490 MPa级以上冷轧高强钢窄搭接焊接工艺研究*

吴 刚[1], 吴 宁[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炼铁厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章明确了窄搭接焊接原理及焊缝质量判断方法, 对该材质带钢快速冷却产生的各种马氏体时的硬度影响分析与碳素钢快速冷却相变CCT图综合分析, 经过焊接参数调整, 增加焊缝退火工序, 焊缝杯突试验结果合格, 拉伸试验在非焊缝处断裂, 实际生产该焊缝质量合格。

关键词: 搭接焊机; 镀锌机组; 高强钢; 焊接调试; 退火
中图分类号: TG457.11 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2021)04-0039-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.04.010

Study on Narrow Lap Welding Process for Cold Rolled High Strength Steel over 490 MPa

Wu Gang[1], *Wu Ning*[2]

(1. *Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the article, the principle of narrow lap welding and judgment methods for weld quality are clear and definite as well as the hardness impact of various martensite during rapid cooling for strip steel of this material and the CCT diagram of rapid cooling phase transformation for carbon steel are analyzed. The obtained drawing test results of weld are qualified and the fracture is not at weld in tensile test through adjusting welding parameters as well as increasing annealing process of weld so that the quality of weld seam is eligible in actual production.

Key words: lap welder; galvanizing unit; high strength steel; welding debugging; annealing

镀锌机组采用窄搭接焊机, 其位于生产线入口段, 主要功能是将原料带钢的带头与上一卷带钢的带尾焊接在一起, 以保持生产的连续性。工艺流程为剪切、搭接、焊接3步, 焊接时直流电作用在带头带尾搭接处, 使搭接处熔融再凝结, 从而形成焊缝。由于生产需要, 某镀锌线生产490 MPa级以上冷轧高强钢, 通过焊接参数调试所得焊缝经后退火处理、杯突试验、拉伸试验验证焊缝合格后正式生产, 该材质带钢焊缝经过清洗, 炉区拉伸, 锌锅镀锌, 光整平整等工序, 最终出口卷曲成功产出。

* **收稿日期**: 2021-03-12
作者简介: 吴 刚(1989-), 男, 内蒙古察哈尔右翼后旗人, 助理工程师, 现从事焊机维护与焊接研究。

1 焊接材料和方法

1.1 试验材料

试验带钢材化学成分如表1所示，材料力学性能如表2所示，厚度规格2.23 mm。

表1 钢种化学成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Al_t
≤0.22	≤0.60	≤1.60	≤0.035	≤0.025	≥0.015

表2 材料力学性能

牌号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	L_0 = 80 mm，b_0 = 20 mm 断后伸长率/%
SGC490－CK	≥365	≥490	≥16

注：当屈服现象不明显时采用$R_{p0.2}$。拉伸试样取纵向试样，尾部1/4处取样。

1.2 焊接试验设备及原理

采用日本TMEIC窄搭接焊，其原理为焦耳定律：$Q = I^2RT$，其中I为焊接电流，kA；R为材质电阻，Ω，由焊轮压力、搭接量、补偿量决定；T为焊接速度，m/min。其焊接参数有电流、速度、压力、搭接量、补偿量组成。

1.3 焊缝质量诊断

1.3.1 焊接曲线

在下焊头处装有检测上下焊轮与带钢接触点的焊缝表面温度，将采集后的温度值通过焊缝成像系统转化成温度图像，最终比较设定的温度上下限值自动判断焊缝质量，并在HMI画面显示焊缝合格、焊缝不合格。如图1所示。



图1 焊接曲线

1.3.2 焊缝杯突试验

当焊接温度曲线判定为不合格时，需要做杯突试验确认现场焊缝质量。如图2所示。

	焊缝加热影响区撕裂	合格		垂直于焊缝开裂	合格
	焊缝中心呈星状胀裂	合格		沿焊缝中心开裂	不合格

图2 焊缝杯突试验判断标准

1.3.3　拉伸试验

当以上 2 种方法无法判断焊缝质量时，可在焊缝区域取样进行拉伸试验，试样在非焊缝区撕裂，焊缝质量合格。

2　焊接试验结果及分析

2.1　焊接参数调整

取上述带钢样本，进行焊接参数调试试验。试验参数如表 3 所示。

表 3　焊接试验参数

电流 /kA	速度 /(m · min^{-1})	焊轮压力 /kN	搭接量 /mm	补偿量 /mm
19.0	12.0	17.0	0.8	0.6
19.5	11.5	18.0	0.9	0.6
20.0	11.0	19.0	1.0	0.7
21.0	10.0	20.0	1.1	0.8
22.0	9.5	21.0	1.2	0.8

2.2　杯突试验结果

杯突试验结果如图 3 所示。

根据杯突试验结果为焊缝中心开裂，判断焊接质量不合格。

2.3　焊接缺陷分析及改进措施

2.3.1　焊接缺陷分析

碳素钢的焊接性随碳含量增加而恶化，碳含量较高的钢焊接温度快速冷却容易被淬硬，见图 4[1]。被淬硬的焊缝和热影响区因其塑性下降，在焊接应力作用下容易产生裂纹。碳素钢被淬硬主要原因是马氏体组织形成而引起的，见图 5[2]。因此焊接碳含量较高的碳素钢时，应当注意减缓冷却速度，使马氏体含量减至最少。

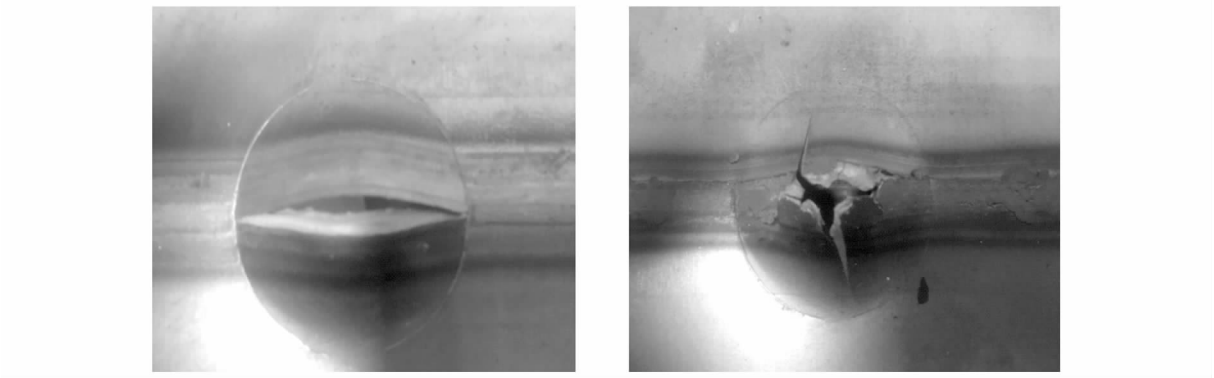


图 3　焊缝杯突试验结果

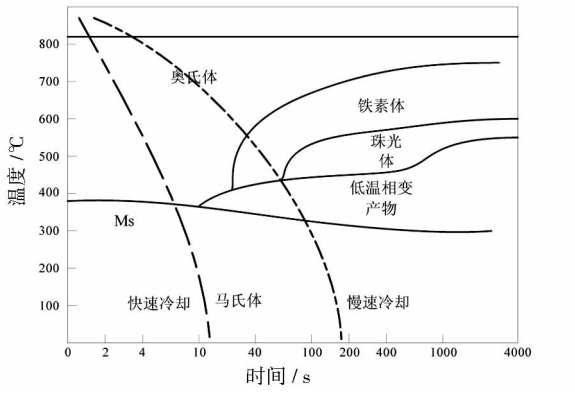


图 4　钢的连续冷却相变 CCT 图

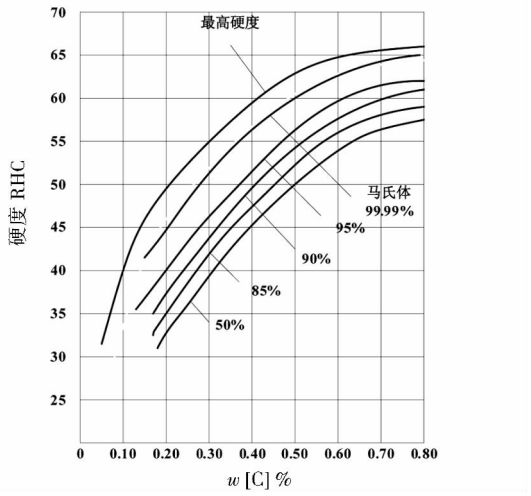


图 5　碳含量对碳钢快速冷却产生马氏体时的硬度影响

2.3.2 改进措施

首先采用低焊接速度、大电流焊接参数组合进行焊接可提高焊缝热输入量，延缓焊缝金属冷却至室温的过程，从而达到降低焊缝冷却速率的目的。其次将焊缝进行300 ℃、1 min的后退火处理。退火可以降低钢的硬度，提高塑性，使材料便于加工，并可细化晶粒，均匀钢的组织和成分，消除残余应力[3]。最终焊缝杯突结果如图6所示。

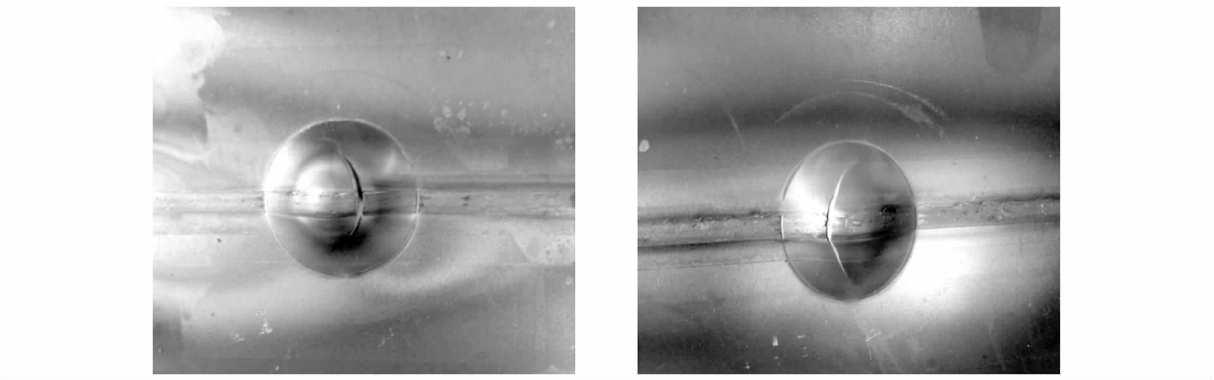


图6 经调整参数并后退火后焊缝杯突试验结果

杯突试验断口垂直于焊缝开裂，焊缝质量合格。取焊缝样板做拉伸试验，结果如图7所示，拉伸试验结果为非焊缝处断裂，证明焊缝拉伸强度高于母材强度，经判断焊缝质量合格。焊接完毕的该板材经过清洗段、炉区、锌锅、平整、出口卷取、产出，此材质带钢焊接成功。

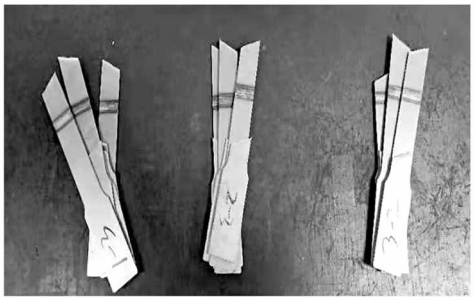


图7 焊缝拉伸试验结果

3 结论

(1) 通过采取低速度、大电流、高压力焊接参数，可降低焊缝冷却速率，减小焊缝硬度。

(2) 通过焊缝退火处理降低该材质焊缝的硬度，提高焊缝塑性，消除残余应力。

参 考 文 献

[1] 徐峰. 焊接工艺简明手册[M]. 上海: 科学技术出版社，2014.

[2] 屈朝霞，张汉谦，王东坡，译. 焊接冶金与焊接性[M]. 北京: 机械工业出版社，2017.

[3] 徐佩兰，石学军. 焊工操作技巧与禁忌[M]. 北京: 机械工业出版社，2008.