18 cm/min	20	3~3.5mm
		145/80	20/14	1.2	-1%/-3%	18 cm/min	20	

续表:

试板编号	焊道布置图及焊脚尺寸	焊接电流A	电弧电压V	脉冲频率HZ	弧长修正1 弧长修正2	焊接速度	气体流量L/min	焊脚尺寸K
A6		145/75	22/18	1.2	-1%/-1%	16 cm/min	20	4~4.5mm
		145/75	22/18	1.2	-1%/-1%	16 cm/min	20	
A7		145/70	22/18	1.3	0%/-1%	15 cm/min	20	5~6mm
		145/70	22/18	1.3	0%/-1%	15 cm/min	20	

2.4 无损检测

焊接结束后,依据JB/T4730~2005《船体结构焊接质量检验规则》的规定对A5、A6、A7试板进行无损探伤,检测结果均达到了标准要求,焊缝表面均未发现裂纹、未熔合、气孔等焊接缺陷^[1]。

2.5 焊接接头折断及金相检测

为了考察试板角焊缝根部整体熔合情况,对A5、A6、A7试板依据《GJB64.2A-97舰船船体规范》中关于焊接工艺评定的相关要求,进行折断试验和宏观金相测试。A5、A6、

A7试板折断试样断口上均未发现裂纹、未熔合、气孔等焊接缺陷^[2]。

对590Mpa钢协同脉冲立角焊A5、A6、A7试板各角接接头的宏观腐蚀截面形貌如图1所示,A5、A6、A7宏观试样的焊缝及热影响区均未发现裂纹及未熔合等缺陷。经对各宏观试样焊缝断面熔深进行测量,各试样根部熔深在0.5~1.0mm之间,具体各试板焊脚熔深测量数据见表5,表6为角焊缝接头硬度检测结果。

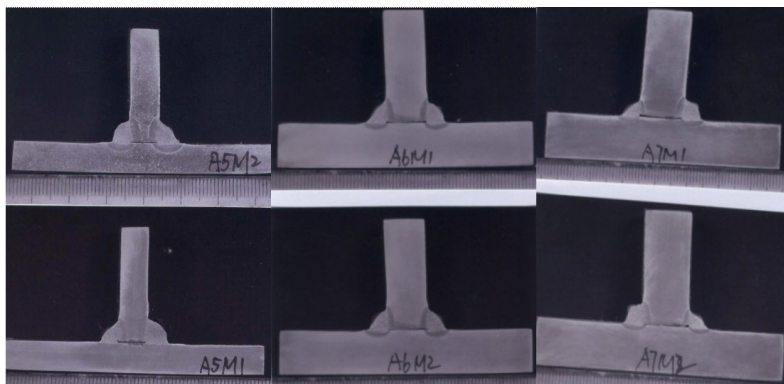


图1 590Mpa钢协同脉冲立角焊宏观断面照片

表5 590Mpa钢协同脉冲立角焊接头熔深测量 (mm)

试板编号	位置	左侧焊缝		右侧焊缝	
		熔深d1 (max)	熔深d2 (max)	熔深d1 (max)	熔深d2 (max)
A5	M1	0.6	0.6	0.7	0.7
	M2	0.7	1.0	0.8	0.9
A6	M1	0.7	0.8	0.6	1.0
	M2	0.7	0.6	0.7	0.5
A7	M1	0.9	0.7	0.7	0.6
	M2	0.7	0.5	0.8	0.8

表6 590Mpa钢协同脉冲立角焊接头硬度检测结果 (HV3)

试板编号	位置	母材	热影响区	焊缝金属	焊缝根部
A5	H1~2	230~257	227~406	243~350	206~357
A6	H1~2	220~254	227~405	364~397	233~401
A7	H1~2	214~376	229~394	358~395	218~396

3 结果分析

从表5、表6数据中可以看出：A5、A6、A7试板焊缝焊道根部与母材熔合良好，各焊接接头的硬度测量值整体范围为206~406 (HV3)，均满足标准要求的不超过410 (HV3)的规定，最高硬度出现在A5试板焊缝热影响区为406，主要由于A5在焊接过程既要保证焊缝根部有足够熔深，又要使得焊脚尺寸满足要求，在焊接电流不变条件下，只能通过增加焊接速度保证焊脚尺寸，由于要求得到较小焊脚尺寸，焊接速度快，焊缝冷却速度相应也快，使得热影响区产生淬硬组织，在实际生产应用中，适当提高预热温度和控制焊缝冷却速度可以有效避免10毫米以下590Mpa钢薄板角焊采用协同脉冲焊接程序单道焊焊接热影响区产生淬硬倾向。

4 结论

4.1 Fronius公司开发的新型协同脉冲焊接程序适用于590Mpa钢薄壁构件立向上小角焊缝的焊接，可以保证其接头各项性能指标符合设计规范要求。

4.2 协同脉冲程序立向上焊焊接速度快，但焊接区域有一定淬硬倾向，尤其是焊缝热影响区比较明显，焊前采取合理预热措施，焊接过程中各项焊接参数控制在合适的范围内，可以有效降低焊缝热影响区产生淬硬组织倾向。

4.3 协同脉冲程序焊接效率高，焊脚尺寸小，焊接变形小，焊接质量较好。

参考文献

- [1]JB/T4730—2000《船体结构焊接质量检验规则》.
- [2]GJB64.2A-97《舰船船体规范》.