

BGER60Ti-1 焊丝钢拉拔断裂问题分析及改进措施

王刚¹, 李学东¹, 赵晓敏¹, 白彬亨², 张晓晨¹, 赵家琪¹, 谭晓东¹

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古包头 014010;

2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司制造部, 内蒙古包头 014010)

摘要: BGER60Ti-1 焊丝钢在生产焊丝过程中出现拉拔断裂, 通过对断裂试样进行金相组织分析, 发现淡黄色硬质块相是造成焊丝拉拔断裂的直接原因。根据该组织的形成机理得出, 淡黄色硬质块相为贝氏体与马氏体的混合组织。文章从轧后控冷角度进行研究, 提出延长盘条出保温罩时间、增加保温罩的保温能力等措施, 改进后的基体组织未出现硬质块相, 解决了 BGER60Ti-1 焊丝钢断丝问题。

关键词: 焊丝; BGER60Ti-1 焊丝钢; 金相组织; 拉拔断裂

中图分类号: TG113

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)06-0081-04

Analysis and Improvement Measures for Problem of Drawing Fracture of BGER60Ti-1 Welding Wire Steel

Wang Gang¹, Li Xue-dong¹, Zhao Xiao-min¹, Bai Bin-heng²,
Zhang Xiao-chen¹, Zhao Jia-qi¹, Tan Xiao-dong¹

(1. Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010,
Inner Mongolia Autonomous Region, China;

2. Manufacturing Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010,
Inner Mongolia Autonomous Region, China)

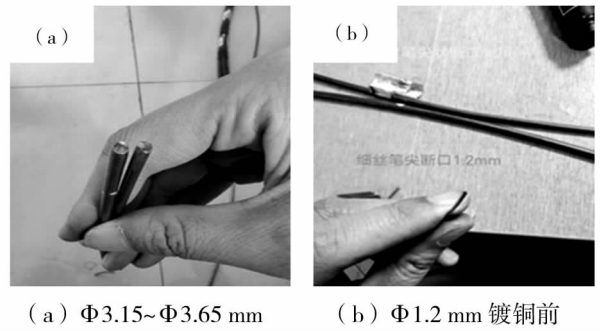
Abstract: During the process of producing welding wire with BGER60Ti-1 welding wire steel, there is drawing fracture and faint yellow hard block phase is found to be direct cause through metallographic analysis of fracture sample. It is obtained according to formation mechanism of the microstructure that the faint yellow hard block phase is mixture of bainite and martensite. In the paper, such measures as extending holding time of wire rod and improving heat-retaining capacity of temperature holding hood are proposed based on studying from the perspective of controlled cooling after rolling. There is not any hard block phase in the improved matrix structure so that the problem of fracture of wire for BGER60Ti-1 welding wire steel is solved.

Key words: welding wire; BGER60Ti-1 welding wire steel; metallographic structure; drawing fracture

BGER60Ti-1 焊丝钢是指 CO₂ 气体保护手工焊、埋弧焊、半连续焊和自动焊接用的钢丝。它广泛使用于压力容器、电力、汽车以及各类机械制造业。包钢生产的 Φ5.5 mm BGER60Ti-1 焊丝在下游用户工厂经过十余道拉拔,拉拔至 Φ1.2 mm 成品。要求 BGER60Ti-1 焊丝钢具有良好的拉拔性能及优异的塑性变形能力,深加工拉拔过程中断丝对下游用户生产效率带来不利的影响,因此该焊丝的拉拔断裂研究至关重要^[1]。

1 问题描述

某焊丝生产厂家使用的 Φ5.5 mm BGER60Ti-1 焊丝钢在拉拔阶段频繁出现断丝现象,严重影响正常生产。检测下游用户寄回炉号分别为 23204295、23204297、23204298、23204299、23204300、23204553 的拉拔断裂试样,宏观断口形貌呈典型的“笔尖”状。断丝试样宏观形貌如图 1 所示,图 1(a)为拉拔至 Φ3.15~Φ3.65 mm 笔尖状断裂,图 1(b)为拉拔至 Φ1.2 mm 镀铜前抽芯笔尖断口。



(a) Φ3.15~Φ3.65 mm (b) Φ1.2 mm 镀铜前

图 1 BGER60Ti-1 焊丝断丝宏观形貌图

2 样品分析

2.1 工艺流程

某焊丝加工厂焊丝深加工流程:盘条放线→机械剥壳去除氧化铁皮→粗拉→集卷→精拉→镀铜→收线→分卷→打包入库。

2.2 化学成分

取断丝试样,使用化学法测得断裂试样的化学成分,断裂试样化学成分如表 1 所示,成分符合供货协议标准要求。

表 1 BGER60Ti-1 焊丝钢的化学成分(质量分数)

| | 炉号 | C | Si | Mn | Cr | Ti | P | S | Ni | Mo |
|--------|-----|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|-------|---------|
| 断丝试样 | 295 | 0.070 | 0.851 | 1.50 | 0.158 | 0.074 | 0.011 0 | 0.009 | 0.012 | <0.005 |
| | 297 | 0.078 | 0.846 | 1.50 | 0.162 | 0.072 | 0.011 4 | 0.009 | 0.015 | <0.005 |
| | 298 | 0.086 | 0.824 | 1.47 | 0.157 | 0.069 | 0.011 6 | 0.010 | 0.018 | 0.006 2 |
| | 299 | 0.078 | 0.877 | 1.48 | 0.165 | 0.071 | 0.011 8 | 0.008 | 0.013 | <0.005 |
| | 300 | 0.076 | 0.838 | 1.48 | 0.166 | 0.066 | 0.011 9 | 0.007 | 0.014 | <0.005 |
| | 553 | 0.074 | 0.847 | 1.50 | 0.168 | 0.071 | 0.010 8 | 0.009 | 0.019 | <0.005 |
| 控制目标成分 | | ≤0.10 | 0.80~0.95 | 1.40~1.55 | 0.10~0.20 | 0.05~0.12 | ≤0.025 | ≤0.025 | | |

2.3 理化检测

对拉拔断裂的试样取 Φ6.5 mm BGER60Ti-1 焊丝钢母材进行力学性能测试,结果如表 2 所示,断丝试样母材力学性能结果均符合供货协议要求。

表 2 BGER60Ti-1 焊丝钢力学性能

| 炉号 | R _m /MPa | A/% | Z/% |
|-----|---------------------|------|-----|
| 295 | 522 | 35.5 | 62 |
| 297 | 451 | 35.5 | 59 |
| 298 | 435 | | 65 |
| 299 | 486 | | 60 |
| 300 | 449 | 41.0 | 60 |
| 553 | 513 | | 53 |

图 2 为 BGER60Ti-1 焊丝钢的正常金相组织, BGER60Ti-1 焊丝钢母材正常组织为铁素体+少量珠光体,该组织使得 BGER60Ti-1 焊丝钢具有优异的拉拔变形能力。

取出现断丝的 BGER60Ti-1 焊丝钢母材试样,对其进行金相观察。图 3 为拉拔断裂 BGER60Ti-1 焊丝钢母材金相组织,观察分析发现基体组织中出现异常相,颜色为淡黄色,呈块状。

取裂纹源区试样进行金相组织分析,拉拔后出现裂纹的 BGER60Ti-1 焊丝钢金相组织如图 4 所示。结果显示,试样经 4% 硝酸酒精溶液侵蚀后,裂

纹附近未发现脱碳现象,存在的裂纹开口大,裂纹尖端细小,裂纹起源于焊丝表面的外伤,裂纹在硬质相附近拓展。由于块状的硬质相不易变形,硬质相周围出现应力集中,裂纹更易在硬质相附近进行拓展。

有研究表明^[2],BGER60Ti-1 焊丝钢出现的“淡黄色”硬质块相是一种贝氏体和马氏体复合相。而贝氏体、马氏体相属于硬质相,不会随基体的拉拔变形而变形。

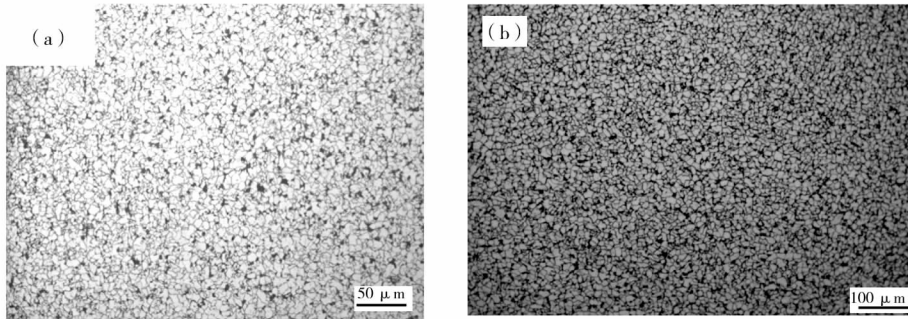


图2 未拉拔 BGER60Ti-1 焊丝钢正常金相组织

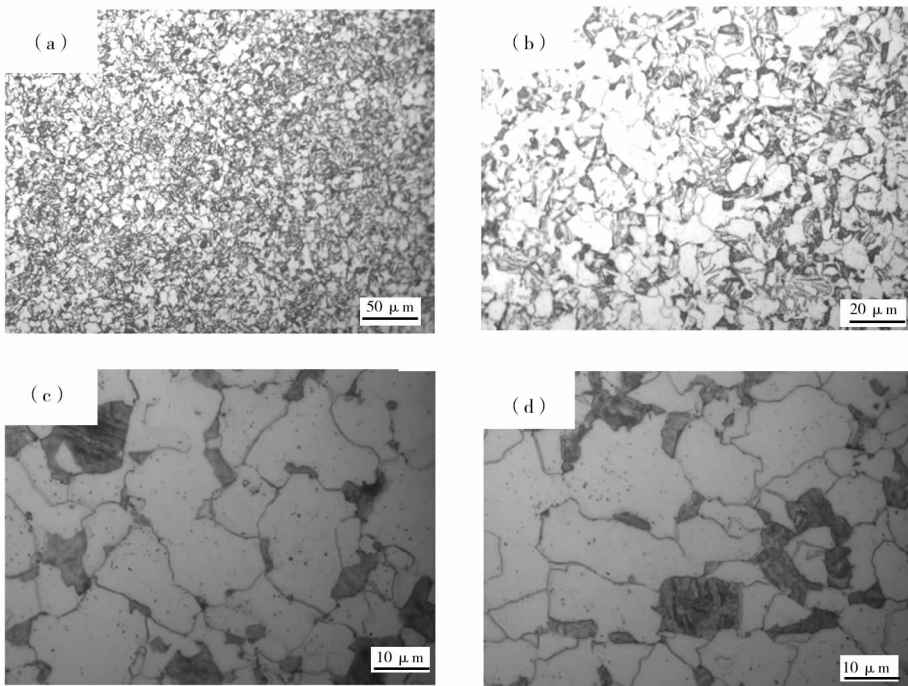


图3 拉拔断裂 BGER60Ti-1 焊丝钢母材异常金相组织

从以上分析可以总结出 BGER60Ti-1 焊丝钢正常组织为铁素体+珠光体,铁素体的塑性变形能力较好,而出现问题的 BGER60Ti-1 焊丝钢存在大量黄色硬质块相,该黄色硬质块为一种贝氏体和马氏体的复合相,在裂纹处的硬质相明显增多,该黄色硬质相为 BGER60Ti-1 焊丝钢拉拔断的主要原因。该硬质相的形成原因为轧后盘条的冷却速度太快导致 BGER60Ti-1 焊丝钢未能进行近似等温的

珠光体转变^[3]。

3 改进措施

BGER60Ti-1 焊丝钢中的 Si、Mn 含量较高,这使得 CCT 曲线向右下方移动,推迟并延长转变时间。因此为使 BGER60Ti-1 焊丝钢在近似等温转变的条件下生成铁素体和珠光体,需降低吐丝温度,采用更低的辊道速度,BGER60Ti-1 焊丝钢得以在

保温罩中获得较缓慢的冷却速度。另外,在焊丝盘条轧后冷却过程中,搭接点与非搭接点的冷却速度差异大也造成基体组织中产生大量的硬质相,对应的解决方法是延长盘条在保温罩中的时间,从而降低搭接点与非搭接点的温度差^[4]。

针对上述问题,采取以下改进措施。

(1)将 BGER60Ti-1 焊丝钢的在斯太尔摩冷却线的起始速度从 0.16 m/s 降至 0.13 m/s,使吐丝圈

与圈之间堆叠更加密集,降低搭接点和非搭接点温差。

(2)第 2 组至第 9 组辊道速度每组按比例降低 5%,延长 BGER60Ti-1 焊丝钢在保温罩内时间。

(3)调整保温罩之间间隙,保证热量不从缝隙间散失。

(4)将吐丝温度由 930 ± 20 °C 降低至 910 ± 20 °C。

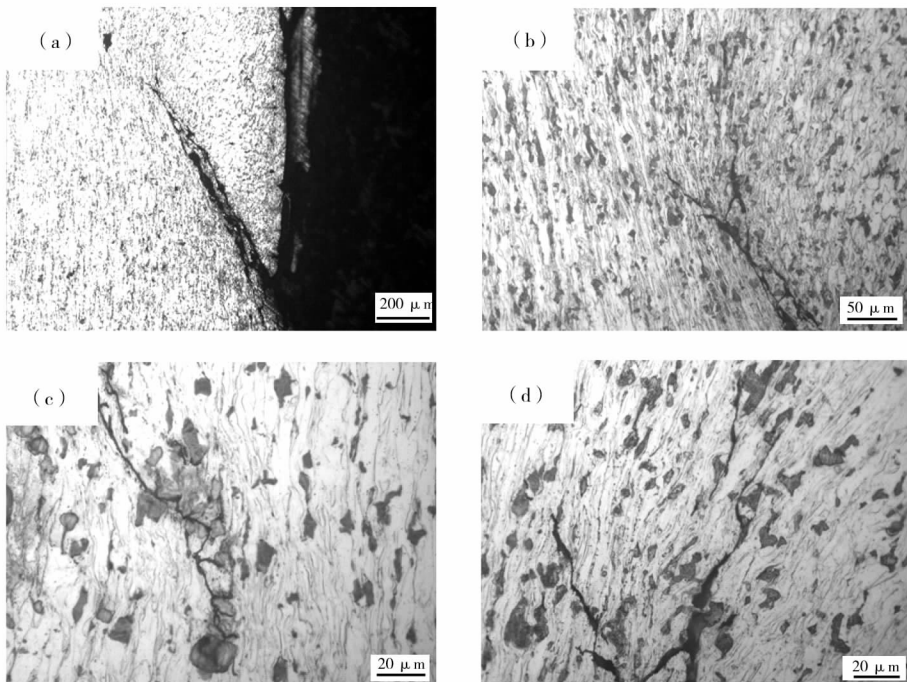


图 4 拉拔后 BGER60Ti-1 裂纹处金相组织

4 结束语

在 BGER60Ti-1 焊丝钢的生产过程中通过优化辊道速度、延长盘条出保温罩时间,强化缓冷过程的保温措施,保证了 BGER60Ti-1 焊丝钢的在保温罩内珠光体转变的顺利进行,改善了盘条的基体组织,大大降低了 BGER60Ti-1 焊丝钢的拉拔断丝率,为下游客户的拉拔深加工提供了良好的原材料,提高了下游客户的生产效率。

参 考 文 献

[1] 曹磊,郭峰,纪文杰. ER70S-6 焊丝钢盘条拉

拔断裂原因分析与改善[J]. 物理测试,2022, 40(6):46-50.

[2] 屈小波,熊鑫,王鲁义,等. 气保焊丝用 ER70S-6 盘条拉拔断裂原因分析及改进[J]. 金属制品,2021,47(6):52-55.

[3] 卢伟永. 含钛焊丝钢盘条拉拔断裂原因分析[J]. 山东冶金,2020,42(3):43-44,47.

[4] 陈金虎. 提高焊接用钢 ER70S-G 质量的研究[J]. 山西冶金,2003(2):24-25.