

# 减少 $\phi 14$ mm螺纹钢HRB400E表面折叠缺陷的生产实践

Production Practice of Reducing Surface Folding Defects of  $\phi 14$  mm Deformed Steel HRB400E

供稿|李维华, 郑忠玉, 林致明, 王伟 / LI Wei-hua, ZHENG Zhong-yu, LIN Zhi-ming, WANG Wei

内  
容  
导  
读

三宝钢铁有限公司 $\phi 14$  mm螺纹钢HRB400E生产过程中, 出现了多处折叠缺陷质量事故, 文章介绍了通过化学成分、夹杂物和金相组织分析表面折叠缺陷的形成原因, 针对钢坯夹杂物来源, 采取提高出钢C含量和挡渣成功率、保证吹氩时间等措施, 有效减少了钢坯夹杂物, 明显改善了表面折叠缺陷, 起到了减少质量废品的作用。

螺纹钢表面缺陷是指影响螺纹钢表面完整性和光洁程度的表面质量缺陷, 不仅影响外观, 而且容易引起应力集中, 降低螺纹钢力学性能和工艺性能(特别是疲劳强度和冲击性能), 同时表面缺陷处还易于生锈, 影响后续工序正常进行, 增加生产成本<sup>[1-2]</sup>。螺纹钢表面缺陷主要包括: 氧化铁皮、结疤、刮伤、麻点、表面裂纹、气泡、折叠和表面夹杂等, 其形成原因也有很多, 总结起来有三种: 铸坯缺陷造成、轧制过程造成和外界原因, 一般情况下缺陷由前两者造成<sup>[3-4]</sup>。实践证明, 缺陷连续有规律且批量出现的一般是轧制原因; 不连续或没有规律一般是铸坯原因。

三宝钢铁 $\phi 14$  mm螺纹钢HRB400E采用四切分控轧控冷工艺轧制, 主要由棒线三厂生产, 主要生产

工艺流程为: 铸坯准备 $\rightarrow$ 加热炉 $\rightarrow$ 粗轧 $\rightarrow$ 1#飞剪 $\rightarrow$ 中轧 $\rightarrow$ 2#飞剪 $\rightarrow$ 控冷 $\rightarrow$ 预精轧 $\rightarrow$ 精轧 $\rightarrow$ 冷床 $\rightarrow$ 冷剪 $\rightarrow$ 成品 $\rightarrow$ 打包入库。在最近的 $\phi 14$  mm螺纹钢HRB400E生产过程中, 发现较多类似于折叠的缺陷, 为了防止质量事故再次发生, 相关技术人员对该缺陷产生原因进行了跟踪分析。

## 折叠缺陷现状

棒材三厂技术人员在成品仓库抽取 $\phi 14$  mm螺纹钢HRB400E缺陷样品, 如图1所示。目测像毛刺一样的折叠出现在螺纹钢纵肋附近, 长度约15~30 mm, 宽度约1~3 mm, 手感很薄且刺手, 折叠处与钢材表面有一定的斜角, 带有折叠缺陷的螺纹钢分布断断续续, 无通条性<sup>[5]</sup>, 且主要集中在两个炉次, 并且其

作者单位: 三宝钢铁有限公司技术中心, 福建 漳州 363000



图1 螺纹钢折叠宏观情况

他炉号没有此现象，同时检查轧制生产线孔型对准度、导卫板磨损情况、轧辊磨损情况等轧制设备均无异常情况，初步判断折叠缺陷来自钢坯本身带有缺陷。

### 缺陷原因分析

断定折叠缺陷来自钢坯本身带有缺陷之后，相关技术人员结合公司现场生产情况，对螺纹钢缺陷处进行化学成分分析、金相分析和能谱分析，以便确定缺陷原因找出解决办法。

#### 化学成分分析

化学成分分析取样部位为螺纹钢折叠缺陷处，为保证科学性，选取3个实验点，HRB400E化学成分如表1所示。由表1可见，五大元素含量和碳当量(C<sub>eq</sub>)均符合GB/T 1499.2—2018。

表1 化学成分分析

实验部位	质量分数/%					C <sub>eq</sub>
	C	Si	Mn	P	S	
实验点1	0.20	0.45	1.15	0.028	0.031	0.52
实验点2	0.21	0.43	1.13	0.020	0.027	0.53
实验点3	0.20	0.43	1.16	0.021	0.025	0.52
国标	≤0.25	≤0.80	≤1.60	≤0.045	≤0.045	≤0.54

#### 夹杂物分析

通过对螺纹钢缺陷样横向剖面进行截取、粗磨、精磨和抛光等处理之后，对钢中夹杂物进行分析。横向剖面边缘和内部夹杂物分析结果分别如图2和图3所示。由图可知：螺纹钢外观折叠缺陷边缘顺着外观缺陷向基圆内延伸，有大量的超尺寸细条状硅酸盐夹杂，基圆上也有大量超尺寸硅酸盐夹杂，有夹杂物漂浮带。

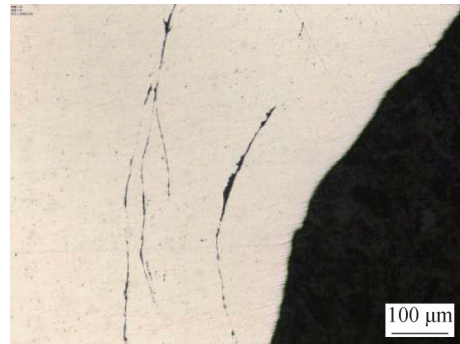


图2 横向剖面夹杂物(边缘)

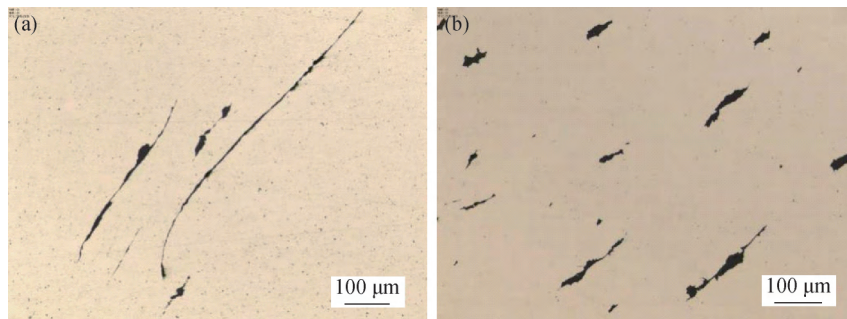


图3 横向剖面夹杂物(内部)

#### 显微组织分析

通过对螺纹钢缺陷样横向剖面进行截取、粗磨、精磨和抛光等处理之后，对钢的显微组织进行分析，分析结果如图4所示。由图4可知，显微组织是正常的铁素体加珠光体组织，没有任何回火组

织，晶粒度8.5级，符合国标要求，说明轧钢冷却过程控制比较好。

#### 综合分析

综上所述，造成φ14 mm螺纹钢HRB400E表面折叠缺陷主要原因是钢坯夹杂物较多且尺寸大，在轧

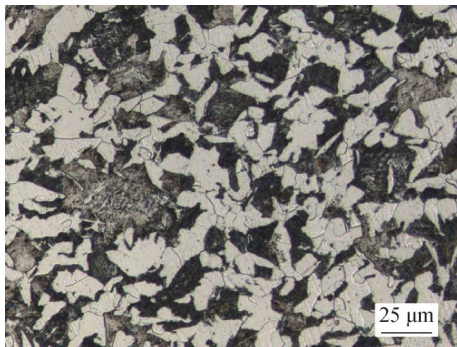


图4 显微组织形貌

制过程中无法焊接，扩展暴露于钢筋表面造成折叠缺陷。

### 措施与效果

#### 综合措施

现场技术人员对2个炉次的转炉炼钢和连铸炼钢生产工序进行追溯检查，检查出2个炉次操作不合理之处：①终点C含量分别为0.02%和0.03%，C含量太低，氧含量过高，钢液中非金属夹杂物较多；②出钢过程挡渣失败，下渣量相对过大，夹杂物数量有显著增加；③吹氩时间分别为175和152 s，吹氩时间不足会导致钢液夹杂物来不及上浮，在连铸过程中滞留在钢中，流转到轧钢工序。

针对炼钢操作不合理之处，技术人员和操作人员通过相关措施，将出钢C含量提高到0.05%~0.12%，挡渣成功率提高到95%以上，吹氩时间保证≥240 s，由此来减少夹杂物来源，杜绝大型夹杂物。

#### 实施效果

采取措施后，棒材三厂φ14 mm螺纹钢HRB400E

折叠缺陷基本杜绝，炼钢工序操作也有了明显好转。

### 结束语

(1) 通过分析确定φ14 mm螺纹钢HRB400E折叠缺陷来自钢坯本身大型夹杂物，并且造成大型夹杂物的主要原因是出钢C含量与挡渣成功率偏低以及吹氩时间不足。

(2) 通过采取确保吹氩时间合格、提高出钢C含量和挡渣成功率等有效措施，明显减少了夹杂物来源，基本杜绝了棒材三厂φ14 mm螺纹钢HRB400E折叠缺陷。

#### 参考文献

- [1] 来煜. 螺纹钢表面缺陷检测算法研究[学位论文]. 武汉: 武汉科技大学, 2015
- [2] 李雪峰, 王春芬, 郭海霞. HRB400螺纹钢表面缺陷形成原因分析. 理化检验(物理分册), 2013, 49(06): 413
- [3] 王建新. HRB500E热轧带肋钢筋表面缺陷的原因分析. 新疆钢铁, 2019(02): 25
- [4] 王立军, 褚文龙. 热轧带肋钢筋表面裂纹缺陷的分析与控制. 新技术新工艺, 2017(10): 71
- [5] 钟明光. 热轧带肋钢筋表面形成凹坑、裂纹缺陷的原因分析. 物理测试, 2002(02): 25

**作者简介:** 李维华(1983—), 男, 硕士, 工程师, 工作于三宝钢铁有限公司技术中心, 主要研究方向: 炼钢工艺技术, E-mail: 15287301827@163.com。

**通讯作者:** 林致明(1957—), 男, 本科, 高级工程师, 工作于三宝钢铁有限公司技术中心, 主要研究方向: 钢铁冶金工艺, 通信地址: 福建省漳州市三宝钢铁有限公司技术中心, E-mail: linzm2000@163.com。



摄影 刘继鸣