

铁路不锈钢复合桥面焊接工艺研究

中铁山桥集团有限公司 (河北秦皇岛 066205) 范军旗

【摘要】 针对不锈钢复合钢板在铁路桥钢桥面上的应用, 结合具体项目进行了焊接工艺评定试验, 通过试验验证在桥梁钢结构的特定条件下应用不锈钢复合钢板的可行性, 并确定了合理的焊接工艺。

1. 概述

不锈钢复合钢板既有复层材料良好的耐蚀性、耐磨性和装饰性, 又有基层材料良好的强度和韧性, 并且价格适中, 具有巨大的社会效益, 目前在石油、化工等行业应用广泛。合肥铁路枢纽南环线特大桥首次将不锈钢复合钢板用于桥梁钢结构, 主要是正交异性钢桥面板, 以充分发挥不锈钢和桥梁钢各自的优点和长处, 显著提高桥面的抗腐蚀能力和使用寿命, 实现目前普通的防腐工艺难以达到的耐久性目标。

由于桥梁结构的特殊性, 焊接工艺除了要满足对焊缝力学性能的基本要求, 还要适应桥梁钢结构尺寸大、焊缝多和现场焊接的特点。我公司针对该项目对复合钢桥板进行了焊接工艺研究, 试验结果对桥梁设计和工程技术人员具有重要的参考价值。

2. 母材

不锈钢复合钢板基层材料为Q345qD钢、厚度14mm, 复层材料为06Cr18Ni11Ti、厚度3mm, 主要用于正交异性钢桥面板。除钢板接料外其余均在工地现场焊接, 钢板化学成分如表1所示。

表1 钢板化学成分

化学成分 (质量分数, %)	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Ti
基层 标准	≤0.18	≤0.55	0.90 ~ 1.70	≤0.020	≤0.025	≤0.06	≤0.08	≤0.03
基层 实测	0.13	0.40	1.29	0.005	0.016	—	—	—
复层 标准	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.045	9.00 ~ 12.00	17.00 ~ 19.00	≥5C
复层 实测	0.03	0.55	1.33	0.002	0.025	9.27	17.60	0.28

3. 焊接方法和焊接材料

由于桥梁钢结构尺寸大、焊缝多、焊接量大, 必须充分考虑焊接效率和现场工作条件。复合钢

4. 结语

本试验用Q345B钢作焊接试板, 通过在同一种焊接方法、同一种焊接参数下, 经不同的焊后热处理温度, 得到以下结果。

(1) 焊后热处理温度是直接影响焊缝力学性能, 温度相差50℃, 对焊接试板焊后热处理还是有区别。

(2) 对于Q345B试板焊后热处理的温度, 630℃比较精确, 有利于焊缝组织的稳定。MW

(20120523)



(c) 回火索氏体 400×
图 5

板的基层采用了焊接效率较高的CO₂气体保护焊和埋弧焊, CO₂气体保护焊焊接材料为实芯焊丝ER50—6 (φ1.2mm), 埋弧焊焊接材料为H10Mn2 (φ5.0mm) 焊丝+SJ101q焊剂。过渡层和复层采用药芯焊丝CO₂气体保护焊, 焊接材料为分别为E309LT1—1 (φ1.2mm) 和E347T1—1 (φ1.2mm) 焊丝, 焊丝化学成分如表2所示。

表2 焊丝化学成分 (质量分数) (%)

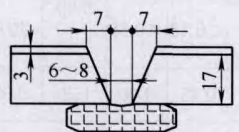
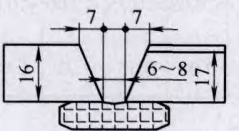
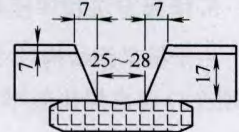
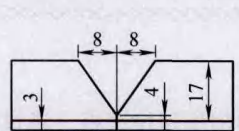
焊丝	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	备注
E309LT1—1	≤0.04	≤1.00	0.50 ~ 2.50	≤0.040	≤0.030	~ 12.00 14.00	~ 22.00 25.00	标准值
	0.03	0.59	1.54	0.024	0.005	13.50	23.17	实测值
E347T1—1	≤0.08	≤1.00	0.50 ~ 2.50	≤0.040	≤0.030	~ 9.00 11.00	~ 18.00 21.00	标准值
	0.03	0.65	1.04	0.028	0.005	10.79	18.00	实测值

4. 试验项目和坡口形式

根据桥梁结构形式, 选取4组典型的对接接头进行试验, 其中1~3为桥址现场连接, 4为厂内钢板接料。桥址焊接板件无法翻身, 为避免仰位焊接, 保证焊接质量, 现场焊接接头均采用背面贴衬垫的单面焊双面成形焊接技术, 该方法具有操作简单、焊接效率高、外观成形好等优点, 在桥梁焊接上普遍应用。由于桥面板在现场组装后经常要对坡口进行二次加工, 坡口形状设计成没有钝边的V形坡口, 以便于现场操作, 普通桥梁钢一般采用火焰切割, 不锈钢复合板无法采用火焰切割, 由于构件较大, 现场机加工也难以实现, 采用轻便的等离子设备切割是比较好的方法。

厂内对接接料焊缝设计成带钝边的单面V形坡口。焊接时基层侧先采用CO₂气体保护焊打底, 然后采用埋弧焊填充, 以提高焊接效率; 复合层焊接前清根并打磨干净, 以保证熔透。具体坡口形式及典型焊缝如表3所示。

表3 坡口形式及典型焊缝

序号	材质	坡口形式	焊接位置	焊接材料	典型焊缝
1	3/14 (321-Q345qD)		平位	CO ₂ 焊 基材:ER50—6(φ1.2mm) 过渡:GFS—309L(φ1.2mm) 复层:GFS—347L(φ1.2mm)	桥面板块复合钢板对接焊缝
2	3/14+16 (321-Q345qD + Q345qD)		平位	CO ₂ 焊 基材:ER50—6(φ1.2mm) 过渡:GFS—309L(φ1.2mm) 复层:GFS—347L(φ1.2mm)	桥面板块复合钢板与普通钢板对接焊缝
3	3/14+3/14 (321-Q345qD)		平位	CO ₂ 焊 基材:ER50—6(φ1.2mm) 过渡:GFS—309L(φ1.2mm) 复层:GFS—347L(φ1.2mm)	桥面板块复合钢板大间隙对接焊缝
4	3/14 (321-Q345qD)		平位	CO ₂ 焊打底+埋弧焊 基材: ER50—6 (φ1.2mm) H10Mn2 (φ5mm) +SJ101q 过渡:GFS—309L(φ1.2mm) 复层:GFS—347L(φ1.2mm)	复合钢板对接接料焊缝

5. 试件焊接

焊接时, 先焊基层, 其次过渡层, 最后焊复层。基层打底焊道小电流摆动施焊, 不仅可以避免衬垫被烧穿, 而且能保证背面成形。基层其余焊道

采用多层多道焊, 并控制层间温度≤200℃, 以保证基层焊缝的强度和韧性。过渡层和复层采用小电流施焊, 道间温度控制在100℃以下, 以避免过渡层熔入过多的基层金属, 减少马氏体组织的生成,

防止产生裂纹；另外还可控制奥氏体晶粒生长，避免晶粒粗大产生晶间腐蚀。

由于复合层和基层的界限不是很明显，焊接时注意不要将基层焊缝金属沉积到复合层上去。接

头4背面清根深度不能小于5mm，如果采用碳弧气刨的方法清根，须用手持砂轮将坡口表面打磨干净，露出金属光泽，避免不锈钢夹碳、渗碳。具体施焊状况如表4所示。

表4 试板施焊状况

序号	熔敷简图	焊道	道间温度/℃	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接方法	备注
1		1	—	220~240	30~32	135	基层
		2, 3	120, 110	240~260	30~32		
		4~6	80~98	180~200	30~32	136	过渡层
		7	98	180~200	30~32	136	复合层
		8	70	180~200	30~32		
2		1	—	220~240	30~32	135	基层
		2~4	110~132	240~260	30~32		
		5~7	88~94	180~200	30~32	136	过渡层
		8, 9	90, 98	180~200	30~32	136	复合层
3		1	—	220~240	30~32	135	基层
		2~4	112~140	240~260	30~32		
		5~7	80~95	180~200	30~32	136	过渡层
		8~10	90~96	180~200	30~32	136	复合层
4		1	—	220~240	30~32	135	基层
		2	120	240~260	30~32		
		3~5	110~135	660~670	30~31	121	
		6	94	180~200	30~32	136	过渡层
		7	97	180~200	30~32	136	复合层

6. 试验结果

试板焊后进行了超声波探伤，探伤合格后按照铁路钢桥制造规范的要求进行焊接接头拉伸试验、

焊缝金属拉伸试验、低温冲击试验，并对不锈钢复层进行了晶间腐蚀裂纹试验，试验结果全部合格，力学性能试验结果如表5所示。

表5 力学性能试验结果

序号	焊缝拉棒			接头拉板		侧弯 $d=2a$	晶间腐蚀裂纹 试验 $d=5mm$	$A_k/J (-20^{\circ}C)$	
	R_{el}/MPa	R_m/MPa	$A (%)$	R_m/MPa	断口位置			焊缝金属	热影响区
标准	≥ 345	≥ 490	≥ 21	≥ 490	—	180°	180°	≥ 34	≥ 34
1	460	580	32	505	母材	合格	合格	32、48、45	73、115、67
2	445	650	25	540	母材	合格	合格	55、44、56	226、118、228
3	430	610	26	510	母材	合格	合格	42、53、48	132、58、108
4	520	620	25	515	母材	合格	合格	43、44、36	68、73、36

7. 结语

焊接工艺评定试验结果表明，焊接接头的力学性能全部满足技术要求，试验采用的焊接工艺合

理，可用于铁路桥面不锈钢复合钢板的焊接。**MW**
(20120503)