

# 耐磨板 hardox450 的焊接工艺实验研究

周小华\*, 范卢军, 李彦

(湘潭电机股份有限公司, 湖南 湘潭 411101)

**摘要:**通过对耐磨板 hardox450 的力学性能及焊接性能分析研究, 制定合理的焊接电流、电压和焊接速度等焊接工艺参数, 选用低组配的  $\Phi 1.2$  焊丝 OK13.26, 采用熔化极气体保护焊进行焊接试验, 试验结果分析表明, 此工艺可获得良好的焊缝力学性能, 广泛应用于矿车车厢中。

**关键词:** 焊接; 工艺; 性能

中图分类号: TG406      文献标志码: A      文章编号: 1674-5876(2016)03-0062-04

## An experiment study of welding procedure of hardox450 wearable steel

ZHOU Xiaohua, FAN Lujun, LI Yan

(Xiangtan Electric Manufacturing Limited Corporation, Xiangtan 411101, China)

**Abstract:** This paper studies the welding performance and mechanical properties of the wearable steel hardox450. The data show that the excellent mechanical performance of the welded - seam can be realized by the use of reasonable welding process parameters, including current, voltage and welding speed, etc. by choosing under - matched Wuhan Anchor welding wire of  $\Phi 1.2$  OK13.26 and adopting mixed - gas shielded welding. It has obtained favorable effect in the car compartment.

**Key words:** welding; technology; performance

在露天煤矿使用自卸车装卸矿石中, 自卸车车厢都会受到严重的磨损, 尤其是底板。装载矿石时, 自卸车车厢的底板受到矿石冲击产生磨损; 卸载矿石时, 矿石滑动对自卸车车厢的底板也会产生磨损。与普通材料相比, 耐磨板 hardox450 是低碳低合金调质钢, 由于添加不同合金元素<sup>[1]</sup>, 所以不但具有很高的硬度, 而且具有很强的耐磨性<sup>[2,3]</sup>。目前, 关于耐磨板 hardox450 与异种材料焊接性能分析已取得一些研究成果<sup>[4-6]</sup>, 但对于耐磨板 hardox450 的焊接工艺研究尚不成熟, 因此迫切需要对耐磨板 hardox450 的焊接工艺性能进行分析研究。

### 1 耐磨板 hardox450 的力学性能

耐磨板 hardox450 是低碳调质钢, 其特性是具有较高的强度, 并具有良好的塑性、韧度和耐磨性, 广泛应用于重型矿车车厢和各类专用自卸车车厢。

耐磨板 hardox450 是在国内外自卸车市场被广泛使用, 其化学成分 C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, B 的含量分别为 0.21%, 0.70%, 1.60%, 0.025%, 0.010%, 0.50%, 0.25%, 0.25%, 0.04%; 其力学性能: 屈服强度 Re 为 1 200 MPa, 抗拉强度 Rm 为 1 400 MPa, 延伸率 A 为 10%, 布氏硬度 HBW 在 425 ~ 475 之间, -40 °C 冲击功 K 为 40 J。

收稿日期: 2015-11-20

\* 通信作者, E-mail: zhx198199@163.com

## 2 耐磨板 hardox450 的焊接性能

由于耐磨板 hardox450 是低碳调质钢,其碳当量较低,所以具有优良的焊接性能。

### 2.1 碳当量计算

根据国际焊接学会碳当量公式  $C_{eq}$  计算<sup>[7]</sup>:

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/15 + (Cr + Mo + V)/5 = 0.47.$$

由  $C_{ep} = 0.47 > 0.4$  可知,此材料有一定的淬硬倾向,但焊接性尚好,焊前需要预热. 预热计算公式如下:

$$P_{cm} = (2C + C_{eq})/3 + 0.005;$$

$$P_w = P_{cm} + \{H\}/60 + R/400\,000;$$

$$T_0 = 1\,440P_w - 392.$$

经计算预热温度  $T_0$  的范围在  $85 \sim 280 \text{ }^\circ\text{C}$ ,通过 Y 形坡口实验确定最终温度为  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,由于防止软化现象,层间温度不能超过低合金调质钢的回火温度  $230 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 2.2 焊接热输入

在焊接热输入的作用下,靠近熔合线的母材发生组织变化,进而影响其性能的变化. 因此,热输入必须控制在合理的范围内<sup>[8-10]</sup>.

## 3 工艺试验

根据实际情况,试验采用了规格为  $\delta 12 \text{ mm}$  和  $\delta 20 \text{ mm}$  耐磨板 hardox450 作为母材,接头形式都为带有坡口形式的对接接头,选用熔化极气体保护焊焊接方法,混合气体比例为  $80\% \text{ Ar} + 20\% \text{ CO}_2$ .

### 3.1 焊接接头及坡口形式

为了保证焊透, $\delta 12 \text{ mm}$ , $\delta 20 \text{ mm}$  2 种规格的钢板对接接头选用 V 型坡口,坡口形式见图 1,接头形式见图 2 和图 3.

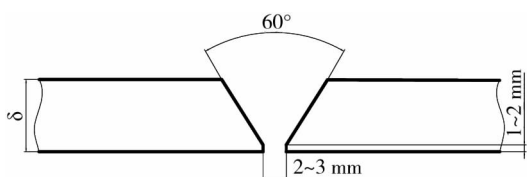


图 1 接头形式

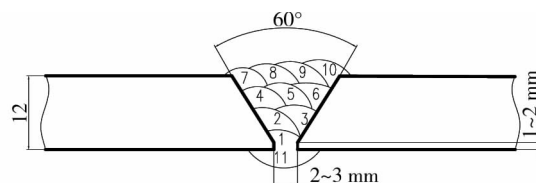


图 2 12 mm 钢板对接接头形式

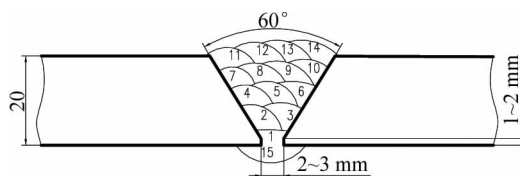


图 3 20 mm 钢板对接接头形式

### 3.2 焊接方法与焊丝的选择

根据我厂设备情况,焊接方法采用混合气体保护焊( $80\% \text{ Ar} + 20\% \text{ CO}_2$ ),焊丝选用与母材低匹配的焊丝 OK13.26,直径  $\Phi 1.2 \text{ mm}$ .

### 3.3 焊接工艺参数的确定

经过试验,最后确定  $12 \text{ mm}$  和  $20 \text{ mm}$  2 种规格的耐磨板 hardox450 对接接头焊接工艺参数分别见表 1 和表 2.

表1 12 mm 钢板对接接头焊接工艺参数

焊层	电流 $I/A$	电压 $U/V$	电流种类和极性	焊接速度 $V/(mm/min)$	热输入 $E/(kJ/mm)$
打底层	130 ± 10	19 ± 1.0	DC	100 ~ 130	1.23
中间层	240 ± 15	25 ± 1.5	DC	250 ~ 350	1.25
盖面层	240 ± 15	25 ± 1.5	DC	250 ~ 350	1.25

表2 20 mm 钢板对接接头焊接工艺参数

焊层	电流 $I/A$	电压 $U/V$	电流种类和极性	焊接速度 $V/(mm/min)$	热输入 $E/(kJ/mm)$
打底层	130 ± 10	19 ± 1.0	DC	100 ~ 130	1.23
中间层	240 ± 15	25 ± 1.5	DC	250 ~ 350	1.23
盖面层	240 ± 15	25 ± 1.5	DC	250 ~ 350	1.23

### 3.4 焊道顺序

12 mm 钢板对接接头采用的焊道顺序为 1→2→3→4→5→6→7→8→9→10→反面清根→11.

20 mm 钢板对接接头采用的焊道顺序为 1→2→3→4→5→6→7→8→9→10→11→12→13→14→反面清根→15.

## 4 工艺试验结果与分析

### 4.1 焊接接头检验

对焊接接头进行目测检查,结果是焊接接头没有出现裂纹及气孔等缺陷.对接焊缝经磁粉探伤和超声波探伤,结果是磁粉探伤达到机械行业标准 JB/T6061 - 2007 的 II 级要求,超声波探伤达到机械行业标准 GB/T11345 - 2013 的 II 级要求.

### 4.2 力学性能检查

为了测试耐磨板 hardox450 焊接接头的力学性能,取样进行力学性能检查.

#### 4.2.1 拉伸试验

拉伸试验分为 12, 20 mm 钢板对接接头拉伸试验,拉伸试样制备好后按 GB/T2651 - 2008 进行了拉伸试验,试验结果见表 3.

表3 12, 20 mm 钢板对接接头拉伸试验结果

规格/mm	试样编号	$R_e/MPa$	$R_e$ 平均值/MPa	$R_m/MPa$	$R_m$ 平均值/MPa	断裂位置	结论
δ12	12-1	549	560.5	688	694	母材	合格
	12-2	572		700			
δ20	20-1	592	595.0	703	713	母材	合格
	20-2	598		723			

#### 4.2.2 冲击试验

冲击试验采用 V 型缺口,缺口分别开在焊缝区、熔合线区、热影响区上.在 12, 20 mm 2 种规格的钢板对接接头试板上,每种规格各取试样 9 件.焊缝区、熔合线区、热影响区各 3 件,然后按 GB/T2650 - 2008 进行了常温冲击试验,试验结果见表 4.

#### 4.2.3 弯曲试验

在 12, 20 mm 钢板对接接头试板上各取试样 3 件,按 GB/T2653 - 2008 进行 90° 横向 SBB 弯曲试验,试验结果合格.

#### 4.3.4 硬度试验

在 12, 20 mm 钢板对接接头试板上的取焊缝、热影响区和母材 3 个位置,按国家标准进行维氏硬度试验,试验结果见表 5.

表4 12,20 mm 钢板对接接头 -40 °C 冲击试验结果

厚度/mm	缺口位置	试样编号	冲击值 K/J	K 平均值/J	结果
δ12	焊缝中心	12 - hf - 1,2,3	80,84,90	84.7	合格
	熔合线	12 - rh - 1,2,3	66,94,116	92.0	合格
	热影响区	12 - ryx - 1,2,3	54,114,174	114.0	合格
δ20	焊缝中心	20 - hf - 1,2,3	78,100,114	97.3	合格
	熔合线	20 - rh - 1,2,3	80,84,85	83.0	合格
	热影响区	20 - ryx - 1,2,3	140,152,192	161.3	合格

表5 12,20 mm 钢板对接接头硬度试验结果

序号	焊缝/HV	热影响区/HV	母材/HV	结果
1	260;257;255	253;263;256	365;359;375	
2	256;258;253	255;259;263	NA	合格
3	256;250;255	250;257;265	NA	

上述数据表明:耐磨板 hardox450 采用气体保护焊焊接方法,制定合理的焊接工艺参数,可以满足设计要求.

## 5 结论

1) 耐磨钢 hardox450 采用气体保护焊焊接方法,制定合理的焊接工艺参数,焊接接头质量可以满足设计要求.

2) 采用焊丝 OK13.26 对耐磨钢 hardox450 进行焊接,焊接接头的综合力学性能良好.

## 参考文献:

- [1] 牛亮. 钒、钛、铈对 HARDOX450 组织及性能的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古科技大学,2015.
- [2] 伍浩明. hardox450:制造自卸车车厢的理想材料[J]. 专用汽车,2008,27(4):37-38.
- [3] 宋斌,王可亮. 耐磨钢在工程机械行业的应用[J]. 矿业装备,2015,21(6):110-112.
- [4] 徐福新. 超重中部槽高强耐磨钢大厚中板焊接方法[J]. 黑龙江科技信息,2015,17(13):31.
- [5] 李玉华. hardox450 焊达耐磨钢板在刮板输送机上的应用[J]. 科技之友,2011,9(23):15-16.
- [6] 张彩霞,张传伟,郑民惠. ZG30MnSi 与 HARDOX450 的焊接工艺实践[J]. 现代焊接,2010,39(9):43-44.
- [7] 吴世初. 金属可焊性试验[M]. 上海:上海科学技术出版社,1983.
- [8] 李亚江. 高强钢的焊接[M]. 北京:冶金工业出版社,2010.
- [9] 安同邦,单际国,魏金山,等. 热输入对 1 000 MPa 级工程机械用钢接头组织性能的影响[J]. 机械工程学报,2014,50(22):42-49.
- [10] 马成勇,田志凌,杜则裕,等. 热输入对 800 MPa 级钢接头组织及性能的影响[J]. 焊接学报,2004,25(2):24-27.