



高强钢管FGS90WV与20CrMnTi焊接工艺研究

汲建坤 孙强 连杰

【摘要】介绍了FGS90WV、20CrMnTi管材的力学性能,通过对FGS90WV、20CrMnTi的焊接性分析和焊接工艺试验,制定出合理可行的焊接工艺,从而保证焊接接头质量。

关键字: 高强钢; 焊接性; 焊接工艺; 消氢处理

1. 概述

随着国家工程技术的飞速发展,履带式起重机在国内工程机械企业中得到了大力发展,而桁架臂作为履带式起重机重要的组成部分,其接头焊接质量的好坏直接决定着产品的质量及稳定性。公司研发的履带式起重机桁架臂接头由欧洲曼内斯曼管材FGS90WV和20CrMnTi焊接而成。为了保证焊接质量,在焊前需要对FGS90WV、20CrMnTi进行焊接性分析,通过工艺试验,制定出合理可行的焊接工艺。

2. 焊接性分析

(1) 试验用材质 钢管 FGS90WV, 规格为 $\phi 219\text{mm} \times 30\text{mm}$; 钢管 20CrMnTi, 规格为 $\phi 219\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。

(2) FGS90WV (供货状态 淬火+回火) 其化学成分及力学性能如表1、表2所示。

(3) 20CrMnTi (供货状态

淬火+回火) 其化学成分及力学性能如表3、表4所示。

(4) 焊接性分析 根据碳当量公式计算无缝钢管FGS90WV的 $C_{eq}=0.687\%$, 20CrMnTi的 $C_{eq}=0.626\%$, 二者的碳当量均 $>0.41\%$, 由此可见FGS90WV、20CrMnTi具有很高的裂纹敏感

性, 焊接性较差。FGS90WV与20CrMnTi是异种金属焊接, 由于冷却速度过大很可能形成马氏体比例比较高的淬硬组织, 加上管材焊接时拘束应力加大和氢的扩散聚集, 很容易在热影响区引起冷裂纹。因此需要制定严格的焊接工艺、焊前预热和焊后消氢

表1 FGS90WV无缝钢管的化学成分 (质量分数) (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W
标准值	0.14 ~ 0.18	0.20 ~ 0.50	1.20 ~ 1.50	$\leq$ 0.020	$\leq$ 0.010	0.5 ~ 0.90	0 ~ 0.40	0.30 ~ 0.50	0.03 ~ 0.08	0.4 ~ 0.80
实测值	0.17	0.36	1.43	0.02	0.003	0.60	0.15	0.38	0.06	0.57

表2 FGS90WV无缝钢管的力学性能

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率 (%)	冲击吸收能量/J (-40℃)	
≥ 850	≥ 920	≥ 12	纵向	横向
			≥ 40	≥ 27

表3 20CrMnTi的化学成分 (质量分数) (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	V
标准值	0.17 ~ 0.23	0.17 ~ 0.37	0.80 ~ 1.10	$\leq$ 0.035	$\leq$ 0.035	1.0 ~ 1.3	—	$\leq$ 0.30	0.04 ~ 0.10	—
实测值	0.22	0.24	1.02	0.02	0.007	1.07	0.01	0.03	0.05	0.01

表4 20CrMnTi钢管的力学性能

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率 (%)	冲击吸收能量/J (-40℃)	
≥ 835	≥ 1080	≥ 10	纵向	横向
			—	15

处理等工艺措施，来保证焊接接头的质量。

3. 焊接材料的选用

焊缝强度匹配系数是表明焊接接头力学性能非均质性的重要参数之一。对于工程机械，多采用等强或低强匹配。根据产品特点，FGS90WV与20CrMnTi形成的焊接接头承受拉应力，故按照强韧性、低氢兼顾的等强原则选用焊接材料。

FGS90WV与20CrMnTi的焊接选用焊丝T-Union-GM 100， $\phi 1.2\text{mm}$ （打底）+焊丝T-Union-GM 120， $\phi 1.2\text{mm}$ （填充）。由于焊丝T-Union-GM 100， $\phi 1.2\text{mm}$ 、T-Union-GM 120， $\phi 1.2\text{mm}$ 首次使用，故对焊材做了熔敷金属试验，其焊接材料的化学成分及力学性能分别如表5、表6所示。

由表5、6可以看出，试验所得焊材的化学成分及力学性能和厂家提供的保证值基本一致，可以用于焊接试验。

4. 焊接工艺试验

（1）坡口制备及组对 钢管FGS90WV与钢管20CrMnTi均采用相贯线切割机下料。坡口采用机械加工方法，发现有裂纹、分层的，必须及时清除。坡口组对时，将坡口及其两侧至少20mm范围的水分、锈蚀等清理干净，直到呈现金属光泽。

定位焊缝要均布，定位焊缝厚度为2~3mm，长度为20~30mm，定位焊要按照正式焊接的预热温度预热，预热范围从焊缝中心向两侧各100mm。

$\phi 219\text{mm} \times 30\text{mm}$ 管子对接

表5 焊材的化学成分（质量分数）（%）

焊丝牌号		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	V	Al	Cu
T Union GM 100	标准值	≤ 0.12	0.5~0.8	1.6~2.1	≤ 0.015	≤ 0.015	0.15~0.40	1.3~1.9	0.3~0.65	≤ 0.1	≤ 0.03	≤ 0.12	≤ 0.3
	实测值	0.08	0.6	1.7	0.015	0.015	0.2	1.5	0.5	0.1	0.03	0.12	0.1
T Union GM 120	标准值	≤ 0.12	0.6~0.9	1.6~2.1	≤ 0.015	≤ 0.015	0.20~0.45	1.8~2.3	0.45~0.70	≤ 0.1	≤ 0.03	≤ 0.12	≤ 0.3
	实测值	0.10	0.8	1.8	0.015	0.015	0.35	2.25	0.6	0.1	0.03	0.12	0.1

表6 焊材全焊缝金属力学性能

焊丝牌号		屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率（%）	冲击吸收能量/J
T Union GM 100	保证值	690	740	18	47（-50℃）
	实测值	—	749	27	—
T Union GM120	保证值	890	940	15	47（-50℃）
	实测值	—	940	23	—

采用V形坡口， $\alpha=60^\circ$ ，钝边为1~2mm，根部间隙为2~3mm，如图附所示。

（2）预热和层间温度 根据铁研试验得出的预热温度为150℃左右，层间温度控制在100~150℃之间。预热采用手工割炬在坡口两侧均匀进行，预热范围为从焊缝中心向两侧各100mm，采用红外线测温仪进行测量。

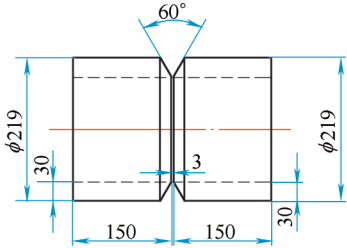
（3）焊接 试件达到预热温度后要及时进行焊接，FGS90WV与20CrMnTi采用混合气体（Ar 80%+CO₂ 20%）保护焊，打底采用焊丝T Union GM

100， $\phi 1.2\text{mm}$ ，打底焊应保证焊透，坡口两侧熔合良好，焊道表面应圆滑、平整，两侧熔合良好。打底层厚度不超过4mm，填充及盖面采用焊丝T Union GM120， $\phi 1.2\text{mm}$ ，填充焊前应对打底焊缝仔细清渣，将凹凸不平处修磨平整后再进行焊接，焊接采用多层多道焊，每一层的接头应相互错开20~50mm。焊机采用松下KRⅡ—350，焊接位置为平位。焊接参数如表7所示

（4）焊后消氢处理 焊后立即进行250℃后热保温3h，后热采用履带或线状加热器，加热范围为焊缝两侧各不少于焊缝宽度的3倍。

5. 焊后检测

（1）外观检测 焊缝在焊接完毕后立即清理，去除焊渣、飞溅物等，然后进行外观检测。焊缝外观成形良好，与母材圆滑过渡。焊缝接头表面质量应符合以下要求：①不得有裂纹、未熔



管子对接示意



表7 FGS90WV与20CrMnTi焊接参数

试件规格/mm	焊丝牌号 规格/mm	层数	电流 种类 极性	焊接电流 /A	电弧电压 /V	保护气体	气体流量 /L·min ⁻¹
φ219×30	T-Union- GM100 φ1.2	1	直流 反接	160~200	16~22	Ar80%+CO ₂ 20%	15~20
	T-Union- GM120 φ1.2	2~7	直流 反接	240~280	26~34	Ar80%+CO ₂ 20%	15~20

合、气孔、夹渣等。②不得有咬边。

(2) 超声波探伤 按照GB/T 11345进行焊缝等级评定,焊接接头经超声波检查后的合格等级≥Ⅱ级,符合JG/T5082.1—1996 A级焊缝标准。

(3) 理化试验 按照GB/T 2651—2008、GB/T2650—2008分别进行焊接接头拉伸及冲击

试验,其焊接接头性能如表8所示。

由表8可以看出,焊接接头的抗拉强度大于920MPa,在焊缝区取样,每个区3个试样为一组的低温(-40℃)冲击平均值≥27J,靠近FGS90WV热影响区取样,每个区3个试样为一组的低温(-40℃)冲击平均值≥27J,靠近20CrMnTi热影响

表8 焊接接头性能对比

抗拉强度/MPa	断裂位置	冲击吸收能量/J (-40℃)		
		焊缝	靠近FGS90WV熔合线	靠近20CrMnTi熔合线
992, 992	焊缝	63, 62, 63	59, 50, 64	25, 64, 33

(上接第26页)

割前必需的工作内容;同时,对轨道直线度数据、主板下料直线度数据进行数据收集和分析,以满足轨道直线度的临界点,降低调整成本。

(7) 此外还需用电子量角器对切割嘴进行二维垂直度的测量,以确保割嘴与钢板的垂直度(见图5);同时,控制割嘴与板材的间隙在10~15mm以内,



图 5

防止切割过程中,等离子割嘴与主板套料中的小物件突然翘起发生碰撞,影响割嘴与钢板的垂直度,使切割缝形成自然坡口。

5. 实施效果

通过上述三个方面的改进,以及四个多月的数据跟踪分析,

区取样,每个区3个试样为一组的低温(-40℃)冲击平均值≥15J,接头性能符合产品设计及使用要求。

6. 结语

(1) FGS90WV和20CrMnTi采用上述焊接工艺是可行的,焊接接头满足使用要求。

(2) FGS90WV和20CrMnTi采用上述焊接工艺时必须严格控制焊前清理、焊前预热、焊接参数、焊后热处理等环节。

参考文献:

[1]中国机械工程学会焊接分会.焊接手册(第2卷)第二版[M].北京:机械工业出版社.

作者简介:汲建坤等,郑州宇通重工有限公司。

MW 20160923

使船体主板的切割精度得到了提升(见图6),合格率从64%逐渐提升达到90%左右。主板拼板间隙也得到了控制,焊缝的填缝率由3月份的90%降至目前的12%;主板焊缝的批缝量在逐步减小,达到了预期的效果。

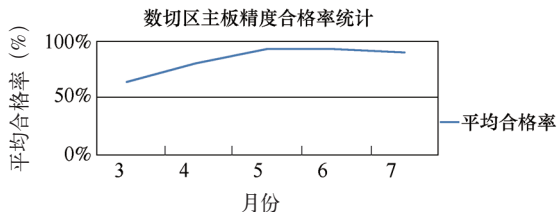


图 6

作者简介:张芳杰,江苏金陵船舶有限责任公司。

MW 20160923