

本文参考文献引用格式:王凤会,高立军,张熹,等.不同耐候指数焊丝对 Q420qENH 焊接接头冲击及腐蚀性能的影响[J].电焊机,2017,47(1):44-47.

不同耐候指数焊丝对 Q420qENH 焊接接头冲击及腐蚀性能的影响

王凤会,高立军,张 熹,许 静,刘 宏
(首钢技术研究院,北京 100043)

摘要:采用不同耐候指数的焊丝焊接了首钢生产的 50 mm 厚 Q420qENH 耐候桥梁钢,通过冲击试验、电化学试验及周浸腐蚀试验研究了接头焊缝区的冲击性能及焊接接头的腐蚀性能。结果表明,耐候焊丝获得的焊缝区冲击性能优于普通焊丝;焊缝的开路电位高于普通焊丝,焊接接头的腐蚀性能优于普通焊丝。

关键词:耐候钢;耐候指数;韧性;电化学试验;周浸腐蚀试验

中图分类号: TG42 文献标志码: A 文章编号: 1001-2303(2017)01-0044-04

DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2017.01.08

Effect of different weather resistance index welding wires on impact and corrosion performance of Q420qENH welded joint

WANG Fenghui, GAO Lijun, ZHANG Xi, XU Jing, LIU Hong
(Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100043, China)

Abstract: Welding wires with different weather resistance index were adopted to study the welding technology test of Q420qENH steel with 50 mm thickness produced in Shougang. Impact test, electrochemical method and weekly leaching test were applied to evaluate the welded joint impact and corrosion performance. The results showed that impact performance of the weld joint obtained by weather resistance welding wire was better than the ordinary wire joint. The open circuit potential of weather resistance welding wire joint was higher than the ordinary wire joint. The corrosion performance of weather resistance welding wire joint was better than that of ordinary wire.

Key words: weathering steel; weather resistance index; toughness; electrochemical method; weekly leaching test

0 前言

目前桥梁对钢材的性能要求越来越高,包括力学性能、焊接性能及腐蚀性能等。传统的高强度桥梁钢力学性能较差,且不耐大气、海洋环境腐蚀。耐候钢即耐大气腐蚀钢,是介于普通钢和不锈钢之间的低合金钢,其耐候性为普通钢的 2~8 倍。高性能耐候桥梁钢能抗工业大气、酸雨、海洋大气及海水的腐蚀,内陆和沿海桥梁可以免涂装使用。近年来高性能耐候桥梁钢的实用性及可靠性研究成为钢铁材料研究的热点^[1-3]。

耐候桥梁钢的连接要使用焊接技术,焊接接头的组织和成分与母材不同,可能会成为结构的薄弱环节,因此既要考虑耐候桥梁钢母材的性能,也要考虑其焊接接头的性能^[4-6]。对于耐候钢来说,焊缝的韧性和腐蚀性同等重要,因此耐候钢焊丝与耐候钢必须具有良好的匹配以保证焊接接头获得良好的综合性能。本研究采用同强度级别、不同耐候指数的三种焊丝分别进行耐候钢的焊接试验,通过夏比冲击试验研究三种焊丝获得的焊接接头焊缝的冲击性能,通过电化学试验、周浸腐蚀试验,从腐蚀的角度衡量三种焊丝与耐候钢的匹配性。

1 试验材料及方法

试验材料选用 50 mm 的 Q420qENH 耐候桥梁

收稿日期:2016-04-13;修回日期:2016-07-07

作者简介:王凤会(1988—),男,山东枣庄人,硕士,工程师,主要从事高强度钢、管线钢及复合材料的焊接性及配套焊材的研究。

钢,其典型金相组织如图 1 所示。焊接试板坡口为 X 型,焊接试验采用气体保护焊,保护气体为 $\varphi(\text{Ar}) 80\% + \varphi(\text{CO}_2) 20\%$,试板焊前预热 $80\text{ }^\circ\text{C} \sim 120\text{ }^\circ\text{C}$,焊接热输入约 15 kJ/cm ,焊接接头的宏观形貌如图 2 所示。焊接试验选择了三种不同成分的焊丝,其中 1# 和 2# 接头采用两个不同厂家的耐候钢焊丝,3# 采用普通焊丝。Q420qENH 的主要化学成分见表 1,采用三种焊丝所得焊缝的主要化学成分见表 2。

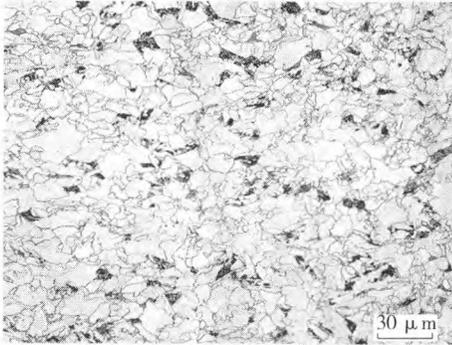


图 1 试验材料金相组织

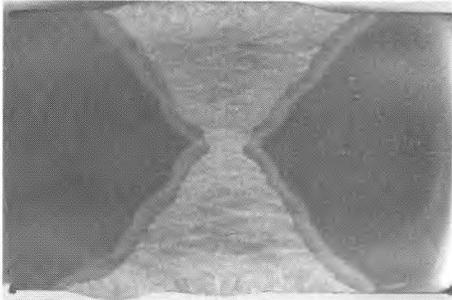


图 2 焊接接头宏观照片

焊后在接头距表面 2 mm 处向厚度方向取焊缝冲击试样,在 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 检测其冲击韧性。在距表面 2 mm 处取焊接接头电化学试验及周浸腐蚀试验试样。

表 1 Q420qENH 化学成分

$w(\text{C})$	$w(\text{Si})$	$w(\text{Mn})$	$w(\text{S})$	$w(\text{P})$
0.049	0.18	1.34	0.013	0.006
$w(\text{Al})$	$w(\text{Ni}+\text{Cr}+\text{Cu})$		$w(\text{Nb}+\text{Ti})$	
0.039	0.96		0.053	

表 2 焊缝的主要化学成分

编号	$w(\text{C})$	$w(\text{Si})$	$w(\text{Mn})$	$w(\text{S})$	$w(\text{P})$	$w(\text{Ni})$	$w(\text{Cr})$	$w(\text{Cu})$
1#	0.075	0.45	1.22	0.004	0.010	0.290	0.480	0.24
2#	0.088	0.48	1.14	0.009	0.011	0.320	0.300	0.19
3#	0.075	0.72	1.29	0.007	0.012	0.035	0.051	0.11

对采用三种焊丝所得焊接接头的焊缝区进行电化学分析,试验溶液为 0.01 mol/L 的 NaHSO_3 溶液,辅助电极为 Pt 片,参比电极为 Ag/AgCl 电极,试样为工作电极,环境温度为室温。电化学交流阻抗的扫描频率为 $0.1 \sim 10\text{ MHz}$ 。对三种焊接接头试样进行周浸腐蚀试验,试验介质为 $3.5\% \text{ NaCl}$ 溶液,模拟海洋大气环境,试验温度 $45\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$,湿度 $70\% \pm 5\%$,每个循环周期为 60 min,其中浸润时间 12 min,干燥时间 48 min,试验时间 72 h。

2 试验结果和讨论

2.1 接头焊缝冲击性能

耐候钢根据其耐候指数来评判耐候性,耐候指数则依据化学成分计算获得

$$I = 26.01(\% \text{ Cu}) + 3.88(\% \text{ Ni}) + 1.20(\% \text{ Cr}) + 1.49(\% \text{ Si}) + 17.28(\% \text{ P}) - 7.29(\% \text{ Cu})(\% \text{ Ni}) - 9.10(\% \text{ Ni})(\% \text{ P}) - 33.39(\% \text{ Cu})^2 \quad (1)$$

计算结果及其冲击吸收功见表 3。三种焊接接头焊缝区的金相组织如图 3 所示。

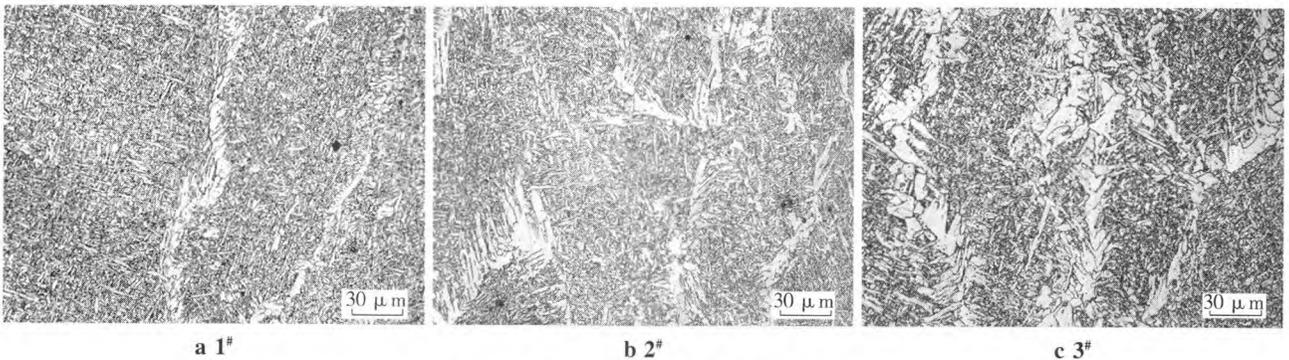


图 3 三种焊接接头焊缝区的金相组织

由表 3 可知,采用耐候焊丝获得的 1# 和 2# 焊缝区的耐候指数为母材耐候指数 $\pm 5\%$,采用普通焊丝获得的 3# 远远低于母材。三种焊缝区的冲击吸收功

均满足 E 级钢材行业内标准要求,1# 焊缝区的冲击吸收功富余量较大,3# 焊缝的富余量较小,其中单值已经出现了不合格的现象。由图 3 可知,焊缝区的晶

表 3 试验材料及焊缝区耐候指数及其冲击吸收功

编号	耐候指数 I	热输入 $Q/kJ \cdot cm^{-1}$	冲击吸收功 $A_k/J(-40^\circ C)$	
			实验值	标准值
母材	6.01	—	220, 219, 197/212(平均)	
1#	6.33	15	79, 95, 106/93(平均)	
2#	5.77	15	52, 75, 69/65(平均)	
3#	3.90	15	71, 35, 57/54(平均)	

注:行业内对 E 级钢材,要求冲击-40℃时冲击功下限值为 47 J。

界为先共析铁素体组织,晶内为针状铁素体,1# 焊缝中存在少量粒状贝氏体组织,1#~3# 焊缝区中的先共析铁素体含量逐渐增多,且晶粒变得更为粗大,从而降低了焊缝的冲击性能。

2.2 焊接接头焊缝电化学试验

对母材及三种接头的焊缝区进行电化学测试,以评价其耐蚀性,结果如图 4 所示。

由图 4 可知,三种焊缝区的电化学开路电位都低于母材,其中 1#、2# 的开路电位相差不大、接近于母材,3# 焊缝远远低于母材。因此,从三种焊缝的电化学结果可以判断:①1# 焊缝的耐蚀指数虽高于母材,但组织及组织均匀性上的差别造成了焊接接头耐蚀性低于母材;②1# 焊缝与 2# 焊缝的耐候指数在母材耐候指数±5%范围内,其耐蚀性相差不大,接近于母材;③3# 焊缝的耐蚀指数比母材低 35%,其接头

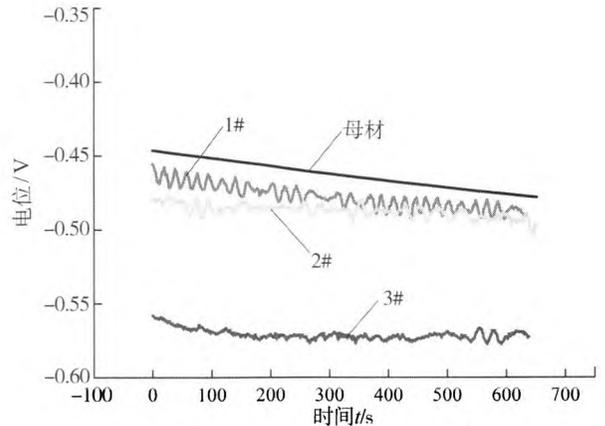


图 4 母材及焊缝区电化学试验结果

电化学耐蚀性远远低于母材。

2.3 焊接接头周浸腐蚀试验

分别 72 h 周浸腐蚀试验后的母材试样及三种焊接接头的表面锈层,周浸试样表面锈层照片如图 5 所示。周浸试验获得的母材试样表面锈层均匀一致,2# 试样表面焊缝区与周围母材区域的锈层相差不大,整个材料表面接近均匀一致;1# 和 3# 试样表面焊缝区与周围母材区域的锈层有一定的差别,其中 3# 最为严重。焊缝区与周围母材区域的锈层相差过大,不利于焊接接头的耐蚀性,因此 2# 的耐蚀性最好,1# 稍次之,3# 最差。

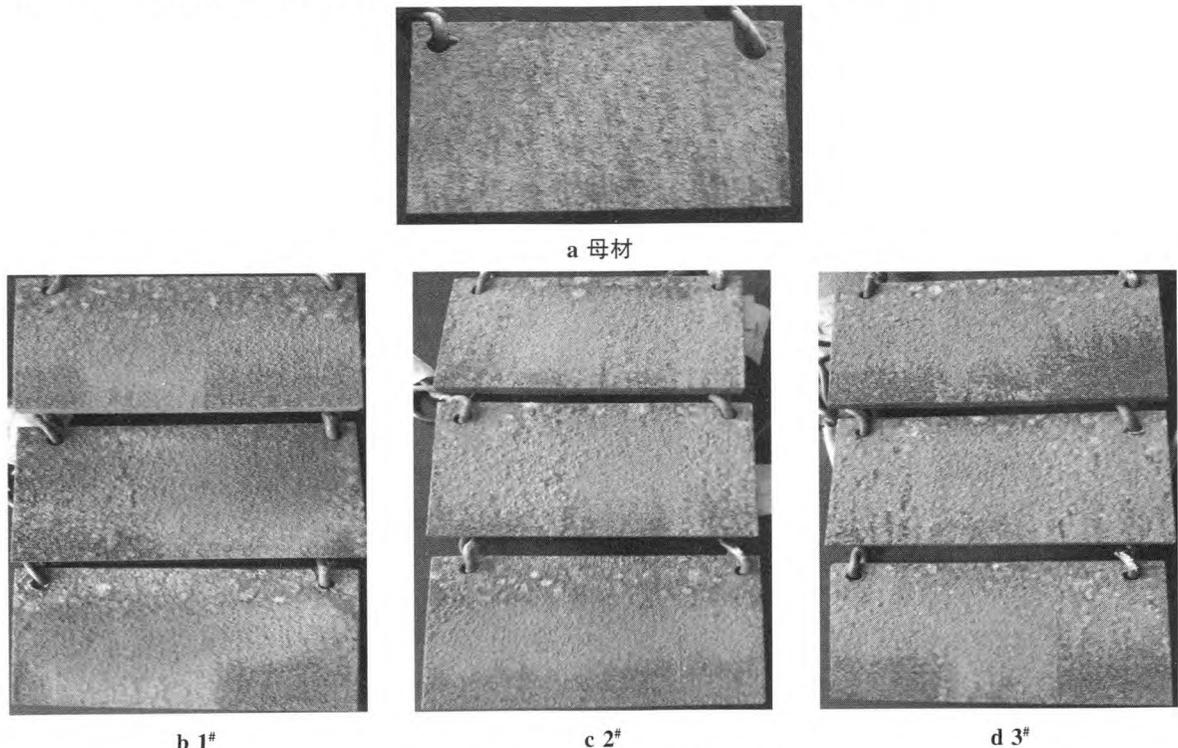


图 5 材料周浸腐蚀试验试样带锈层

对周浸试验获得的试样进行酸洗除锈处理,观察试样表面的腐蚀坑分布,如图 6 所示。试样表面除锈后进行称重对比,计算试样失重腐蚀速率,母材及三种焊接接头试样的失重腐蚀速率如图 7 所示。

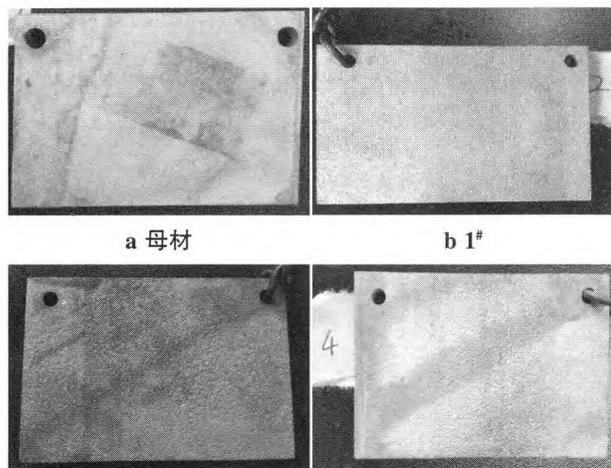


图 6 试样除锈后表面腐蚀坑照片

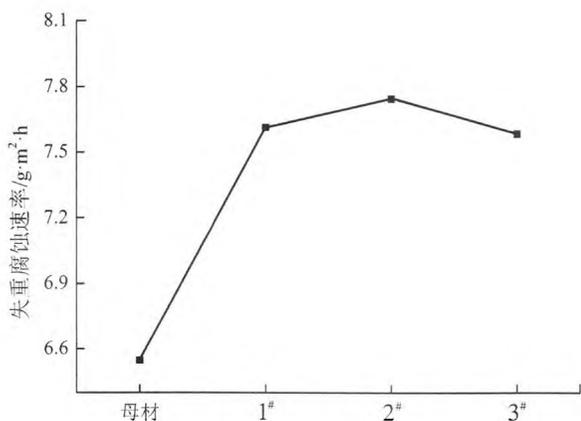


图 7 焊接接头周浸腐蚀试验失重腐蚀速率

由图 6 可知,母材试样表面的腐蚀坑均匀一致,2# 试样表面焊缝区与母材区腐蚀坑接近一致,1# 试样焊缝区的腐蚀坑比母材区细小,3# 试样焊缝区的腐蚀坑明显比母材区的更密,且腐蚀坑更深一些。

由图 7 可知,三种焊接接头的失重腐蚀速率没有明显的差别,都大于母材的腐蚀速率。1#、2# 试样在 72 h 周浸试验下的失重腐蚀速率高于 3# 试样。

由上述分析可知,由于 1# 接头焊缝区的耐蚀合金元素高于母材,1# 接头焊缝区的耐蚀性优于母材区;2# 接头采用的焊丝与该耐候桥梁钢匹配较好,接头耐蚀性较好;3# 接头焊缝区耐蚀合金元素及自腐蚀电位都远远低于母材,其焊缝与母材匹配最差。

3 结论

(1)采用耐候焊丝及普通焊丝获得的焊缝的冲击吸收功都能满足使用要求,但普通焊丝获得的 3.90 耐候指数的焊缝冲击吸收功出现单值不合格,耐候焊丝获得的 6.33 耐候指数的焊缝冲击性能优于 5.77 的焊缝。

(2)1# 和 2# 耐候焊丝获得的焊缝的电化学腐蚀性能与母材相差不大,3# 普通焊丝获得的焊缝的开路电位远远大于母材。

(3)72 h 周浸腐蚀试验下,2# 焊丝与耐候钢匹配较好,接头具有优异的耐海洋大气腐蚀性能,3# 普通焊丝获得的焊缝腐蚀坑密集且严重。

参考文献:

- [1] 夏茂森,关小军,蒋善玉. 耐大气腐蚀钢及表面稳定化处理的研究综述[J]. 山东冶金,2007,29(2):4-10.
- [2] 张旭,杨善武,张文华,等. 低合金耐候钢在周期性交替条件下的腐蚀行为[J]. 材料研究学报,2013,27(1):18-24.
- [3] 吴红艳,赵艳敏,艾峥嵘,等. 高强度耐候钢在模拟工业大气环境下的腐蚀行为[J]. 材料热处理学报,2013,34(11):150-155.
- [4] 聂友明,陈增有,苏广宇. S450EW 高耐蚀性耐候钢的焊接工艺[J]. 大连交通大学学报,2012,33(3):45-47.
- [5] 张淑娟,罗娇,刘东升. Q500qENH 特厚桥梁钢板及其焊接接头的耐蚀性能[J]. 上海金属,2014,36(1):18-22.
- [6] 孔小东,杨明波,朱梅五. 10Ni2CrMoV 钢焊接接头腐蚀特性研究[J]. 材料开发与应用,2010,25(4):1-6+15.