



CO₂气体保护焊在200mm 厚度GS30Mn5驱动轴中的应用

刘须收

【摘要】 CO₂气体保护焊 (GMAW)，具有热输入低、焊接变形小、焊接操作灵活等优点，在我公司得到广泛应用。本文通过对200mm厚度特殊材质GS30Mn5驱动轴进行焊接性分析，通过焊接工艺评定确定合理的预热温度及焊接参数，形成焊接工艺指导书WPS，用于指导车间焊接生产。

关键词： CO₂气体保护焊；200mm厚度；GS30Mn5；焊接工艺评定

1. 概述

我公司为某大型国际公司生产的驱动轴，材质GS30Mn5，单重95266kg。整根轴由五段单独的空心轴体焊接而成，焊接坡口深度200mm，坡口形式为加衬垫的单面U形坡口。焊缝要求进行100%的超声波探伤及渗透探伤，分别符合EN1712的L3级和ASTM A903的L2级。对于200mm厚度的板，单面坡口，要求保证全深度无超标缺陷，对焊接工艺提出了很高的要求。

为保证焊接头的质量，前期对GS30Mn5进行焊接性分析，根据该材质的碳当量，确定合适的预热温度，并按照EN15614-1国际标准进行焊接工艺评定，根据评定结果形成焊接参数，用于指导驱动轴的焊接制造。本文对GS30Mn5超厚板的焊接制造，具有一定的指导意义。

2. 试验前期准备

(1) 焊接性分析 试验母

材GS30Mn5的化学成分如表1所示，力学性能如表2所示。

根据国际焊接学会推荐的碳当量和冷裂纹敏感指数计算公式可知，GS30Mn5碳当量及冷裂纹敏感指数分别为0.43%~0.6%和0.33%~0.43%，大于临界值0.40%和0.20%，具有一定的淬硬和冷裂纹敏感倾向。如果工艺不合理，可能在焊接热影响区产生大量的马氏体，导致其严重脆化，从而增大焊接接头的冷裂倾向。

由于坡口深度为200mm，属于厚板焊接，焊接过程中会产生很大的残余应力，加上该结构拘

束度大，在焊接残余应力的作用下极易产生焊接裂纹，焊接难度大。

(2) 焊接方法及材料 半自动药芯焊丝CO₂气体保护焊具有诸多优点，如操作灵活、焊接热影响区宽度小、焊接变形小等。基于以上优点，本产品拟采用CO₂气体保护焊进行焊接。参照表2所示，并结合焊缝与母材等强度、等韧性的原则，选择焊丝CHW-70C，符合GB/T8110 ER69-G，其性能如表3所示。

(3) 焊接坡口形式及焊接参数 由于板厚为200mm，属于厚板焊接，将坡口设计为U

表1 GS30Mn5试验用钢化学成分

钢种	化学成分 (质量分数, %)				
	C	Si	Mn	S	P
GS30Mn5	0.25~0.33	≤0.6	1.2~1.6	≤0.05	≤0.05

表2 GS30Mn5试验用钢的力学性能

钢种	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率 (%)	冲击吸收能量/J	硬度HBW
GS30Mn5	≥620	≥370	≥13	≥25(20℃)	≥170

形坡口，根部间隙4mm，钝边1.5mm，根部R角为10mm，坡口角度单边10°，双边20°，如图1所示。

焊接顺序如图2所示，焊接参数如表4所示。

3. 焊接难点控制

(1) 预热温度的确定 由于GS30Mn5钢的碳当量及冷裂纹敏感指数高，易产生焊接裂纹，因此焊前必须预热，根据预热温度经验公式 $T=\text{碳当量} \times 360^{\circ}\text{C}$ 可知，GS30Mn5预热温度为154.8~216℃。由于焊接坡口深度为200mm，拘束度大，所以为保证焊接接头不出现焊接裂纹，本次焊接试验选择预热温度为200℃。

(2) 焊后缓冷 焊后立即用石棉布包裹焊接试板，以降低焊接接头的冷却速度，从而减少马氏体产生的几率，降低冷裂纹倾向。

4. 焊接工艺评定

按照EN145614-1标准制备焊接试板（见图3），并进行焊接工艺评定试验，焊后按照EN1712的L3级和ASTM A903的L2级进行超声波和着色探伤，达到了标准要求。

探伤合格后对焊接试板整体进炉去应力退火，退火结束后对焊接试板进行破坏性试验，试验结果如图4所示。

(1) 缩截面拉伸试验 按照EN895国际标准制作缩截面板状拉伸试样，并进行拉伸试验。试验结果如表5所示。

由表5可知，焊接接头强度与母材相匹配，且高于母材规定

表3 焊接材料力学性能

焊接材料	R_{el}/MPa	R_m/MPa	$A\%$	$KV/J (-20^{\circ}\text{C})$
CHW-70C	650	750	21	95

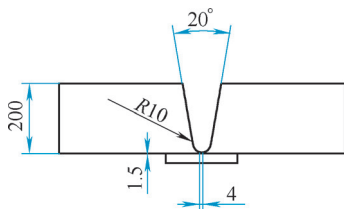


图1 焊接坡口形式

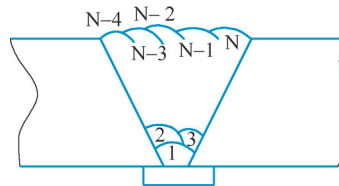


图2 焊接顺序

表4 焊接参数

焊道	焊接方法	填充金属		极性	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /mm·min ⁻¹
		型号	直径 /mm				
打底	GMAW	CHW-70C	4	DCEP	200	27	350
其他层	GMAW	CHW-70C	4	DCEP	260	33	240~330



图3 焊接试板毛坯



图4 试板焊后探伤

的最低值540MPa，符合标准要求。

(2) 导向弯曲试验 按照EN895国际标准制作弯曲试样，并进行导向弯曲试验，试验结果如表6所示。由表6可知，焊接接头弯曲试样表面未出现裂

纹、气孔等缺陷，符合标准要求。

(3) 夏比冲击试验 按照EN151614国际标准确定冲击试样的位置和试验温度，按照EN1875国际标准确定试样的尺寸和试验方法，并进行冲击试

表5 焊接接头拉伸试验结果

试样编号	宽度 /mm	厚度 /mm	面积 /mm ²	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断裂位置	结果
1-1	25.00	52.30	1307.5	532	640	母材	合格
1-2	25.00	51.80	1295	536	636	母材	合格
1-3	25.10	52.00	1305.2	527	631	母材	合格
1-4	25.10	52.00	1305.2	513	627	焊缝	合格
2-1	25.00	52.50	1312.5	523	628	母材	合格
2-2	25.00	52.00	1300	531	633	母材	合格
2-3	24.90	52.00	1294.8	517	624	母材	合格
2-4	25.00	52.10	1302.5	519	628	焊缝	合格

验，试验结果如表7所示。由表7可知，焊缝及热影区的冲击吸收能量均高于母材规定的最低值，符合标准要求。

(4) 宏观检查试验 按照EN1321国际标准进行宏观试验，未发现气孔、夹渣、裂纹、未熔合等焊接缺陷，达到标准要求。

(5) 维氏硬度试验 按照EN1043-1国际标准进行硬度试验，试验结果如表8所示，达到标准要求。

5. 结语

(1) 采用CO₂气体保护焊接中碳钢GS30Mn5，通过选择合适的焊接材料及合理的焊接工艺，并严格控制热输入，获得了良好的焊接接头，UT、PT达到标准EN1712的L3级和ASTM A903的L2级要求，达到了预期效果。

(2) 按照EN15614-1标准对中碳钢GS30Mn5焊接接头进行焊接工艺评定，其拉伸、弯曲、冲击、宏观检查、硬度均满足标准要求，达到了预期效果。

(3) 通过焊接工艺评定形成的焊接工艺指导书WPS，指导车间焊接生产，效果良好。

参考文献：

- [1] 王晓香.管线钢焊接常用的几种碳当量公式[J]. 焊管, 2004 (2) : 71-73.
- [2] 郑磊.管线钢的碳含量和碳当量与焊接性的关系[J]. 焊管, 2004 (4) : 72-73.

作者简介：刘须收，中信重工机械股份有限公司。

表6 导向弯曲试验结果

试样编号	弯曲类型	弯曲角度 (°)	备注
3-1	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
3-2	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
3-3	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
3-4	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
4-1	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
4-2	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
4-3	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
4-4	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
5-1	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
5-2	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
5-3	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
5-4	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
6-1	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
6-2	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
6-3	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格
6-4	侧弯	180	压头直径4t=40mm, 合格

表7 夏比冲击试验结果

试样编号	位置	试验温度/℃	冲击吸收能量/J		备注
			单值	均值	
7	焊缝 (表面)	20	92	84.6	合格
8		20	46		
9		20	116		
10	焊缝 (焊缝中心)	20	103	103	合格
11		20	99		
12		20	107		
13	热影响区 (表面)	20	41	66.3	合格
14		20	68		
15		20	90		
16	热影响区 (焊缝中心)	20	87	92.7	合格
17		20	91		
18		20	100		

表8 硬度检测

(HV)

前面																				
编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
HV10	201	207	240	254	209	213	218	209	206	206	212	221	218	225	230	215	227	233	233	232
编号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
HV10	240	206	219	240	235	237	240	235	228	222	233	219	219	237	254	219	224	238	218	212
编号	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
HV10	249	230	242	232	213	218	232	237	203	205	227	224	249	222	251	224	243	237	225	206
编号	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
HV10	191	225	207	228	227	215	209	193	219	213	215	201	212	—	—	—	—	—	—	—
背部																				
编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
HV10	195	206	188	193	205	202	212	212	224	227	230	225	243	233	212	225	219	219	213	228
编号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
HV10	227	232	216	242	210	221	202	198	209	197	206	212	202	194	—	—	—	—	—	—