

镀锌板纵向色差缺陷成因的有限元分析及控制

石磊¹, 王兴东¹, 彭炜², 李友荣¹, 陈晓文²

(1. 武汉科技大学 冶金装备及其控制教育部重点实验室, 武汉 430081;

2. 武汉钢铁股份有限公司冷轧总厂, 武汉 430083)

[摘要] 针对某冷轧厂光整机生产极限宽度规格的镀锌板产生纵向色差的问题, 基于有限元方法, 建立了四辊光整机的辊系模型, 分析了纵向色差产生的原因, 并进一步对支撑辊辊型进行了局部优化。随后的生产实践证明, 优化后的辊型解决了纵向色差问题, 提高了光整质量和轧辊的使用寿命。

[关键词] 光整机; 色差; 辊型; 优化

[中图分类号] TQ153.1; TP391.9

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2012)02-0090-03

FE Analysis of Edge Defects Cause and Defects Control for Skin-passed Galvanized Strip

SHI Lei¹, WANG XING-dong¹, PENG Wei², LI You-rong¹, CHEN Xiao-wen²

(1. Key Laboratory of Metallurgical Equipment & Control Technology, Ministry of Education, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China; 2. Wuhan Iron and Steel Ltd. Co., Wuhan 430083, China)

[Abstract] In order to solve the edge defects problem of galvanized strip at temper mill line, based on FE analysis, the causes of longitudinal edge defects were analyzed. In addition, the shape of mill roll was optimized according to the reasons of edge defects. The test results indicate that the new rolls not only improve the distribution of rolling pressure and solve the problems of edge defects but also improve the quality of skin-passed galvanized strip.

[Key words] temper mill; edge defects; roller shape; optimization

近年来, 对于汽车和家电用镀锌板的板形和表面质量要求很高, 为控制板形和表面质量, 镀锌板生产线配置了光整机。国内某冷轧厂光整机在轧制极限规格 1 550 mm 带钢时, 新支撑辊使用 2 周后, 带钢两边会出现 150 mm 宽的纵向色差, 严重影响板面质量, 必须换辊, 而生产其它规格的带钢, 支撑辊的换辊周期为 4 周。

国内外学者针对光整色差进行了一定的研究。Anon^[1]详细地论证了板凸度、辊型对板形控制的影响; Zhenghua Bai 等^[2]在提出带材色差影响函数、轧辊色差影响函数以及色差综合控制目标函数的基础上, 提出了色差综合控制模型; 李俊洪等^[3]针对光整热镀锌板的生产工艺特点, 以带材前张应力横向均匀分布作为目标函数, 建立了针对热镀锌光整机的辊型曲线设计数学模型, 有效改善了光整色差。根据生产实践经验, 带材表面出现色差可能是因为带钢表面轧制压力局部过大, 或是辊间接触应力不均匀, 使得轧辊表面

出现色差, 而后映射到带钢表面^[4]。文中采用三维弹塑性有限元法建立了四辊光整机辊系模型, 从辊间接触应力分布和辊型等方面探讨光整色差产生的原因与解决措施。

1 有限元模型的建立

为分析轧制时轧辊之间、轧辊与带钢之间的应力, 确定色差的产生原因, 按照现场工况和具体结构参数 (详见图 1), 利用有限元分析软件对辊间的接触应力进行分析。

带钢为弹塑性体, 轧辊为弹性体, 定义工作辊与支撑辊之间的接触、工作辊与带钢之间的接触。模型选择六面体实体单元, 在支撑辊的刚性轴承座附加节点上施加轧制力, 并在工作辊的刚性轴承座附加节点上施加弯辊力, 实现静态轧制的模拟, 图 2 为建立好的光整机辊系有限元模型。

[收稿日期] 2011-11-30; **[修回日期]** 2011-12-27

[作者简介] 石磊 (1981—), 男, 江苏扬州人, 硕士生, 主攻冶金设备故障诊断。

[通信作者] 王兴东 (1970—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为冶金机械的力学分析、强度及工作行为, 机电系统计算机建模及仿真。

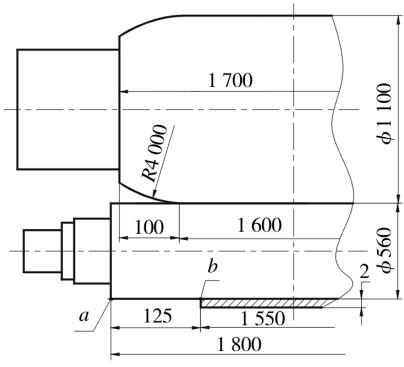
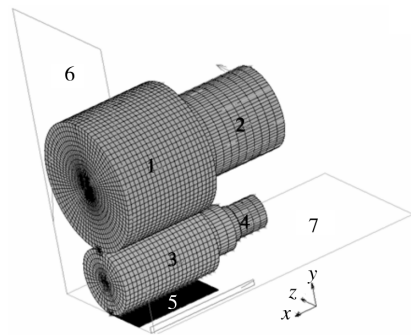


图 1 原始辊型结构
Fig. 1 Original roll shapes of temper mill



1,3,5—支承辊、工作辊、轧件(可变形体);2,4—支承辊、工作辊轴承座(刚体);6—工作辊、支承辊、轧件宽度方向的对称面;7—轧件厚度方向的对称面

图 2 光整机有限元模型
Fig. 2 FE model of the temper mill

2 色差原因的分析

根据实际工况,利用轧制有限元模型,在支撑辊轴承座上加加载轧制力 1 025 kN,在工作辊轴承座上加加载 -147 kN 的弯辊力,计算求解。

2.1 带钢表面的应力

根据在稳定轧制条件下有限元模型的计算结果,绘制出工作辊与带钢接触线上的应力分布曲线,如图 3 所示。图 3 中点划线 L 代表带钢边部开始位置(L 对应图 1 中 b 点),横坐标上 0 mm 为工作辊辊身左端面位置(图 1 中 a 点),900 mm 处为工作辊辊身中部位置。为深入研究带钢边部色差问题,从距工作辊辊身左端面 125 mm(图 1 中 b 点)到 275 mm 的区域,每隔 15 mm 提取一个特征点,共 10 个点,分析应力变化,结果见表 1。

由表 1 可知,带钢表面 10 个特征点的应力值非常接近,最大应力与最小应力的差值小于 30 MPa。由图 3 可知,在整个轧制区,应力分布较为均匀,无明显的应力过大点。因此可以认为,带材表面出现纵向色差

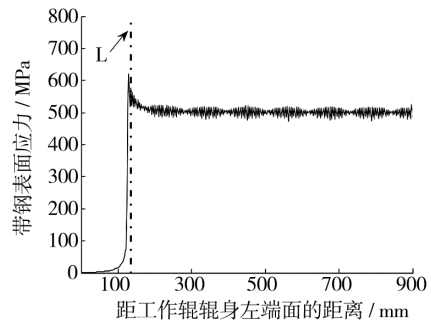


图 3 带钢表面应力分布
Fig. 3 Stress distribution of strip

表 1 带钢边部特征点应力

Tab. 1 Stress of characteristic points of strip					
特征点	1	2	3	4	5
应力/MPa	546.52	531.31	518.24	516.56	517.12
特征点	6	7	8	9	10
应力/MPa	519.33	518.11	517.34	516.16	514.78

不是轧制压力局部过大引起的。

2.2 辊间接触应力

选取在稳定轧制条件下工作辊与支撑辊辊间接触区上的一系列节点,绘制出辊间应力分布曲线,如图 4 上“优化前”曲线所示。按照 2.1 节的方法提取特征点,分析应力变化,结果见表 2。

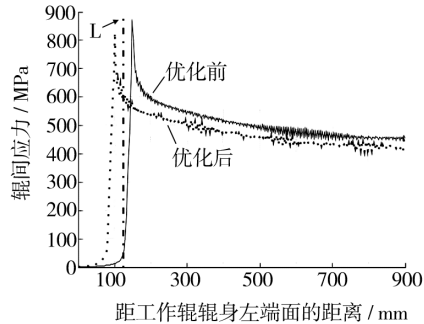


图 4 辊间应力分布
Fig. 4 Stress distribution between rolls

表 2 工作辊特征点应力

Tab. 2 Stress of characteristic points of work roll					
特征点	1	2	3	4	5
应力/MPa	28.98	185.38	867.83	668.43	629.72
特征点	6	7	8	9	10
应力/MPa	609.34	593.42	593.42	568.78	553.62

由表 2 可知,10 个特征点的应力非常不均匀,最大应力与最小应力的差值大于 800 MPa。由图 4 中的优化前应力曲线可知,在整个接触区域,特别是 125 mm 到 275 mm 的区域,应力变化非常大,而此区域正好对应于带钢纵向色差的位置。在如此辊间应力分布不均匀的情况下,轧辊表面磨损不均匀,先形成因粗糙度不均匀产生的色差,而后映射到带钢表面^[5]。

弯辊力的调节作用使得带钢表面的应力分布较为均匀(见图3),但由于辊间应力峰值的存在使得工作辊与支撑辊磨损,轧辊磨损后,带钢表面应力的分布必然会很不均匀,导致2周就需更换支撑辊。

3 色差控制与辊型的优化

由前面的分析可知,控制镀锌板纵向色差缺陷的关键在于设计合适的辊型,使轧制区域的辊间压力分布均匀。根据轧辊的辊型可知,支撑辊的辊型为平辊加边部过渡圆弧,工作辊的辊型为圆柱形。在实际使用过程中,支撑辊边部过渡圆弧处和工作辊没有完全接触,就可能造成工作辊轧制区的载荷分布不均,引起粗糙度磨损不均匀,形成带钢表面的色差^[6]。因此,原始辊型的有效轧制宽度只有1 500 mm,在轧制极限规格1 550 mm时会出现边部色差。

影响轧辊寿命的主要原因之一是轧辊表面的交变接触应力,在过高的交变接触应力下,会产生接触疲劳破坏^[7-8]。为减少边部纵向色差且不影响轧辊使用寿命,保持支撑辊的其它参数不变,将支撑辊的曲线长度修改为50 mm,曲线半径修改为4 200 mm,如图5所示,则光整机的理论有效轧制宽度可增加至1 600 mm。

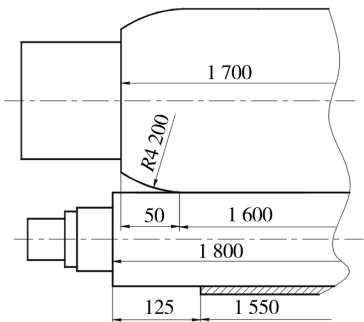


图5 优化后的辊型
Fig.5 Optimized roll shapes

为了验证辊型优化后的效果,建立了优化后的有限元模型,同样绘制出辊间应力分布曲线,见前文图4上“优化后”曲线。仍然提取10个特征点分析应力,特征点的提取与前面相同,结果见表3,并与优化前的应力(见表2)进行对比。

表3 优化后工作辊特征点应力

Tab.3 Stress of characteristic points of optimized roll					
特征点	1	2	3	4	5
应力/MPa	586.25	559.81	555.79	544.59	543.44
特征点	6	7	8	9	10
应力/MPa	540.69	536.84	531.27	522.39	516.33

由表3可知,在125 mm处到275 mm处(对应带钢边部0到150 mm处),优化后的特征点应力分布较

为均匀,最大应力与最小应力的差值控制在70 MPa以内,远远小于优化前的差值。由图4中的优化后应力曲线可知,优化后在125 mm到275 mm的区域(带钢纵向色差产生的区域),应力变化比较均匀,而优化前在此区域的应力变化非常大。优化后,整个辊身上的最大接触应力与优化前的接近,这也保证了轧辊的使用寿命,支撑辊换辊周期由原来的2周提高到4周。通过近一年的现场跟踪观察,镀锌线光整机在生产1 550 mm带钢时,边部色差已完全解决,支撑辊倒角也未发现有异常损伤,说明对支撑辊辊型的优化是成功的。

4 结语

运用有限元分析方法对带钢纵向色差的原因进行分析,在此基础上对轧辊进行了局部优化,经过有限元模型的模拟验证和实际运用,证明辊型优化是成功的。辊型的优化解决了光整机加工极限宽度带钢出现纵向色差的问题,提高了轧辊的使用寿命,同时对辊型的设计也具有参考价值。

[参 考 文 献]

[1] Anon. Shape Control in Cold Rolling by Combining Variable Crown and Roll Bending[J]. Steel Times International,1997,21(2):34-37.

[2] BAI Zheng-hua, YANG Li-po. Study on Roll Shape Setting Technology of the Hot Galvanizing Planishing Mill [J]. Journal of Iron and Steel,2007,14(1):33-36.

[3] 李俊洪,樊华,李卫东,等. 热镀锌线光整机辊型曲线设计[J]. 钢铁,2007,42(7):43-48.

[4] 白振华,刘宏明,李秀军,等. 平整轧制工艺模型[M]. 北京:冶金工业出版社,2010:177-181.

[5] 连家创,刘宏民. 板厚板形控制[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.

[6] 白振华,连家创,刘峰,等. 宝钢2050热轧厂平整机辊型优化技术的研究[J]. 钢铁,2002(9):35-39.

[7] 徐辑彦,王丽梅. 影响冷轧辊用钢使用寿命的研究[J]. 松辽学刊,1998(2):68-69.

[8] ALIYA D. What Failure Analysis can do for the Machine Designer, Operator, Diagnostician, and Prognostician [J]. Journal of Failure Analysis and Prevention,2010,4(4):50-57.