

# Study on the Welding Process of Q550 Low Alloy Steel

Junlin Yi<sup>1</sup>, Liping Zhang<sup>1\*</sup>, Hong Wang<sup>1</sup>, Mingzhong Li<sup>2</sup>, Yuanhao Qi<sup>3</sup>, Xiaodong Luo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Metallurgical and Materials Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

<sup>2</sup>Tiandi Technology Co., Ltd., Beijing

<sup>3</sup>Yanzhou Coal Mining Co., Ltd., Jining Shandong

Email: \*812360143@qq.com

Received: Apr. 1<sup>st</sup>, 2020; accepted: Apr. 16<sup>th</sup>, 2020; published: Apr. 23<sup>rd</sup>, 2020

## Abstract

By testing the effects of different welding heat input and weld bead temperature on the mechanical properties of Q550 steel joints, tensile and hardness tests were performed on the welded joint under different heat input, and their microstructures were analyzed. The results show that with the increase of heat input, the lath Martensite Structure increases, the Granular Bainite decreases, and the properties of the joints become worse. When the welding heat input is 14.9 kJ/cm and the weld bead temperature is 100°C, the comprehensive mechanical properties are the best.

## Keywords

Heat Input, Welding Process, Mechanical Properties, Microstructure

# Q550低合金钢焊接工艺研究

易俊霖<sup>1</sup>, 张丽萍<sup>1\*</sup>, 汪虹<sup>1</sup>, 李明忠<sup>2</sup>, 亓元浩<sup>3</sup>, 罗晓东<sup>1</sup>

<sup>1</sup>重庆科技学院冶金与材料工程学院, 重庆

<sup>2</sup>天地科技股份有限公司, 北京

<sup>3</sup>兖州煤业股份有限公司, 山东 济宁

Email: \*812360143@qq.com

收稿日期: 2020年4月1日; 录用日期: 2020年4月16日; 发布日期: 2020年4月23日

## 摘要

通过试验不同的焊接热输入和焊道温度对Q550钢接头力学性能的影响, 对不同热输入下焊接接头进行了拉伸和硬度试验, 并对其显微组织进行分析。结果表明, 随着焊接热输入增加, 焊缝中板条马氏体组织

\*通讯作者。

增加, 粒状贝氏体下降, 焊接接头性能变差。当焊接热输入为14.9 kJ/cm、焊道温度为100℃时, 综合力学性能最佳。

## 关键词

热输入, 焊接工艺, 力学性能, 显微组织

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

Q550 低合金高强度结构钢是常用的支撑结构件材料[1]。焊接中热影响区中金属的金相组织、化学成分、力学性能易发生变化。焊接后易产生冷裂纹和硬化组织。因此, 低合金高强度钢的焊接必须结合母材的成分和力学性能、焊接前的准备和焊接材料的选择、焊接工艺控制、焊后热处理等方面需要控制[2]。本论文采用多层单道焊, 采用不同的焊接热输入[3], 对金相组织及力学性能的研究, 并根据实验结果选用合理工艺参数。

## 2. 试验材料及性能

试验用钢板微观组织见图 1, 试件尺寸为 230 × 150 × 16 mm, 钢板化学成分及力学性能见表 1 和表 2。

**Table 1.** Main chemical composition of Q550 (GB16270-2009)

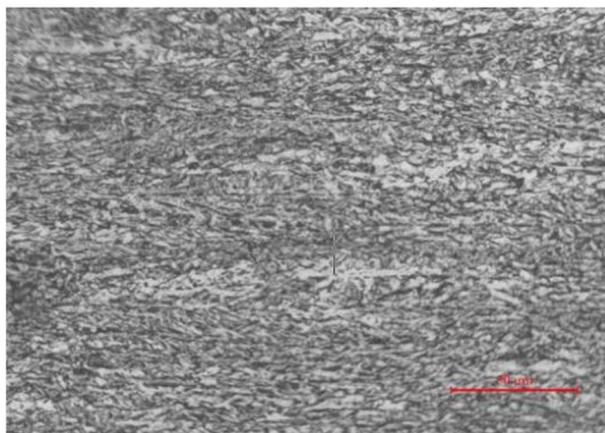
**表 1.** Q550 的主要化学成分(GB16270-2009)

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cu
含量(%)	≤0.20	≤0.80	≤1.70	≤0.025	≤0.015	≤0.70	≤0.50

**Table 2.** Mechanical properties of Q550 (GB16270-2009)

**表 2.** Q550 的力学性能(GB16270-2009)

材料	屈服强度( $\sigma_s$ )/MPa	抗拉强度( $R_m$ )/MPa	延伸率	冲击功/J (-20℃)
Q550	≥550	640~820	A ≥ 16%	AKv ≥ 47J



**Figure 1.** Microstructure of Q550 base metal

**图 1.** Q550 母材微观组织

### 3. 试验方法

焊接试样开V型坡口,角度为 $30^\circ \pm 2^\circ$ ,见图2。选用CHW-60C气保焊焊丝,气体选用80%Ar + 20%CO<sub>2</sub>。焊接过程中采用多层单道焊,本次焊接不采用预热。焊接后经研磨、抛光后,采用4%的硝酸酒精溶液腐蚀,然后在LeicaDM2500莱卡光学显微镜下观察样品组织;采用HV-1000型显微硬度计进行硬度检测,WAW-1000D微机控制电液伺服万能试验机测定拉伸强度。

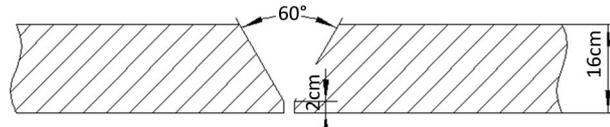


Figure 2. Bevel sketch  
图2. 坡口示意图

### 4. 焊接工艺性研究

#### 4.1. 焊接热输入对接头力学性能影响

根据各试样的焊接电流、焊接电压根据公式  $E = UI/V$  计算出的焊接热输入见表3。

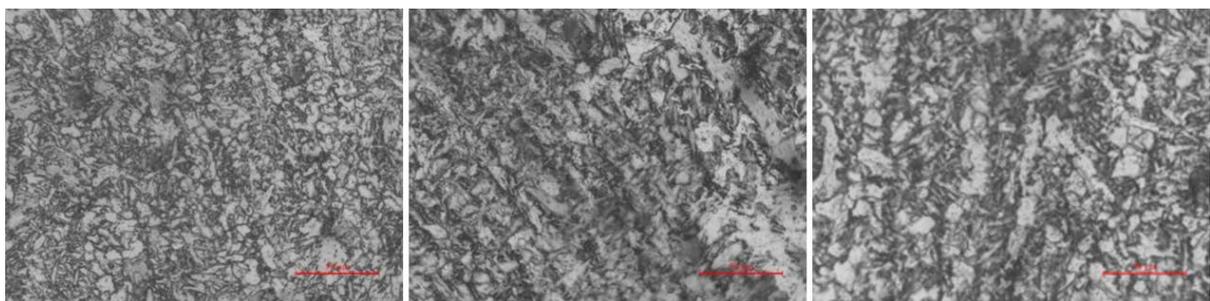
Table 3. Welding process test parameters

表3. 焊接工艺试验参数

焊接参数	电流 I(A)	电压 U(V)	速度 v(mm/s)	焊道温度(°C)	热输入 E(kJ/cm)
试样1	220	27.1	4.0	100	14.9
试样2	260	31	4.0	120	20.2
试样3	300	33	4.0	150	24.8

#### 4.2. 试验结果及分析

##### 4.2.1. 焊缝区微观组织分析



(a) 试样1.焊缝(E = 14.9 kJ/cm)

(b) 试样2.焊缝(E = 20.2 kJ/cm)

(c) 试样3.焊缝(E = 24.8 kJ/cm)

Figure 3. Weld zone under different heat input

图3. 不同热输入条件下的焊缝区

当热输入适中(14.9 kJ/cm)时,见图3(a),焊缝中组织比较均匀,主要有板条马氏体、贝氏体,此时焊缝综合力学性能最优。随着热输入、焊接层数的增加,下一道焊缝的温度高于前一道焊缝,相当于对前一道焊缝做了热处理,起到细化焊缝组织晶粒作用,从而有效防止了焊缝中的微观裂纹生成和扩展。但当热输入过大时,见图3(b)、图3(c),焊缝中晶粒变得很粗大,塑性急剧下降,综合力学性能变差。

所以, 热输入适中时, 焊缝综合力学性能最为优异, 当随着热输入不断增加, 焊缝的硬度可能会有一点增加, 但塑性急剧变差。

#### 4.2.2. 拉伸分析

本次 Q550 试样拉伸后试样见图 4。从左到右依次为试样 1、2、3。



Figure 4. Specimen after tension  
图 4. 拉伸后试样

Table 4. Tensile data of Q550 welded joint  
表 4. Q550 焊接接头拉伸数据

试样标号	抗拉强度 $R_m$ /MPa	L(mm)	$\Delta L$ (mm)	延伸率 A/%
1	660	55	9	16.4
2	585	55	6	11
3	535	55	3	5.5

延伸率与端面收缩率是衡量材料塑性变形能力的重要标准, 各试样拉伸数据见表 4, 通过对比可以发现试样 1 的性能较为良好, 其抗拉强度达到 660 Mpa, 延伸率为 16.4%, 为所有试样中的焊接接头综合性能最佳。且如图 4 所示, 拉伸后的试样端口缺陷不明显, 实验中的拉断过程也较为缓和。

试样 2 和试样 3 的性能略差, 见图 4, 断口附近有明显的缩颈现象, 断面没有光泽并且呈暗灰色, 在断口中央有少量的纤维区, 但是断面十分不平整, 在拉伸断裂处出现了分层、内裂而且还发现了少量的气孔, 断口出现的内裂很有可能是金属内部夹渣造成的, 由于夹渣和气孔的存在使得该处成为钢板的薄弱地带, 当试样承受较大载荷时应力会在这个地方集中叠加, 成为裂纹的起源向周围扩散, 最后导致了冲击试样断裂[4]。虽然这两组试样性能没有第一组优秀, 但是也基本满足实验标准要求。除去人为影响因素后, 综合三组实验数据可以得出以下结论: 在不预热的环境下对 Q550 钢板进行焊接, 焊接时必须保证在一定的焊接热输入范围之内, 才能够得到较好的焊接接头性能。

## 5. 结论

采用了不同的焊接热输入对 Q550 低合金高强度钢钢板进行焊接对接试验, 对金相显微组织和显微硬度进行对比分析。完成焊接试验后, 通过拉伸强度、金相组织的分析, 得出以下结论:

- 1) 通过不同的焊接热输入的试验, 确定出 Q550D 钢合理的焊接工艺参数范围。当焊接热输入为 14.9 kJ/cm, 道间温度为 100℃, 焊接接头拉伸强度达到了 660 Mpa 时性能最好。
- 2) 焊接试验的焊缝组织中主要有板条马氏体、贝氏体, 此时的焊缝综合力学性能优秀, 但随着热输入的增加, 焊缝中的晶粒变粗, 塑性急剧下降综合力学性能变差。所以, 热输入适中时, 焊缝综合力学性能最优, 随着热输入不断增加, 焊缝的硬度可能会有一点增加, 但塑性急剧变差。

---

## 参考文献

- [1] 郝永飞, 陈芙蓉, 杨慧. 液压支架结构用 Q550 低合金高强度钢常温下的焊接[J]. 热加工工艺, 2011(5): 177-179.
- [2] 杨道和. 液压支架 Q550D 低合金结构钢的焊接[J]. 煤炭技术, 2007(10): 8-10.
- [3] 张超, 靳广胜. 焊接热输入对镁合金与镀铜钢冷金属过渡焊接接头性能和缺陷影响[J]. 科学技术与工程, 2019(23): 47-51.
- [4] 董现春, 张熹, 陈延清, 许良红. Q550D 贝氏体高强钢板焊接接头强度匹配的选择[J]. 机械工程材料, 2011, 35(5): 31-34.