桥梁钢 Q345qDNH 冷裂纹敏感性研究*

薛兴隆[1], 魏慧慧[2]

(1. 内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 通过对包钢生产的桥梁钢 Q345qDNH 进行斜 Y 型坡口焊接裂纹试验、热影响区最高硬度试验及刚性对接试验, 试验结果表明: 20 mm 厚的 Q345qDNH 桥梁钢冷裂纹敏感性不大, 在实际焊接过程中采用不预热或者 50 ℃ 的预热温度制度, 可以避免 Q345qDNH 桥梁钢冷裂纹的产生。

关键词: Q345qDNH; 斜 Y 型坡口焊接裂纹试验; 热影响区最高硬度试验; 刚性对接试验
中图分类号: TG457.11 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009 - 5438(2021) 02 - 0043 - 03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.04.011

Study on Cold Crack Sensitivity of Bridge Steel Q345qDNH

Xue Xing - long[1], *Wei Hui - hui*[2]

(1. *Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The inclined Y - groove welding crack test, maximum hardness test in heat affected zone and rigid butt - joint cracking test for bridge steel Q345qDNH produced by Baotou Steel are carried out. The test results showed that the cold crack sensitivity of bridge steel Q345qDNH with thickness of 20 mm was not great and its cold cracks could be avoided without preheating or using the preheating temperature system of 50 ℃ in actual welding process.

Key words: Q345qDNH; inclined Y - groove welding crack test; maximum hardness test in heat affected zone; rigid butt - joint cracking test

随着我国社会经济发展, 国家基础建设逐步完善, 对用于公路、铁路及海洋领域的大跨度、高强度、轻量化桥梁钢的品质要求越来越高, 这就意味着对桥梁钢的焊接技术要求越来越高。国外首先提出高性能桥梁钢的概念, 所谓高性能, 即要求高强度、高韧性、高耐腐蚀性及良好焊接性。Q345qDNH 钢作为结构用钢, 焊接冷裂纹是导致焊接产品失效的重要原因。

本文对包钢生产的 Q345qDNH 桥梁钢进行斜 Y 坡口焊接裂纹试验、热影响区最高硬度试验以及刚性对接焊接试验, 以研究 Q345qDNH 的焊接冷裂纹敏感性。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

采用 CO_2 气体保护焊对包钢生产的厚度规格为 20 mm 桥梁钢板 Q345qDNH 进行焊接试验, 焊丝

* **收稿日期**: 2021 - 03 - 16
作者简介: 薛兴隆(1978 -), 男, 天津市人, 助理工程师, 现从事质量异议管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

采用 THY－J552CrNiCu 药芯焊丝，母材和焊丝的化学成分如表 1 所示，焊丝中 C、Si、Mn 元素含量和母材的相近，Ni、Cr、Cu 元素的含量略高于母材的含量，母材和熔覆金属的力学性能如表 2 所示，母材的显微组织如图 1 所示，显微组织为铁素体＋珠光体，晶粒度为 10.5。

表 1 试验钢和焊丝的化学成分及耐蚀指数 %

材料牌号	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu	Nb	Al_t	Ce	I
Q345qDNH	0.05	0.21	1.19	0.009	0.003	0.37	0.40	0.31	0.022	0.028	0.000 6	6.39
THY－J552CrNiCu	0.03	0.37	0.87	0.009	0.019	0.63	0.49	0.43				6.72

表 2 试验钢和焊丝的力学性能

材料牌号	$R_{p0.2}$ /MPa	R_m / MPa	A /%	冲击功（－40 ℃）/J
Q345qDNH	446	548	27.5	279
THY－J552CrNiCu	557	623	24.5	100

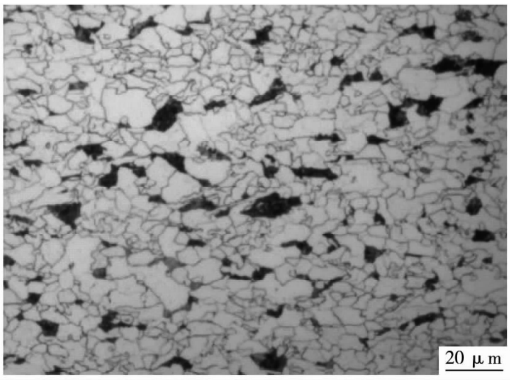


图 1 母材金相显微组织

1.2 试验方法

按照 GB/T 4675.5—1984 标准[1]对 Q345qDNH 桥梁钢开展焊接热影响区最高硬度试验，GB/T 4364—2013标准[2]对 Q345qDNH 桥梁钢开展斜 Y 型坡口焊接裂纹试验，GB/T 1119—1996 标准[3]对 Q345qDNH 桥梁钢开展刚性对接裂纹试验，以研究 Q345qDNH 的焊接冷裂纹敏感性。

2 试验结果及讨论

2.1 斜 Y 坡口焊接裂纹试验

斜 Y 型坡口焊接裂纹试验是一种较苛刻的焊接冷裂纹试验方法，试验方法简便，是国际上采用较多的抗裂性试验方法之一，亦称“小铁研”试验[4]，斜 Y 型坡口试样的尺寸如图 2 所示。试验按照图 2 组装试样，然后焊接拘束焊缝，拘束焊缝采用高强匹配的气体保护焊焊丝进行焊接。焊接环境条件为温度 17 ℃，湿度 54%，焊接试验的工艺参数如表 3 所示。

表 3 斜 Y 型坡口焊接裂纹试验参数

焊接方法	焊接热输入/(kJ·cm^{-1})	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/(cm·min^{-1})	预热温度
CO_2 气保焊	10	230±20	28±1	35±2	不预热、50 ℃、100 ℃

试件焊完放置 48 h 后进行解剖，并采用工具显微镜测量试件的裂纹率，试件解剖后未发现裂纹，表面裂纹率、根部裂纹率和断面裂纹率均为零，说明 Q345qDNH 桥梁钢具有较好的抗裂性能。不同预热温度试样斜 Y 型坡口焊接裂纹断面照片见图 3。

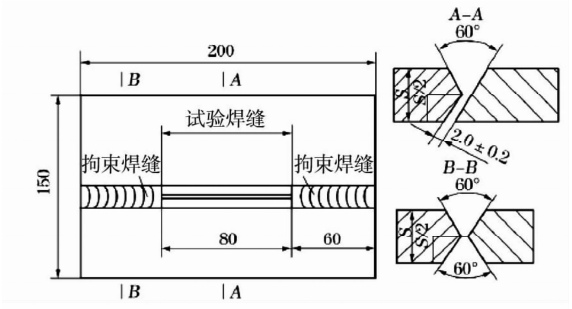
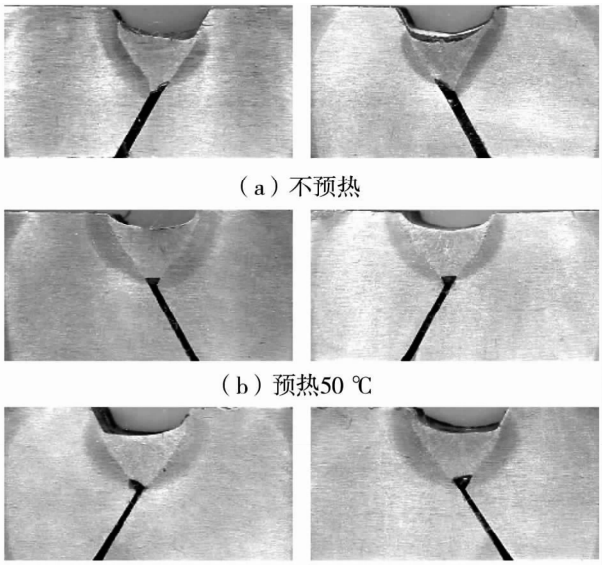


图 2 斜 Y 坡口裂纹试验试样示意图

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



（a）不预热

（b）预热50 ℃

（c）预热100 ℃

图 3　斜 Y 型坡口焊接裂纹试验试件断面照片

2.2　焊接热影响区最高硬度试验

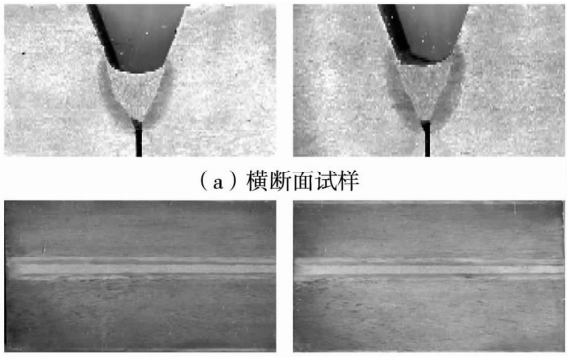
硬度是衡量材料软硬程度的物理量，而硬度值是表征强度、韧性和形变强化等一系列不同物理量组合的一种综合性能指标[5]。焊接热影响区最高硬度试验主要用于评价钢板的抗冷裂纹性能。斜 Y 坡口裂纹试验完成后，采用同样的焊接工艺参数进行热影响区最高硬度试验测定冷裂纹敏感性。

国家焊接学会规定接头最高硬度（HV_{10}）小于 350 表明接头具备良好的可焊性，开裂倾向小。硬度（HV_{10}）测定结果：不预热条件下，热影响区最高硬度值为 329，50 ℃预热条件下，热影响区最高硬度值为 307，硬度均小于 350，表明 Q345qDNH 桥梁钢冷裂纹倾向小，敏感性较低。

2.3　刚性对接裂纹试验

刚性对接裂纹试验是研究工程中广泛采用的低合金高强钢焊接冷裂敏感性的有效测试手段，该方法利用焊接接头所承受的拘束度或拘束应力定量地评定裂纹敏感性[6]。

斜 Y 坡口裂纹试验完成后，采用同样的焊接工艺参数在不预热条件下进行刚性对接裂纹试验，焊完放置 48 h 后进行解剖，并采用工具显微镜测量试件的裂纹率。试件解剖后未发现裂纹，表面裂纹率、根部裂纹率和断面裂纹率均为零，说明 Q345qDNH 桥梁钢焊接冷裂纹敏感性低。焊接试样断面照片见图 4。



（a）横断面试样

（b）底切试样

图 4　刚性对接裂纹试验试件断面照片

3　结论

（1）斜 Y 坡口焊接裂纹试验表明，表面裂纹率、根部裂纹率和断面裂纹率均为零，说明 Q345qDNH 桥梁钢具有较好的抗裂性能。

（2）热影响区最高硬度试验表明，热影响区最高硬度低于 350，表明 Q345qDNH 桥梁钢冷裂纹倾向小。

（3）刚性对接裂纹试验试验表明，表面裂纹率、根部裂纹率和断面裂纹率均为零，说明 Q345qDNH 桥梁钢焊接冷裂纹敏感性低。

（4）在实际焊接过程中，采用不预热或者 50 ℃的预热温度制度进行预热，可以预防 Q345qDNH 桥梁钢焊接冷裂纹的产生。

参　考　文　献

[1] GB/T 4675.5—1984，焊接性试验焊接热影响区最高硬度试验方法[S].

[2] GB/T 4364—2013，斜 Y 型坡口焊接裂纹试验方法[S].

[3] GB/T 1119—1996，手工电弧焊刚性对接裂纹试验方法[S].

[4] 耿都都，严春妍，纳学洋，等. X100 管线钢的焊接冷裂纹敏感性分析[J]. 电焊机，2015，8(45)：150－153.

[5] 石德珂. 材料科学基础[M]. 西安：机械工业出版社，2003.

[6] 张文钺，杜则裕，侯文考，等. 用平板刚性拘束试验测定焊接冷裂纹敏感性的研究[J]. 天津学报，1984，(2)：69－77.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net