

## 热轧带钢麻面产生原因分析及控制措施

李振江 米会强

德龙钢铁有限公司, 河北 邢台 054009

[摘要] 针对供冷轧用热轧带钢表面出现麻坑、麻面问题, 文中结合德龙钢铁有限公司 1250mm 热轧生产线实际生产状况和机组情况, 通过修订工艺制度、提高轧辊冷却水压力、启用机架带钢冷却水、调整水嘴型号和角度、改善轧辊材质等措施, 有效的控制和减少了热轧低碳带钢的麻坑缺陷。

[关键词] 热轧带钢; 麻面; 表面缺陷; 措施

DOI: 10.33142/ec.v7i4.11659

中图分类号: TG335.5

文献标识码: A

### Analysis and Control Measures for the Formation of Pitting on Hot-rolled Strip Steel

LI Zhenjiang, MI Huiqiang

Delong Steel Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054009, China

**Abstract:** In response to the problem of pitting on the surface of hot-rolled strip steel for cold rolling, this article combines the actual production status and unit situation of the 1250mm hot-rolled production line of Delong Steel Co., Ltd. Through revising the process system, increasing the cooling water pressure of the rolling mill rolls, activating the cooling water of the stand strip steel, adjusting the water nozzle model and angle, and improving the material of the rolling mill rolls, effective control and reduction of pitting defects in hot-rolled low-carbon strip steel have been achieved.

**Keywords:** hot-rolled strip steel; pitting; surface defects; measures

#### 引言

德龙钢铁有限公司 1250 生产线在轧制低碳带钢过程中, 带钢表面经常出现麻坑缺陷, 不断接到下游客户的质量反馈, 严重影响到了公司的形象和名誉。而麻面是热轧带钢表面质量中最为常见的问题之一, 如果麻坑严重, 对冷轧工序有着不可忽视的影响, 因此有必要对麻面产生的原因进行分析和研究。本文通过对轧制工序进行跟踪和数据统计, 对麻面产生的原因进行了详细分析, 主要通过修订工艺制度、提高轧辊冷却水压力、启用机架带钢冷却水、降低轧辊冷却水水温、改善轧辊材质等措施, 有效的控制和减少了热轧低碳带钢表面的麻坑缺陷。

#### 1 现状调查

针对提出带钢头部麻点质量异议, 均是带钢头部存在麻坑麻点现象, 而中间和尾部正常。此前检验带钢表面质量均是割尾, 从未检验过头部, 未发现过头部缺陷, 这两次质量异议提出后, 轧钢厂采取了多项措施, 麻点现象有所减轻, 但未根除, 跟踪客户使用, 轻微的麻坑不影响其正常使用。同时开始关注带钢头部表面质量, 建立了头部掏芯表面质量登记台账, 每周一次对带钢头部质量进行抽芯检验, 并对部分样条进行酸洗, 酸洗前后都有级别判定, 其中酸洗前主要是根据麻坑严重程度判级, 1 级最好, 5 级最差, 分别为无麻坑、有较轻麻坑、有明显麻坑、有较重麻坑、有严重麻坑。酸洗后评级综合参考麻坑、带钢表面颜色和粗糙度评级, 1 级最好, 5 级最差, 分别为表面

发白无黑线条无山形纹、表面较白有轻微山形纹无黑线条、表面较暗, 有明显山形纹及黑线条、表面较暗有较重山形纹及黑线条、表面发黑有严重山形纹及黑线条。

将德龙钢铁有限公司轧钢厂 1250 生产线 3mm、3.25mm 厚成品带钢作为研究对象, 分别对轧制不同周期段的带钢头部及带钢尾部取样, 发现带钢头部与尾部都存在不同程度的麻坑。

针对以上麻坑样条进行酸洗模拟试验, 发现带钢表面存在细密、散沙状深浅不一的小麻坑, 触摸后有明显手感, 且带钢上下表面都能用肉眼观察到, 最终评级均为四、五等, 严重影响了带钢的表面质量。

#### 2 麻坑产生的原因分析

##### 2.1 主要影响因素

###### 2.1.1 斑马纹

经过调查分析, 斑马纹现象原因较为明确, 主要是由于考虑到华驰酸洗线能力差, 为了防止出现麻点麻坑问题, 在轧制华驰计划时, 增加了粗轧偶倒次除鳞, 尤其太钢坯料, 粗轧七道次轧制, 有六道次除鳞, 双炉作业期间, 轧制节奏快, 除鳞压力较低, 导致精轧除鳞水嘴交叉部位打击力变小, 除鳞不彻底。斑马纹是规律性的间隔 49mm 一条 10mm 左右宽, 精轧除鳞水嘴间隔同为 49mm, 交叉部位约 10mm。为了解决此问题, 取消了粗轧第二道除鳞, 双炉轧制控制节奏, 规定除鳞压力不低于 20MPa, 比此前的不低 18MPa 提高了 2MPa。措施落实后, 经过掏芯和厂家

跟踪, 未再发现斑马纹现象。

### 2.1.2 麻点

带钢头部问题一般存在带钢头部 30~60 米, 有的通板都有, 主要在两肋, 距离边部 10~20 公分位置, 严重的横断面都有分布, 有明显的氧化铁皮和麻坑现象, 且上下表面不确定。全部是自产坯料, 太钢坯料没有此类现象。

轧钢厂多个环节影响带钢表面质量, 如加热时间、温度、气氛; 与带钢接触的各类辊道辊、轧辊和过渡板; 各工序除鳞质量; 各类轧辊冷却水、带钢冷却和水除尘水等。

通过降低各工序温度, 增加粗轧机后除鳞和侧吹, 增加精轧前架带钢冷却水, 降低轧辊冷却水温度, 增加轧辊冷却水压力等手段, 头部麻点问题有所减轻, 基本满足绝大多数客户使用。为了彻底根除这一问题, 做了多个对比试验, 目的是找到根本原因, 比如温度高低, 在炉时间长短, 轧辊周期, 单双组除鳞, 冷热坯等多个怀疑与表面质量有较大关联性的因素。经过多次试验对比发现, 这些或多或少会影响到带钢表面质量, 但都是外在原因, 不是麻点产生的根本原因, 只能影响麻点的轻重, 无法决定麻点的有无, 具体如下: (1) 加热时间, 取在炉时间最长的 11 支带钢, 平均在炉时间为 229 分钟, 表面评级 3.27 级, 取在炉时间最长的 11 支带钢, 平均在炉时间为 101 分钟, 表面评级 2.9 级。说明在炉时间越长, 表面质量越差, 表面等级却更差分别为 4 级和 5 级。而太钢坯料在炉时间平均都在 180 分钟以上, 全部 1 级, 在炉时间达到了 360 分钟, 掏芯结果仍然是正常 1 级。(2) 加热温度, 取加热温度超过 1300℃ 的 8 支, 平均为 3.6 级, 取加热温度低于 1290℃ 的 8 支, 平均为 2.8 级, 说明加热温度对表面质量有影响。并且太钢坯料因为 7 道次轧制, 温降较大, 因此均热温度较常规的都高 10℃ 左右, 却表面正常。(3) 除鳞效果, 针对带钢头部存在麻坑现象, 怀疑粗轧偶倒次未除鳞, 会导致压入氧化铁皮, 精轧未除净导致麻坑现象, 对粗轧二、四道除鳞进行了对比试验, 自己掏芯取样, 未发现明显改善。所有华驰计划均投入二、四道除鳞, 但华驰现场仍有头部麻坑问题反馈。(4) 轧辊周期, 在一个使用周期内, 随着公里数的增加, 精轧工作辊表面氧化膜会逐渐形成、增厚、脱落, 带钢次生的氧化铁皮也会对轧辊表面造成磨损, 尤其末期时, 轧辊表面会比较粗糙, 容易导致压入型氧化铁皮, 为了防止此类问题, 将轧辊冷却水压力由 10 公斤提高到 12 公斤, 增加了 F1、F2 带钢冷却水, 以抑制出轧机后的氧化铁皮生成, 减少对轧辊的磨损。取换辊后 1~20 支的掏芯数据 9 支, 平均 1.88 级, 取换辊后 70~80 的掏芯数据 11 支, 平均 2.9 级, 均与换辊周期规律相悖。(5) 冷热坯, 取自产冷坯样掏芯 3 支, 平均 2 级, 取自产热坯样掏芯 32 支, 平均 2.9 级, 说明冷坯表面质量较热坯要好, 因此, 专门做对比试验一次, 取 2 支冷坯与热坯同炉生产轧制, 在同一个换辊前期和后期,

分别两炉装两支冷坯, 并取相邻热坯, 掏芯结果, 前期 1 支冷坯和 1 支热坯表面判定均为 2 级, 后期 1 支冷坯判 2 级, 1 支热坯判 3 级。炉内太钢坯料在炉时间在 360 分钟以上, 虽然是冷坯, 但长时间在炉, 可以等同为热坯长时间在炉, 掏芯取样, 同样为 1 级。(6) 上下表面, 取所有自产坯上下表面做平均值, 上表面平均 2.5 级, 下表面平均 2.3 级, 上表面 2 级, 下表面 5 级, 差异较大, 并且有时上表面重, 有时下表面重, 可以断定加热炉不是主要因素, 因为炉内气氛温度和时间上下表面不可能有明显差异。

(7) 双炉对比, 自产坯单炉: 1#炉 25 支平均 2.56 级, 2#炉 6 支平均 3.16 级, 自产坯双炉: 1#炉 3 支平均 3.67 级, 2#炉 1 支平均 5 级, 双炉时自产坯取样较少, 麻点平均级别高, 但同炉太钢坯料均为 1 级, 应该多取样才能统计真实情况。

## 2.2 取样对比

通过对成品带钢头部、尾部分别进行取样, 检查其表面质量, 2014 年 10 月至 11 月累计共抽取精轧不同轧制周期段的头部样条 83 支, 尾部样条 200 支, 发现带钢头部和尾部、不同轧制周期段带钢表面存在麻坑的样条数量的存在明显差异, 具体统计结果。

可以看出, 发现带钢头部存在麻坑缺陷的样条数量明显比带钢尾部存在麻坑的样条数量比例大。从轧制周期的中期开始, 带钢表面开始产生麻点, 随着继续轧制麻点越来越严重, 形成麻坑, 到轧制周期的末期逐渐形成麻面, 并且存在麻坑缺陷的样条数量越来越多。

## 2.3 精轧工作辊辊面质量调查

由于精轧区是热轧带钢轧制的最后一个工序, 而精轧工作辊与带钢直接接触, 因此精轧工作辊的表面质量也就反映了成品带钢的表面质量, 通过对 2014 年 10 月份精轧 F1-F3 工作辊轧制周期的前中后期辊面质量进行了跟踪和调查, 发现所有 F1-F3 精轧工作辊在相同轧制周期段的辊面质量类似, 宏观形貌

看出, 精轧工作辊辊面氧化膜情况在轧制周期的中期开始逐渐粗糙, 形貌成橘皮状, 随着继续轧制, 辊面变得严重粗糙, 至后期时辊面已经出现大面积氧化膜脱落。

针对这几种现象, 技术人员进行了深入的分析, 最终得出以下两个主因: ①精轧入口带钢头部温度高, 导致再生氧化铁皮生长过快<sup>[1]</sup>; ②轧制中后期精轧工作辊辊面氧化膜开始脱落, 导致辊面粗糙。

## 3 减少带钢表面麻坑的措施

针对精轧入口带钢头部温度高, 轧制中后期精轧工作辊辊面氧化膜脱落这两个主要因素采取了以下措施, 并进行了措施制定和实施。

### 3.1 降低精轧入口带钢头部温度

#### 3.1.1 修订工艺制度

通过重新修订工艺规程, 加热区板坯加热目标温度由

1270~1300℃降至 1250~1270℃, 在炉时间由 110~130min 缩短至 90~110min, 均按照下限控制, 避免冷热混装, 提高板坯的热送率, 加大炉内相邻板坯之间的间距; 粗轧区增加偶道次除鳞; 精轧区带钢入口温度由 950~1030℃降低至 930~1000℃, 防止因为头部温度高, 产生过多的再生氧化铁皮, 在后续的轧制过程中被压入带钢表面。

### 3.1.2 启用机架带钢冷却水

通过利用停车错峰时间, 恢复机架带钢冷却水, 来降低带钢头部温度, 降低再生氧化铁的生长速度, 并且能有效清除带钢头部再生的氧化铁皮和其他杂质, 防止铬伤精轧工作辊。

### 3.1.3 降低带钢冷却水水温

通过增加冷却塔数量和延长冷却塔的开启时间, 来降低带钢冷却水水温, 使带钢能够得到更好的冷却效果。

## 3.2 防止精轧工作辊辊面氧化膜脱落

### 3.2.1 提高轧辊冷却水压力

测量精轧 F1-F3 下机后工作辊身温度, 发现辊身温度高达 65℃, 检查轧辊冷却水水嘴严重堵塞, 而影响辊面氧化膜增长的关键因素就是工作辊的表面温度, 辊身温度越高, 氧化膜越容易增厚, 如果工作辊冷却水不足, 这层氧化膜极不稳定, 很容易开裂、脱落, 造成辊面麻坑、粗糙现象。

通过将轧辊冷却水压力从 0.9MPa 升高至 1.2MPa, 利用停车时间检查水嘴堵塞情况, 并及时清理, 使精轧工作辊得到更充足的冷却。

### 3.2.2 优化轧辊冷却效果

通过调查发现, 精轧前架采用小孔扁豆孔型水嘴, 单位时间内流量小, 角度为 15° 辐射, 辐射面较小, 减缓了轧辊的冷却效果, 从而加快了轧辊的磨损速度, 经过分析, 采用大孔扁豆孔型水嘴和角度为 75° 辐射, 通过调整水嘴角度和水嘴孔径大小, 轧辊的冷却效果明显提高。

### 3.2.3 合理安排轧制计划

通过优化计划顺序, 带钢表面质量要求高、薄规格产品优先轧制。避免宽窄混轧, 防止出现精轧工作辊的不均匀磨损。

### 3.2.4 改善精轧工作辊材质

德龙 1250 线精轧前架采用高镍铬无限冷硬铸铁轧辊, 随着轧辊辊径的减小, 辊身硬度逐渐降低, 耐磨性相应降低, 使轧辊更容易粗糙。

通过经与轧辊厂家协商, 精轧前架轧辊由高镍铬无限冷硬铸铁改为高铬铸铁轧辊, 投入使用效果比较明显, 尤其是轧制的中后期, 轧辊表面质量良好, 完全可以保证带钢表面质量。

## 4 效果验证

通过调整工艺制度、启用机架带钢冷却水、降低带钢

冷却水水温, 使带钢在精轧入口穿带的表面温度明显降低, 从而使再生氧化铁皮的生长速度得到有效的遏制; 通过提高轧辊冷却水压力、调整水嘴型号和角度、优化轧制计划、改善精轧工作辊材质, 精轧工作辊辊面的温度明显降低, 控制在 45~55℃之间, 精轧工作辊辊面的氧化膜脱落情况得到有效控制, 粗糙度明显降低。

针对采取措施后的带钢麻坑进行了调查和统计, 抽取 2014 年 11 月 15 日至 12 月 10 日不同轧制周期段带钢头部样条 47 支, 尾部样条 80 支, 带钢存在麻坑缺陷情况。

可以看出, 带钢表面的麻坑缺陷比例明显减少, 对于存在麻坑的带钢进行原因调查, 发现均是由于工艺温度控制不当造成。针对存在麻坑的带钢进行模拟酸洗, 带钢表面存在非常轻微的小麻点, 最终评级均为一等, 以上带钢表面的麻坑缺陷已不会影响下游客户的正常使用。

除上述已经采取的措施如增加粗轧偶道次除鳞和侧吹, 增加精轧前架带钢冷却水, 提高轧辊冷却水压力, 发现表面异常问题辊提前报废, 严格控制热坯在炉时间并执行停车保温措施之外, 另有一些措施下要继续落实, 具体如下:

(1) 恢复轧辊润滑水功能, 此功能自投产后未正常使用过, 但此润滑水可以减小带钢和轧辊直接的摩擦, 防止轧辊因过度疲劳导致氧化膜提前剥落形成麻坑, 进而影响带钢表面质量。

(2) 利用检修时间更换粗轧机架辊, 除鳞箱夹送辊和一些表面粗糙的辊道等。

(3) 继续进行坯料对比试验, 从目前的掏芯结果看, 太钢坯料无论是单双炉, 温度高低, 在炉时间长短, 轧辊周期前后等条件下, 均未发现麻坑现象, 虽然掏芯数量有限, 但是未接到过此类质量反馈, 跟踪客户使用也未发现此类缺陷。因此有必要进行坯料对比试验, 对于除轧钢以外的其他影响带钢表面质量的因素进行排查对比试验。

## 5 结论

(1) 精轧入口带钢头部温度高, 精轧工作辊辊面粗糙是带钢表面产生麻面的主要原因。

(2) 并且通过采取通过调整工艺制度、启用机架带钢冷却水、降低带钢和调整水嘴型号和角度、优化轧制计划、提高轧辊冷却水压力、改善轧辊材质措施, 有效的减少了热轧低碳带钢麻坑的产生。

### [参考文献]

[1] 黄传清. 热连轧生产中氧化铁皮形成机理与控制[J]. 钢铁, 1997(7): 7-9.

[2] 陈弘杰. 轧钢加热炉节能降耗方法分析[J]. 大众标准化, 2022(21): 127-129.

作者简介: 李振江(1983.4—), 河北大学: 电气工程及其自动化; 德龙钢铁有限公司轧钢厂; 调度长; 无。