热轧酸洗 SPHC 产品表面横纹缺陷研究与治理*

张 奇, 刘 妍, 路 璐

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 表面横纹缺陷是垂直于钢带轧制方向的折叠痕, 稀土钢板材有限责任公司自投产以来, 酸洗 SPHC 产品表面横纹缺陷是生产线面临的主要质量问题, 严重影响成材率和合格率。文章对热轧酸洗 SPHC 产品横纹缺陷产生的机理进行了分析, 研究了化学成分、卷取温度、平整工序、酸洗开卷温度、深弯辊对横纹缺陷的影响, 并采取一系列相应改善措施, 使酸洗 SPHC 产品表面横纹缺陷的发生率大幅度下降, 取得了较好的效果。

关键词: 酸洗; SPHC; 横纹缺陷

中图分类号: TG335 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009 - 5438(2021) 04 - 0035 - 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.04.009

Research and Improvement of Transverse Crack on Surface of Hot Rolled and Pickled SPHC Product

Zhang Qi, Liu Yan, Lu Lu

(*Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The defect of transverse crack on surface is the folded mark vertical to rolling direction of steel belt and the defect of pickled SPHC product has been the main quality problem faced by production line since Rare Earth Steel Plate Co., Ltd. was put into production in commission, which seriously influences the yield and qualified rate. In the article, it is analyzed its mechanism, studied the effects of chemical components, coiling temperature, levelling process, decoiling temperature of pickling and deep bending roll on it as well as a series of related improvement measures are taken so that its occurrence rate is reduced significantly and the effects are better.

Key words: pickling; SPHC; defects of transverse crack

表面横纹缺陷是垂直于钢带轧制方向的折叠痕, 往往出现在低碳钢系列, 带钢打包成卷后再次开卷容易出现此类缺陷, 该类缺陷一般出现在带卷的头部和尾部, 严重时贯通于整卷板面, 手触摸时存在较明显的凹凸感[1]。

自投产以来, 酸洗低碳钢产品 SPHC 屡次因出现表面横纹缺陷停产, 该缺陷是抑制厂内合格率和成材率提高的主要问题。为解决酸洗带钢 SPHC 表面横纹缺陷问题, 进行了相关研究, 深入分析了横纹缺陷产生的原因, 并提出了相应解决措施, 横纹缺陷问题得到明显改善。

1 产品主要工艺流程

酸洗产品 SPHC 的化学成分如表 1 所示, 产品

* **收稿日期**: 2021 - 06 - 09

作者简介: 张 奇(1989 -), 男, 内蒙古包头市人, 硕士, 工程师, 现从事产品开发工作。

采用低碳成分设计。

表1 SPHC化学成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Al_t
≤0.08	≤0.040	≤0.25	≤0.020	≤0.015	0.020~0.050

SPHC主要生产工艺流程:铁水预处理→转炉冶炼→LF精炼→板坯连铸→加热→粗轧→精轧→冷却→卷取→取样、检验→酸洗开卷→焊接→拉矫→酸洗→漂洗→烘干→切边→涂油→卷取→称重→标识→打捆→包装→入库

2 横纹产生机理及影响因素

热轧低碳钢具有明显的屈服平台,带钢在开卷过程中可能受到超过屈服极限的应力,所受变形从弹性区域突变到塑性区域,由于屈服平台的作用,带钢断面上产生不均匀和局部流动变形,发生表面屈服,从而产生横纹缺陷。其产生的微观原因是柯氏气团的"钉锚"效应,溶质原子在与位错发生弹性交互作用时,会偏聚到位错周围,形成"柯氏气团"。此时,位错如果需要运动就必须挣脱气团或者拖动气团运动,这样就使带钢产生了屈服平台[2]。

经过长期的现场跟踪与分析,将影响横纹缺陷产生的因素进行汇总,按照影响的工序分别进行总结,如表2所示。重点对成分及工艺进行优化,以降低横纹缺陷产生的几率。

表2 影响横纹缺陷的因素

工序	影响因素	改善方法
炼钢	化学成分	降低氮含量
热轧	卷取温度	降低卷取温度
平整	平整	增加平整工序
酸洗	开卷温度	降低上线温度
酸洗	深弯辊	对深弯辊进行改造

3 优化措施及优化后效果

3.1 优化氮含量

由于间隙原子的存在,晶格会产生畸变,并在间隙原子周围形成应力场,从而增加位错运动的阻力,钢中常见的间隙原子主要为碳、氮原子,带钢中的碳、氮原子含量越高,对位错的阻碍作用越明显,塑性变形过程中产生的屈服平台就越显著,出现横纹缺陷的几率越高。目前酸洗SPHC产品碳含量已无较大优化空间,主要对氮含量加以严格控制,综合考虑炉外精炼水平及化学成分对性能的影响,将氮含量质量分数控制在0.005%以内。

优化效果如表3所示,当w[N]为0.006%~0.007%时,横纹缺陷率为4.8%,当w[N]控制在0.003%~0.005%,横纹缺陷率降低到3.1%,说明通过严格控制氮含量,横纹缺陷率呈现降低的趋势。

表3 氮含量优化前与优化后横纹缺陷率

阶段	生产卷数/个	w[N]/%	横纹缺陷率/%
优化前	300	0.006~0.007	4.8
优化后	300	0.003~0.005	3.1

3.2 优化卷取温度

横纹缺陷产生的原因是外加应力在局部超过材料的屈服强度造成不均匀变形所致[3-4],当带钢所受的弯曲应力超过临界值时会导致屈服效应的产生,从而增加横纹缺陷发生的几率,因此适当增大屈服强度以提高屈服临界值,可降低横纹缺陷发生的几率。随着卷取温度的降低,钢带冷却速率增加,晶粒尺寸呈现减小的趋势,屈服强度随之升高,因此可通过优化卷取温度实现屈服强度的提高。

卷取温度优化情况如表4所示,卷取温度降低40 ℃,屈服强度平均提高25 MPa,横纹缺陷率由4.6%降低到3.5%,横纹缺陷率略有降低。

表4 卷取温度优化前与优化后横纹缺陷率

阶段	生产卷数/个	卷取温度/℃	屈服强度平均值/MPa	横纹缺陷率/%
优化前	300	640	262	4.6
优化后	300	600	287	3.5

3.3 增加平整工序

采用平整工艺可以明显降低善横纹缺陷发生的几率,对带钢进行轻微的预变形,使变形稍大于屈服延伸区,目的在于让溶质原子钉扎的位错大部分"脱钉",摆脱气团的束缚,从而消除屈服平台,避免横纹缺陷的产生。

未经过平整与经过平整工序横纹缺陷率对比如图 1 所示，未经过平整横纹缺陷率为 5.1%，平整后横纹缺陷率为 2.1%，钢带增加平整工序后横纹缺陷率明显降低，但仅通过增加平整工序不能完全消除横纹缺陷。

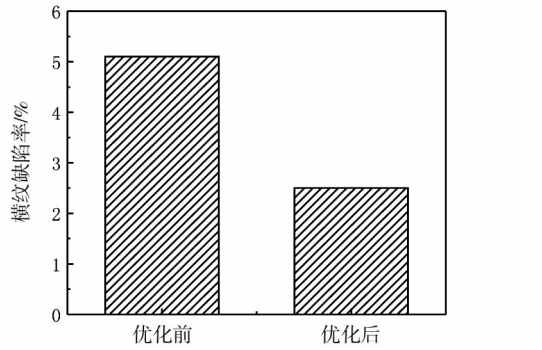


图 1　平整前与平整后横纹缺陷率对比

3.4　优化酸洗开卷温度

开卷温度越高，产生横纹缺陷的几率越高，这是由于当钢带温度过高时，其内部金属原子比较活跃，受到拉力时容易从弹性变形区域跳跃到塑性变形区，在带钢表面产生滑移线，产生横纹缺陷[5-6]。通过大量试验发现当开卷温度高于40 ℃时，横纹缺陷较容易产生，为此将开卷温度列入操作要点，钢带热轧后温度较高时，必须放置在环境中降温，要求开卷温度低于 40 ℃，每班次进行温度检测，并且在原料库区加装风扇，增加空气对流，增大钢卷摆放间隔距离，使热轧卷下线后尽快冷却到室温，缩短生产周期。

开卷温度对横纹缺陷的影响如图 2 所示，随着温度的升高横纹缺陷率呈现上升趋势，当温度低于 10 ℃时横纹缺陷率仅为 0.3%，当开卷温度高于 40 ℃时，横纹缺陷率明显升高。

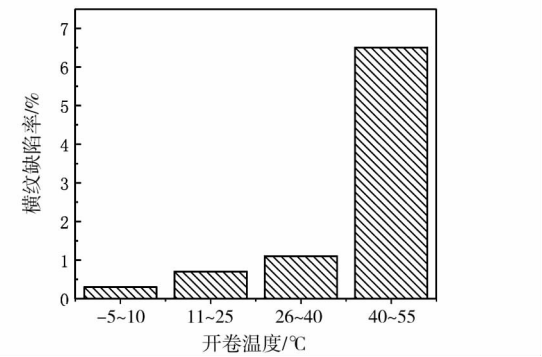


图 2　开卷温度对横纹缺陷率的影响

3.5　深弯辊对横纹缺陷的影响

深弯辊为酸洗机组开卷机的附属设备，动作情况如图 3 所示，通过液压缸伸缩使深弯辊压在带钢表面，其作用是使带钢产生一个反向的弯曲变形，当带钢内部应力与深弯辊对带钢弯曲产生的应力的代数和大于上屈服强度且产生的变形量超出屈服延伸区时就可以避免横纹的产生[7]。因此为避免出现横纹，就要使带钢产生一定的变形量，保证带钢与深弯辊辊面形成较大的包角，以使带钢各断面曲率逐渐变化而没有弯折，带钢表面的塑性变形均匀化、分散化，从而减轻横折的深度。更换辊径较小的深弯辊，可以保证带钢与深弯辊形成更大的包角，更有效地避免横纹缺陷的产生。

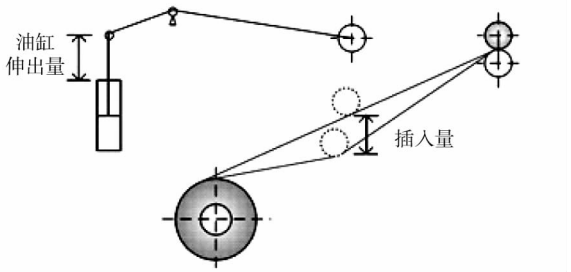


图 3　深弯辊动作情况

优化前深弯辊辊径为 250 mm，抑制横纹缺陷效果较差，对深弯辊进行了改造，更换为 110 mm 辊径，经过多次试验深弯辊对带钢的压力、深弯辊插入量、深弯辊跟随卷径变化的连续性，有效的减少了钢带头尾横纹缺陷长度，钢带头尾横纹缺陷长度从 100 ~ 150 m 降低到 10 ~ 30 m，明显提高了该产品的成材率。

表 5　深弯辊辊径对横纹缺陷的影响

阶段	生产卷数/个	辊径/mm	钢带头尾横纹缺陷长度/m
优化前	300	250	100 ~ 150
优化后	300	110	10 ~ 30

4　结论

(1) 通过对酸洗 SPHC 产品表面横纹缺陷产生机理进行分析，并综合制定了一系列相应的控制措施，酸洗 SPHC 产品的合格率和成材率提高显著。

(2) 降低氮含量、降低卷取温度、增加平整工

序、严格控制钢带上线温度、减小深弯辊辊径均为控制横纹缺陷的有效手段，特别是严格控制钢带开卷温度、减小深弯辊辊径措施对横纹缺陷的改善最显著。

参 考 文 献

[1] 汤佩林. 厚规格低碳钢连退产品横纹缺陷治理技术研究[J]. 轧钢，2016，33(2)：34－38.

[2] 马庆龙，杨利坡，彭艳，等. 冷轧带钢平整时横折印缺陷的产生机理及消除措施[J]. 钢铁，2008，43(1)：45－49.

[3] 岳重祥，李霞，王平，等. 基于屈服平台理论消除酸洗板SPHC表面横折印缺陷的实践[J]. 材料科学与工程学报，2020，38(2)：256－261.

[4] 刘英明，李富强，王野，等. 热轧酸洗卷表面锈蚀及横折印缺陷质量控制[J]. 中国冶金，2014，24(S1)：401－403.

[5] 王进，邵广丰，蒙黔川. 酸洗低碳铝镇静钢板横折缺陷分析与改进[J]. 热加工工艺，2017，46(9)：242－244.

[6] 尹翠兰，康华伟. 平整横折纹产生原因分析与改进措施[J]. 山东冶金，2011，33(6)：23－24.

[7] 祝翠荣. 热轧平整机组中深弯辊的应用[J]. 轧钢，2013，30(5)：15－17.

中文名称	英文	含义
市分[1]		长度的市制单位，为1/300米。
市分[2]		面积的市制单位，为200/3平方米。
市分[3]		质量的市制单位，为0.312 5克。
市斤		质量的市制单位，为500克。
市厘		面积的市制单位，为20/3平方米。
市里		长度的市制单位，为500米。
市两		质量的市制单位，旧时为31.25克，后改为50克。
市钱		质量的市制单位，为3.125克。
丝米	decimillmetre；dmm	长度单位0.1毫米的旧称。
司马斤		中国港澳地区所用的质量单位，为604.79克。
塔尔波特	talbot	光量的非国际单位制计量单位，为1流时秒。
托	torr；Torr	流体压力的非法定计量单位，为133.322帕斯卡。
微巴	microbar；μbar	声压的非国际单位制计量单位，为0.1帕斯卡。
微英寸	microinch；μin	长度的英制单位，为25.4纳米。
新烛光	new candle；bn	发光强度的非法定计量单位，为1塔德拉。
药衡盎司	apothecaries ounce；ap oz；oz apoth	质量的英制单位，用于药物，为31.103 5克。
液盎司	fluid ounce；fl oz	体积、容积的英制单位，为28.413 1立方厘米(英)或29.573 5立方厘米(美)。