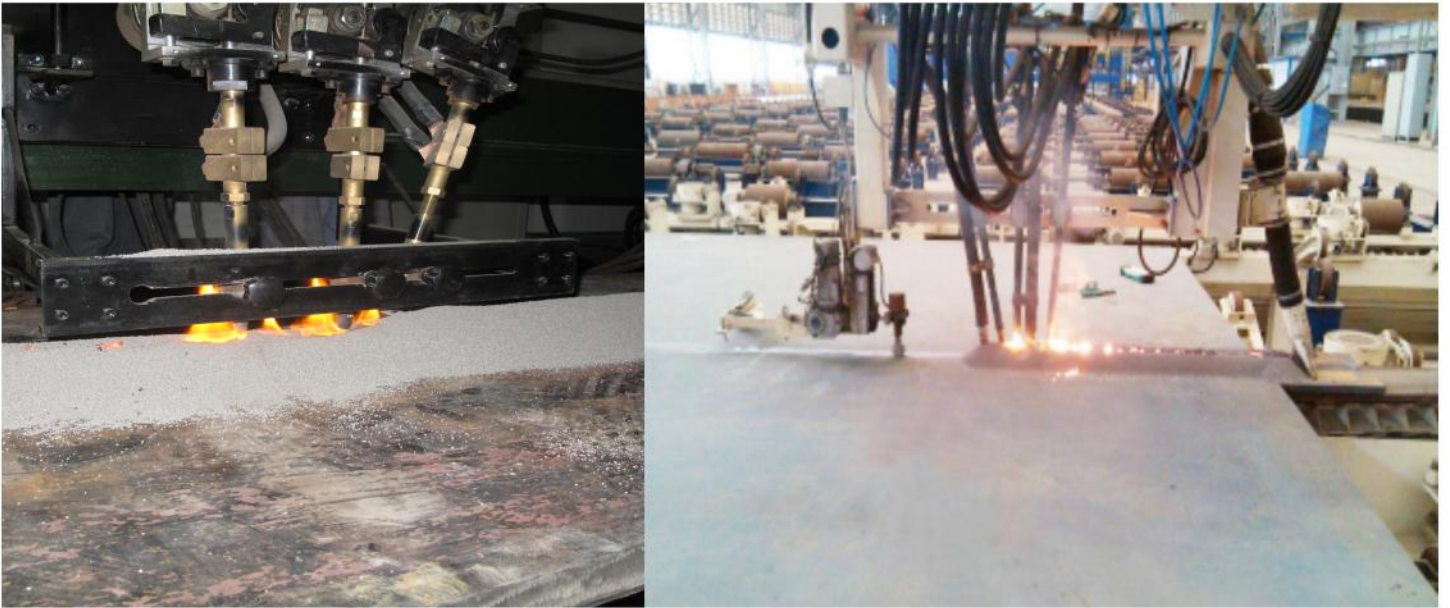
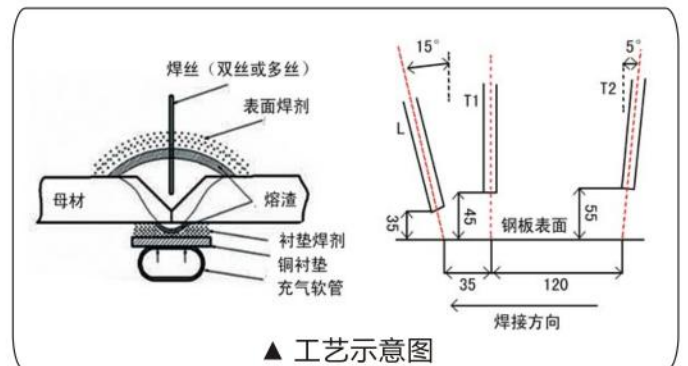


FCB法



工艺简介

FCB法又称焊剂铜衬垫法，它是在板块状的铜板上均匀铺设4-8mm厚的衬垫焊剂，使用充气软管顶压装置将其与钢板背面紧密贴合，再在坡口正面堆覆表面焊剂，并由正面进行焊接，同时形成背面焊缝的单面埋弧焊法。FCB焊接法通常采用双丝或者三丝焊接，其焊接效率高且焊缝质量稳定。



工艺特点

- 焊剂与铜板通过气管顶压，达到紧密贴合，即使坡口形状不均匀，烧穿等情况，背面焊道变化少，焊缝依然成型良好；
- 表面焊剂含有大量铁粉、合金，焊接熔敷效率高，焊缝金属力学性能稳定；
- 采用多丝焊接，40mm以下钢板可以一道成型，焊接15mm以下薄板时可以高速焊接；
- 焊缝工艺性能好，表面成型，背面成型均匀一致。
- 焊接工艺要点：收弧板长 $\geq 300\text{mm}$

FCB法

材料及认证

焊接材料			认证等级	船级社认证
焊丝	表面焊剂	背面焊剂	3Y	CCS LR ABS BV DNV · GL
TGM-51	TGF-55E	TGF-B		

埋弧焊丝主要成分典型值 (TGM-51)

C	Si	Mn	P	S
0.08	0.073	1.81	0.016	0.008

焊剂主要成分典型值 (TGF-55E)

MgO+CaO	SiO ₂ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃ +MnO	Al ₂ O ₃ +CaF ₂	P	S
31	23	24	14	0.021	0.010

焊剂主要成分典型值 (TGF-B)

MgO+CaO	SiO ₂ +TiO ₂	Al ₂ O ₃ +MnO	CaF ₂	P	S
34	31	5	6	0.028	0.012

熔敷金属化学成分典型值

C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni	Cr
0.12	0.27	1.37	0.019	0.011	0.12	0.029	0.025

钢板力学性能与成分

型号	厚度(mm)	-20℃冲击吸收功 (J)	屈服强度(MPa)	抗拉强度(MPa)	延伸率(%)
DH16	30	295	477	523	29

FCB法

C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti	Cr	Ni	Cu	Al
0.09	0.26	1.27	0.014	0.003	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.041

焊缝拉伸性能

测试状态	屈服强度(MPa)	抗拉强度(MPa)	延伸率(%)
焊态	458	563	26

焊接接头冲击性能

冲击取样位置	焊缝	熔合线	熔合线+1	熔合线+3	熔合线+5
-20°C冲击吸收功 (J)	100/95/98	196/193/188	251/269/258	295/293/295	297/298/297

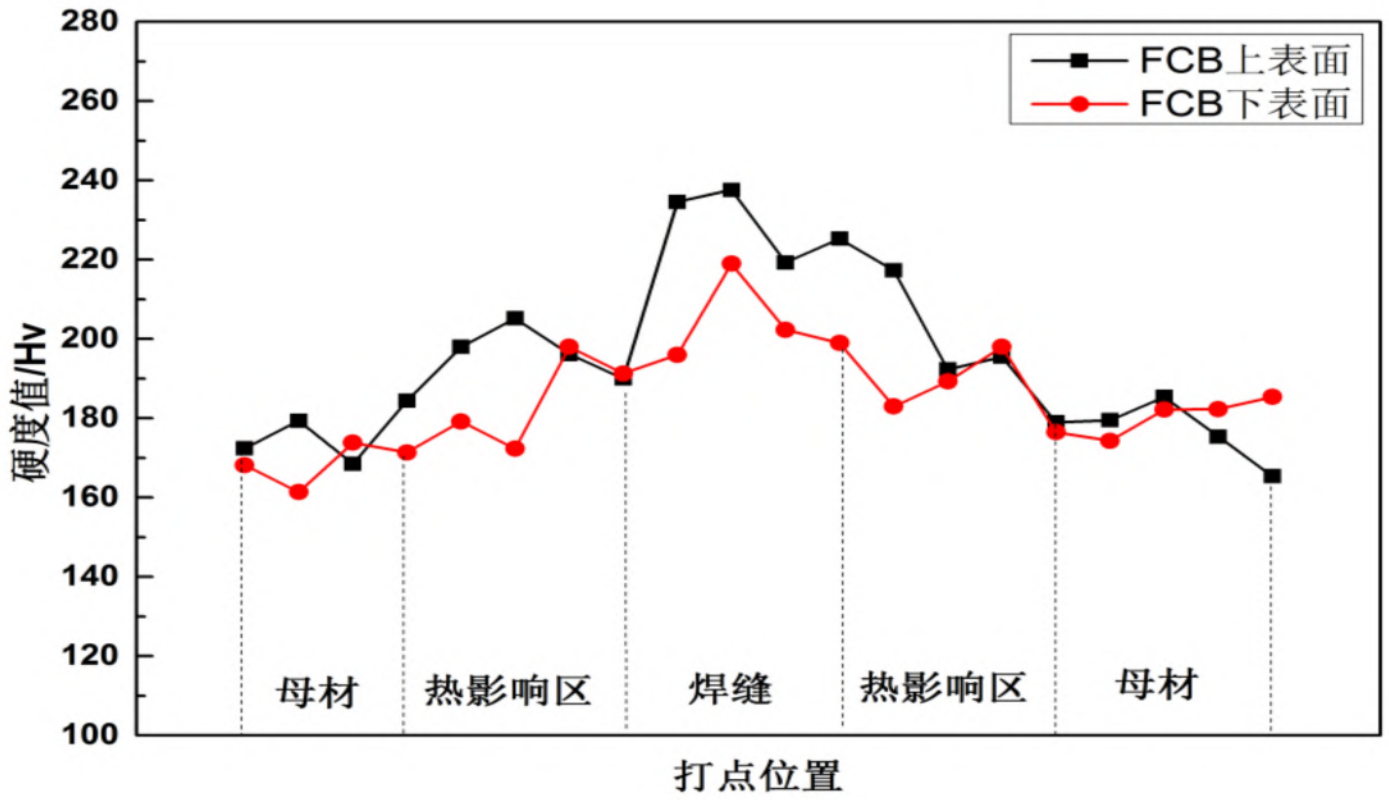
焊接接头拉伸与弯曲性能

测试状态	抗拉强度 (MPa)	断裂位置	4t测弯 (180°)
焊态	525	母材	合格
	521	母材	合格

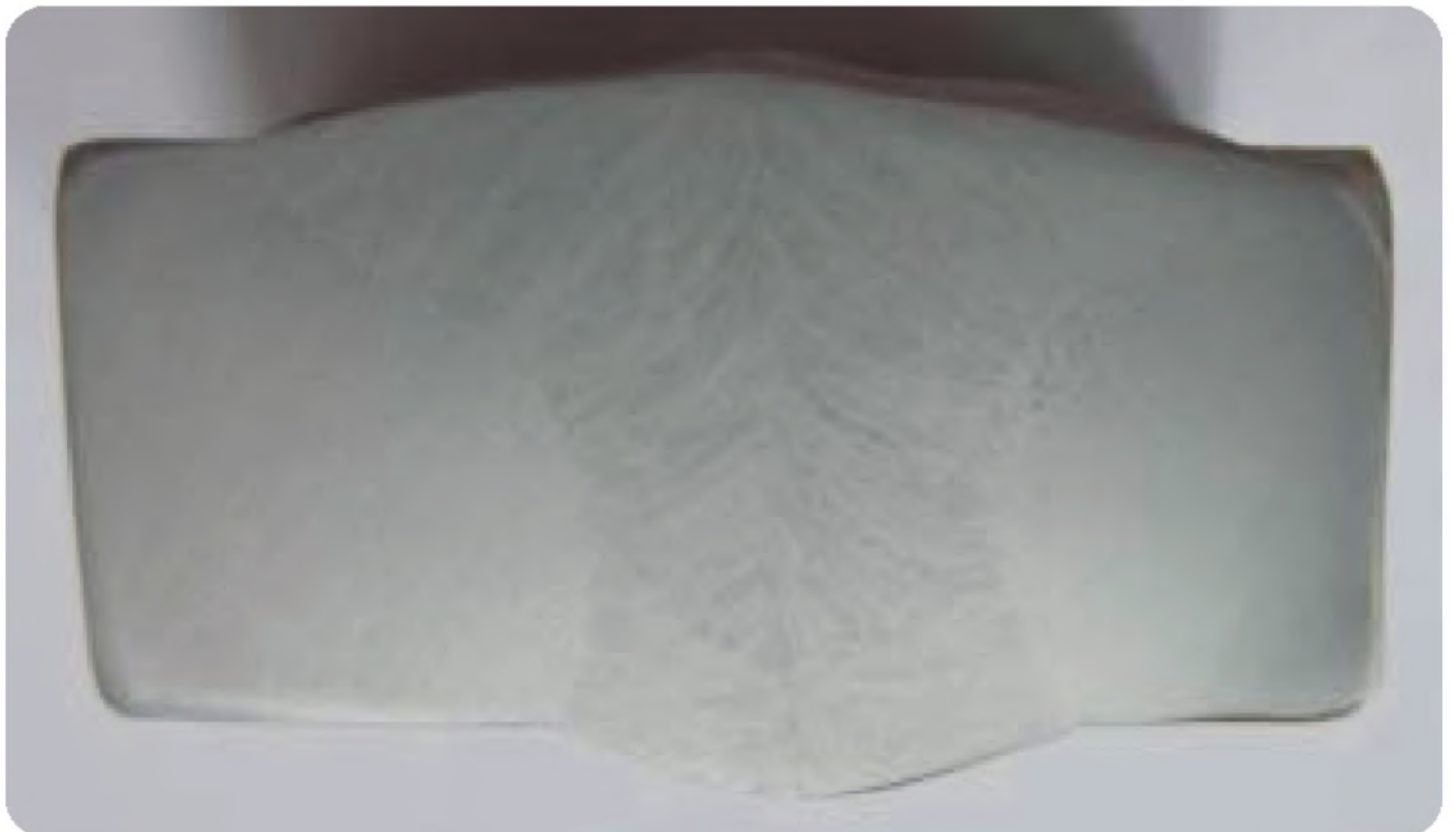
焊接规范参数

板厚	30mm	坡口形式	Y型
钝边	5mm	坡口	45°
参数	L	T1	T2
	1400A 35V	1050A 40V	1150A 45V
速度	48cm/min	焊接线能量	178KJ/cm

FCB法

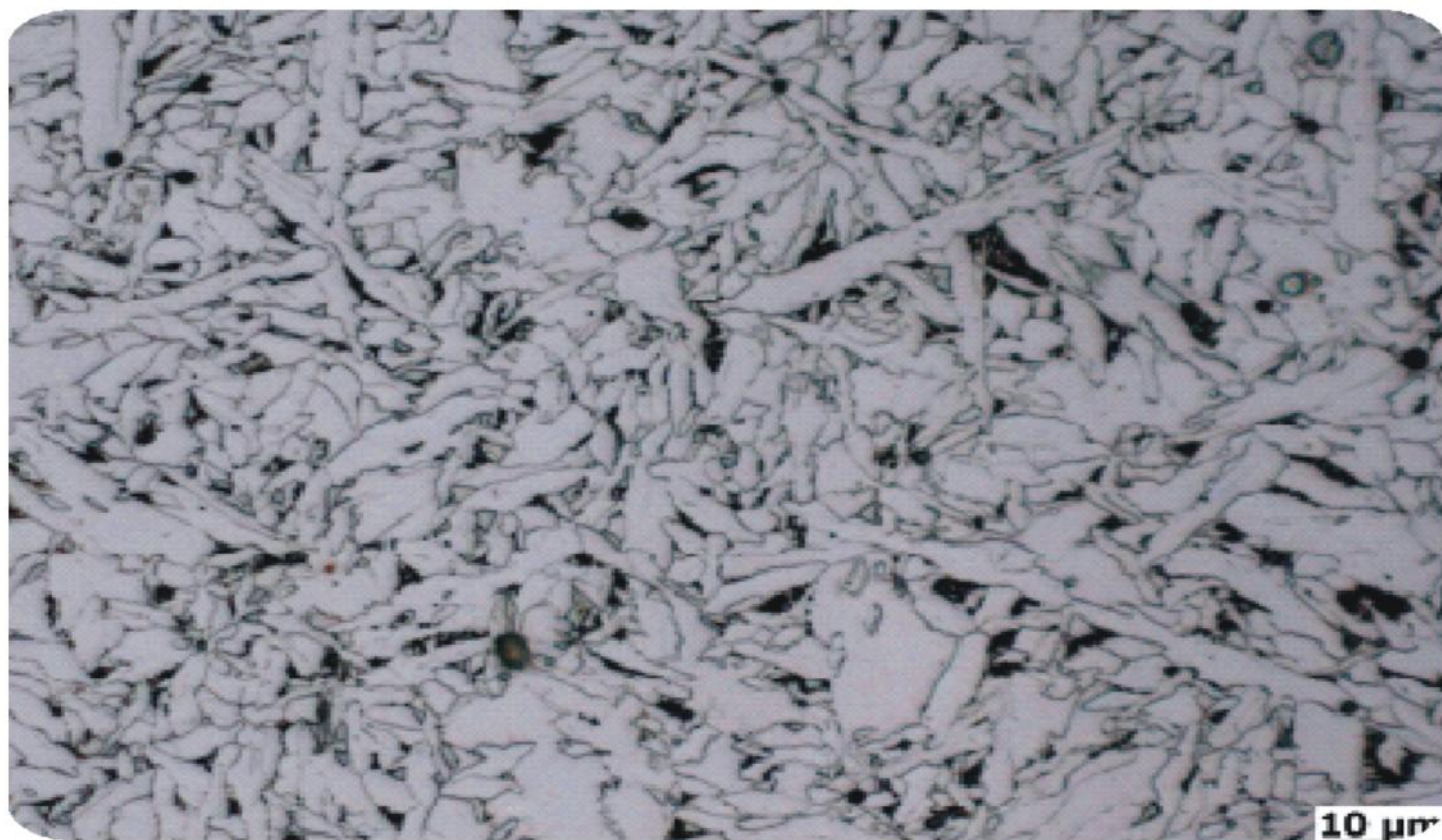


▲ 硬度分布曲线图

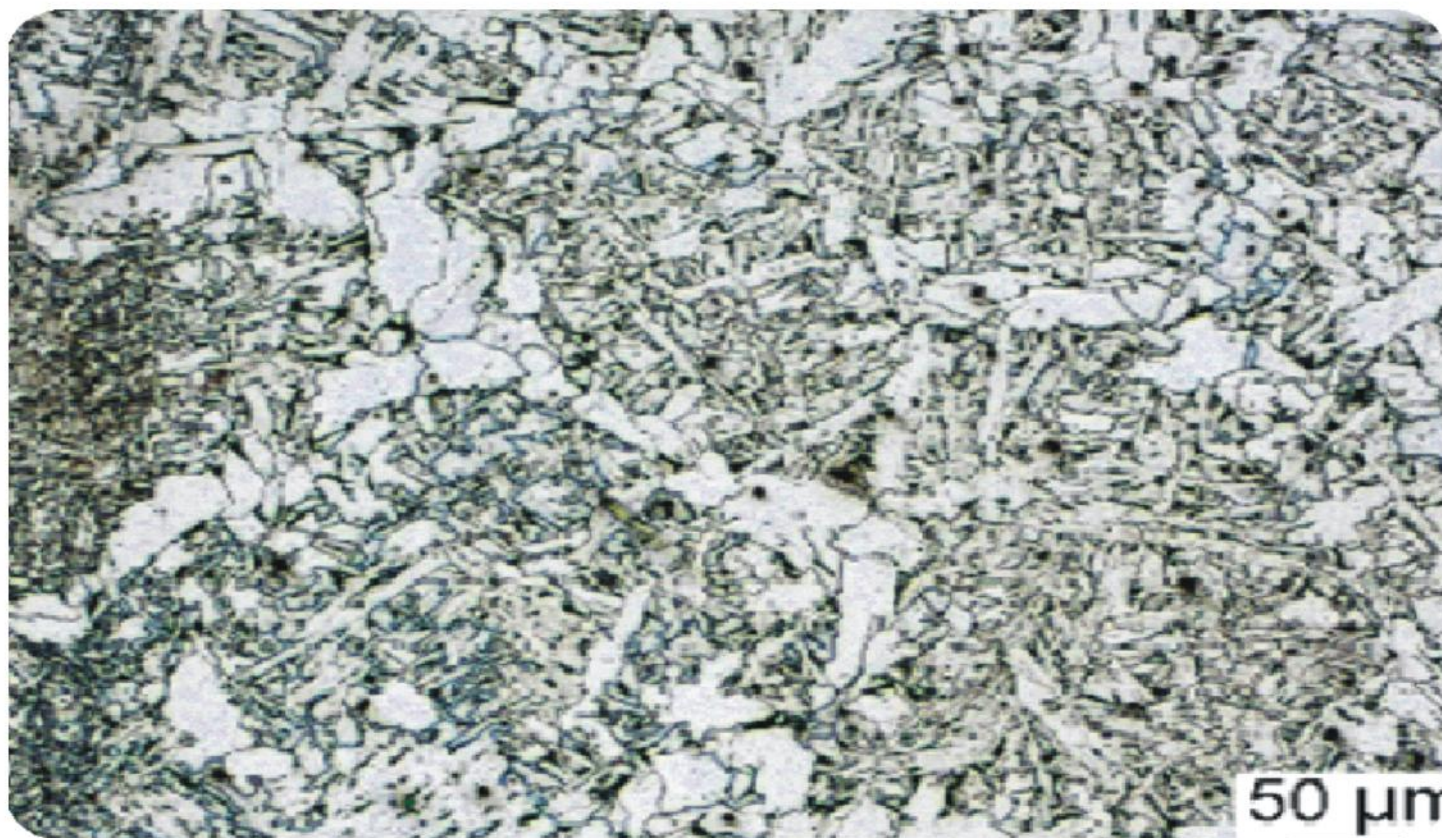


▲ 宏观金相图

FCB法



▲ 焊缝组织微观金相图



▲ 热影响区 (FL+1) 组织微观金相图

FCB法

焊接工艺参数

焊接条件				焊接规范			
板厚(mm)	坡口角度(°)	留根(mm)	坡口宽(mm)	电极	电流(A)	电压(V)	速度(cm/min)
14	60	3	12.7	L	1250	35	87
				T1	850	40	
				T2	870	45	
15	60	3	13.9	L	1250	35	85
				T1	900	40	
				T2	870	45	
16	60	3	15.0	L	1250	35	81
				T1	900	40	
				T2	870	45	
17	50	3	13.1	L	1350	35	81
				T1	900	40	
				T2	900	45	
18	50	3	14.0	L	1350	35	77
				T1	900	40	
				T2	900	45	
19	50	3	14.9	L	1350	35	72
				T1	900	40	
				T2	900	45	
20	50	3	15.9	L	1350	35	67
				T1	900	40	
				T2	950	45	

FCB法

板厚(mm)	坡口角度(°)	留根(mm)	坡口宽(mm)	电极	电流(A)	电压(V)	速度(cm/min)
21	50	3	16.8	L	1350	35	63
				T1	950	40	
				T2	950	45	
22	50	3	17.1	L	1250	35	59
				T1	850	40	
				T2	800	45	
23	45	5	14.9	L	1400	35	65
				T1	1000	40	
				T2	1050	45	
24	45	5	15.7	L	1400	35	61
				T1	1000	40	
				T2	1050	45	
25	45	5	16.6	L	1400	35	57
				T1	1000	40	
				T2	1050	45	
26	45	5	17.4	L	1400	35	55
				T1	1050	40	
				T2	1100	45	
27	45	5	18.2	L	1400	35	53
				T1	1100	40	
				T2	1100	45	
28	45	5	19.1	L	1400	35	51
				T1	1100	40	
				T2	1200	45	

FCB法

板厚(mm)	坡口角度(°)	留根(mm)	坡口宽(mm)	电极	电流(A)	电压(V)	速度(cm/min)
29	45	5	19.9	L	1400	35	49
				T1	1100	40	
				T2	1200	45	
30	45	5	20.1	L	1400	35	48
				T1	1100	40	
				T2	1200	45	
31	45	6	20.7	L	1450	35	47
				T1	1200	40	
				T2	1200	48	
32	45	6	21.5	L	1450	35	46
				T1	1200	40	
				T2	1200	48	
33	45	6	22.4	L	1450	35	42
				T1	1200	40	
				T2	1250	48	
34	45	6	23.2	L	1450	35	39
				T1	1200	40	
				T2	1250	48	
35	45	6	24.0	L	1450	35	36
				T1	1250	40	
				T2	1250	48	