

# Hardox400 钢焊接工艺实践

张现杰 杨伟岗 左振双

## 1. 焊接性分析

Hardox400钢是进口耐磨板，钢板是细晶粒化钢，其化学成分和力学性能如表1所示。

通过碳当量（CEV）计算公式可得出Hardox400钢的碳当量CEV=0.43%，接近0.4%，因此其焊接性良好。根据冷裂敏

感系数 $P_{cm}$ 的计算公式可得出其冷裂敏感系数 $P_{cm}=0.32\%$ ，接近0.3%，故冷裂倾向低。

## 2. 焊接性试验

Hardox400钢主要应用于我公司矿用自卸车的厢体，且板厚 $\leq 20\text{mm}$ ，结合我公司的实际生产情况，进行焊接工艺性试验，

以得到合理的焊接工艺。

（1）焊前准备 采用焊丝ER50—6， $\phi 1.2\text{mm}$ ，其化学成分和力学性能如表2所示。焊接设备采用山大奥太的NBC—500气体保护焊机，如图1所示；保护气体采用（80%Ar+20%CO<sub>2</sub>）混合气体，采用V形坡口（见图2）。



图2 表面无纵向裂纹焊缝横截面试样



图3 表面有纵向裂纹焊缝横截面试样



图6 有纵向裂纹基筒热影响区组织



图4 表面有纵向裂纹焊缝横截面试样的焊接缺陷导致在复杂工况复杂载荷作用时，应力集中度过大，最终导致焊缝产生裂纹扩展，从而形成表面纵向裂纹；同时由于

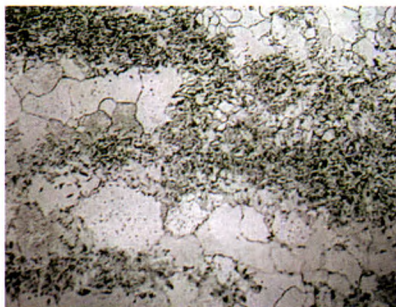


图5 有纵向裂纹底板热影响区组织在生产过程中过分追求生产效率，不遵守焊接工艺规则盲目加大焊接热输入量，导致焊缝热影响区母材组织粗大，这也为液压

缸在使用过程中产生致命缺陷埋下了隐患。

依据上面的结论，我们与厂家沟通制定了新的焊接工艺，并制定了返修工艺，依据此改进工艺进行制造和维修，返修率大大降低，取得了良好的效果。

作者简介：王志军，崔荣，海沃机械扬州有限公司工程师，其中王志军为环卫工厂制造部生产主管；吴长明，扬州恒源自来水喷泉有限公司工程师。

MW 20140203

表1 Hardox400钢的化学成分和力学性能

| 化学成分 (质量分数, %) |      |      |       |      |      |      |      |       | 力学性能     |          |         |         |
|----------------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|----------|----------|---------|---------|
| C              | Si   | Mn   | P     | S    | Cr   | Ni   | Mo   | B     | 抗拉强度/MPa | 屈服强度/MPa | 伸长率 (%) | 硬度HBW   |
| 0.15           | 0.70 | 1.60 | 0.025 | 0.01 | 0.50 | 0.25 | 0.25 | 0.004 | 1250     | 1000     | 10      | 370~430 |

表2 焊材的化学成分和力学性能

| 化学成分 (质量分数, %) |      |      |      |      |      |       |      |  | 力学性能     |          |         |
|----------------|------|------|------|------|------|-------|------|--|----------|----------|---------|
| C              | Si   | Mn   | P    | S    | Cr   | Ni    | Cu   |  | 抗拉强度/MPa | 屈服强度/MPa | 伸长率 (%) |
| 0.09           | 0.83 | 1.47 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.013 | 0.16 |  | 551      | 449      | 29      |



图1 气体保护焊机

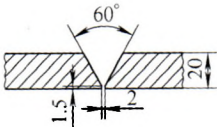


图2 V形坡口

(2) 焊接过程 所采用焊接参数如表3所示。首先，组焊前必须将焊缝及其两侧20mm范围内的水分、尘土、油污及铁锈等杂质清理干净；其次，打底时采用单面焊双面成形的焊接工艺，焊接试板对接时预留3°的反变形；最后，填充和盖面时采用多层多道焊进行施焊，共焊成6层14道的焊缝，焊缝成形示意如图3所示。多层多道焊的显著优点就是下一道焊缝对上道焊缝有回火作用，可以细化晶粒、提高韧性。焊接手法上不允许摆动，每

层用多道焊时，焊丝应指向焊道与坡口、焊道与焊道的角平分线位置，且焊道彼此重叠不小于焊道宽度的1/3。

(3) 注意事项 每层焊接结束后，用砂轮及钢丝刷将焊缝表面的焊渣、药皮及表面缺陷清理干净，焊接接头试样如图4所示；控制层间温度≤150℃，每焊完一层，采用红外线测温仪测量层温；焊后缓冷至室温，24h后进行超声波探伤检测，符合检测标准GB11345的要求。

(4) 力学性能测试 参照标准GB2975钢材力学性能取样试验规定，对焊接接头进行试样截取、加工，分别进行低倍金相试



图3 焊缝成形示意



图4 焊接接头试样

表3 焊接参数

|    | 焊接电流/A  | 电弧电压/V | 焊接速度/mm·min <sup>-1</sup> |
|----|---------|--------|---------------------------|
| 打底 | 160~180 | 22~24  | 150                       |
| 填充 | 200~220 | 24~28  | 200                       |
| 盖面 | 240~260 | 30~34  | 250                       |

验、拉伸试验、低温冲击试验，试样截取的位置如图5所示。试验结果显示所测数值均在要求范围内，满足了产品设计要求。焊接接头的宏观形貌如图6所示，由图6可以看出，焊接接头的热影响区较窄且均匀。

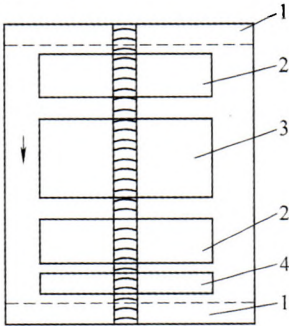


图5 试样截取的位置

1.去除25mm 2.拉伸试样  
3.冲击试样 4.金相试样

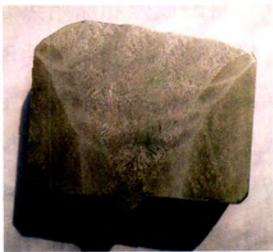


图6 焊接接头宏观形貌

3.结语

通过对Hardox400钢焊接性分析及合理的焊接工艺实施，得到了优良的焊接接头，满足了产品设计要求。

作者简介：张现杰，郑州宇通重工有限公司工艺研究所结构工程师。

MW 20140205