

冷轧板表面纵向色差产生机理及控制策略

Formation Mechanism and Related Control Strategy of Longitudinal Color Difference on Surface of Cold Rolled Sheet

供稿|焦坤, 王洪斌, 王亚东, 姜文超, 赵潇逸, 卢秉仲 / JIAO Kun, WANG Hong-bin, WANG Ya-dong, JIANG Wen-chao, ZHAO Xiao-yi, LU Bing-zhong

内
容
导
读

冷轧板表面质量的要求越来越高。冷轧辊表面粗糙度及平整工艺均对冷轧板表面纵向色差有不同程度的影响。本文通过调整热轧油、调整冷轧辊表面粗糙度、平整辊表面粗糙度等工艺参数,可有效减轻或消除纵向色差缺陷,为进一步改进工艺提供理论依据。

冷轧汽车板对表面质量有着极高的要求, O5 级冷轧板不但要求光学检验无缺陷, 而且要经油石打磨无缺陷^[1]。冷轧板表面的纵向色差缺陷不仅对冲压件表面质量具有严重的不良影响, 也影响涂装后的外观质量, 从而造成冷轧板表面的降级, 这直接影响下游工序生产和用户使用^[2]。因而发现并找出冷轧板表面的纵向色差缺陷产生机理, 为进一步改进工艺提供理论依据, 对消除此类缺陷及提高冷轧板表面实物质量具有重要意义。

纵向色差形貌特征及检验分析

形貌特征

纵向色差缺陷普遍存在于冷轧钢板中。在生产实践中发现, 纵向色差缺陷比较明显地显现于超低

碳钢种上, 分布于整个板宽方向并且出现呈明暗相间的条纹形貌, 经油石打磨后, 形貌明显且界限分明, 宽度一般在 5~15 mm。

检验分析

利用扫描电镜观察冷轧超低碳钢 DC06 钢板表面明暗条纹区域微观形貌, 用能谱仪分别进行微区成分分析, 并分别测量不同区域的表面粗糙度。如图 1 所示, 从微观形貌看, 明处区域即正常区域, 分布着来自于轧辊复制而来的大小不一的毛化坑, 此毛化坑有基本一致的形态且均匀分布^[3], 毛化坑之间的表面纹理是通过均匀轧制而形成, 清晰、连续且稳定; 暗处区域即色差区域, 微观表面毛化坑分布不均匀, 毛化坑边缘不规则也不完整, 且无明显轧制纹理。能谱分析结果见表 1, 明、暗条纹处的表

面化学成分均为 Fe, 没有其他的类似于非金属夹杂物的成分。对其它的色差区域进行测试, 其结果均相同, 这说明色差区域的形成与非金属夹杂物没有

必然联系。从表 1 中粗糙度测量结果可以看出暗处区域与明处区域粗糙度存在明显差异, 暗处区域粗糙度较大。

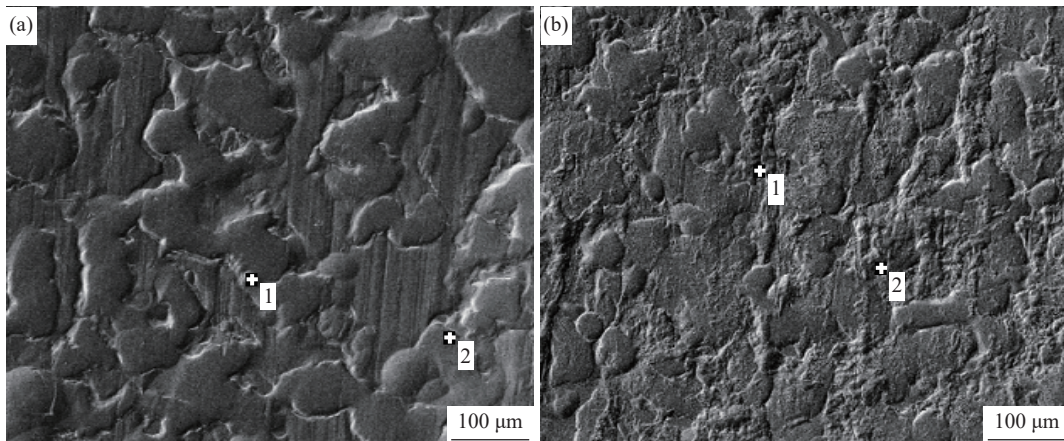


图 1 DC06 钢板表面明暗条纹区域微观形貌: (a) 明处区域; (b) 暗处区域

表 1 DC06 钢板表面不同区域的主要化学成分及表面粗糙度 R_a

微观区域	化学成分(质量分数, %)		R_a (样本数500)/ μm
	检测位置	Fe	
明处区域	a1#	100	0.971~1.243
	a2#	100	
暗处区域	b1#	100	1.184~1.796
	b2#	100	

纵向色差产生机理

超低碳钢表面较易出现纵向色差缺陷, 说明该缺陷与钢种制工艺参数及特性轧有关。为此, 考虑到现场生产实际, 对影响带钢表面粗糙度的影响因素进行分析。

热轧工序

热轧油的投入可使带钢和轧辊表面形成一层润滑膜保护带钢, 使得在轧制过程中氧化铁皮大大减少从而改善带钢表面质量^[4]。且润滑膜起到隔离作用, 减少带钢和轧辊接触面积, 同时带钢和轧辊表面的大量微凸体被润滑剂填充, 促使带钢和轧辊表面成为“平”的接触, 有效减弱轧辊和带钢之间微凸体的黏着、焊合及大的微凸体犁过界面的作用, 最终轧辊和带钢表面的摩擦和粗化程度相比不润滑时显著减轻, 带钢表面粗糙度可降低 20%~30%^[5]。假使带钢表面有较大粗糙度, 由于表面张力的作用,

容易改变乳化液流动方向, 纵向条状分布出现在轧制过程中, 乳化液厚的区域有相对较小的轧制力, 带钢原始表面粗糙度由于偏厚的油膜得以保留, 削减轧辊对带钢的转印效果, 而乳化液薄的区域转印效果明显, 所以带钢表面粗糙度大, 易使带钢表面出现纵向色差。热轧油的投入可有效的降低带钢表面粗糙度, 改善乳化液在带钢表面分布状态, 促使乳化液在带钢表面均匀分布, 从而减轻纵向色差。

冷轧工序

在冷轧过程中, 冷轧末机架主要进行平整、压下率很小; 而压下量都比较大的是上游机架, 一般可以达到 30% 左右, 此时带钢的表面转印出现轧辊表面的大部分特征^[6], 且随着轧制长度数的加大, 轧辊表面粗糙度的衰减不是均匀增大。因此上游机架冷轧辊表面粗糙度对纵向色差缺陷的影响较大。调整平整辊粗糙度可在一定程度上减轻带钢表面缺陷。研究表明: 平整辊表面粗糙度 R_a 和峰值数分别为 0.80~1.20 μm 和 130~170 个, 可使带钢表面纵向条纹缺陷明显减轻甚至消除^[7]。适当的平整延伸率可以使平整辊表面粗糙度有效的传递到带钢表面上, 并能通过平整延伸率的不同来控制带钢表面粗糙度的大小。因此根据不同钢种调整平整辊表面粗糙度和平整延伸率, 可一定程度上减轻或者消除纵向色差缺陷。

纵向色差控制策略

热轧工序工艺参数控制

热轧工序生产前对热轧机组机架间喷嘴、上下工作辊表面质量进行检查，确认均处于良好状态。

表2 试验钢种及参数

钢种	规格/mm	机架热轧油比例/%						
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
DC04	3.5×1350	0.35	0.45	0.43	0.38	0.30	0.20	0.16
DC06	3.5×1630	0.37	0.48	0.45	0.40	0.35	0.25	0.16

表3 试验钢种工艺及热轧板表面粗糙度 R_a

钢种	终轧温度范围/°C	终轧命中率/%	卷取温度范围/°C	卷取命中率/%	$R_a/\mu\text{m}$ (样本数500)
DC04	894~901	100	697~734	99.87	0.815~1.574
DC06	891~904	100	717~734	100	0.982~2.856

冷轧工序工艺参数控制

冷轧工序生产前对冷轧机组机架喷嘴、上下工作辊表面质量进行检查，确认均处于良好状态。冷轧辊轧制情况见表4。对生产结束后的工作辊进行油石打磨检查，轧辊表面未发现明显通过原料转印来的色差缺陷，冷硬板经油石打磨表面质量良好，无明显可见的色差缺陷，冷硬态钢板粗糙度测量结果见表5。

在连退工序出口检查台对带钢表面进行油石打

表5 带钢不同处理阶段的情况

钢种	冷硬板 $R_a/\mu\text{m}$ (样本数500)	平整辊 $R_a/\mu\text{m}$	平整延伸率/%	退火板 $R_a/\mu\text{m}$ (样本数500)
DC04	0.737~0.863	2.5~3.0	0.5~0.7	0.832~1.275
DC06	0.773~0.985	2.5~3.0	0.6~0.7	0.973~1.365

微冲后表面检验

分别对试验钢种每个分卷取样并进行微冲实验，冲压后试件表面质量良好，除外来粉尘杂质导致试件表面个别位置有轻微凹凸痕外，无任何原板经冲压可能导致放大的缺陷形貌。试件经油石打磨后，表面质量良好，无任何明显可见缺陷，如图2所示。

结束语

(1) 冷轧板表面纵向色差宏观表现为明暗相间条

热轧过程中热轧油比例控制情况见表2。

试生产 DC04 及 DC06 产品的工艺参数及热轧板粗糙度见表3。热轧后带钢表面质量良好，仅 DC06 的表面粗糙度略大于 DC04。

磨检查，确认带钢表面质量良好，均未发现明显可见的纵向色差缺陷。取样测量退火态钢板表面粗糙度，退火态钢板粗糙度测量结果见表5。

表4 冷轧辊表面粗糙度及轧制里程

机架	冷轧辊表面粗糙度/ μm	冷轧轧制里程/km
F1	0.9	35
F2	0.9	55
F3	0.5	77
F4	0.5	25
F5	2.6	23

纹，微观检验为粗糙度不均。

(2) 冷轧原料表面粗糙度不均，导致轧制时乳化液沿纵向分布形成纵向色差；冷轧辊表面粗糙度及平整工艺均对纵向色差有不同程度的影响。

(3) 通过投热轧油，调整冷轧辊表面粗糙度、平整辊表面粗糙度等工艺参数，生产结束后在连退检查台确认带钢表面无明显可见纵向色差缺陷。

(4) 微冲后检验试件表面质量良好，通过工艺控制可有效减轻或消除纵向色差缺陷。

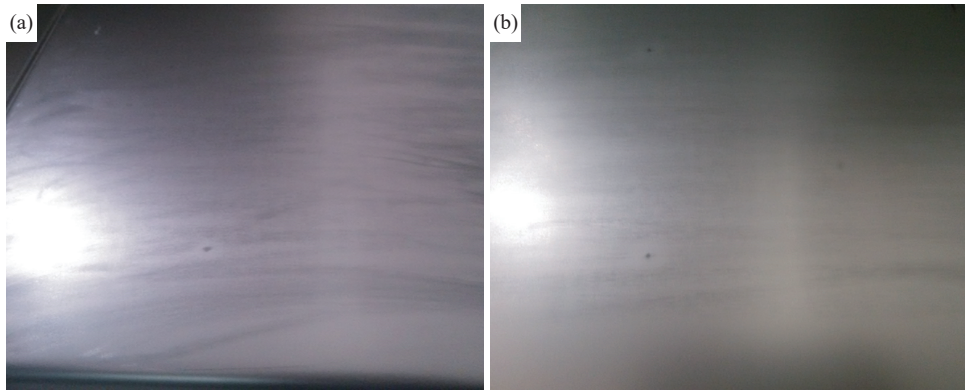


图2 油石打磨后试件表面质量: (a)DC04; (b)DC06

参考文献

- [1] 于洋, 王林, 张喜榜, 等. 热轧薄板等间距纵向条纹产生机制及控制策略. *钢铁*, 2015, 50(8): 51
- [2] 郭太雄, 钟声, 贾斌, 等. 冷轧薄板表面条痕缺陷成因及预防. *轧钢*, 2000, 17(6): 22
- [3] 康永林. 现代汽车板工艺及成形理论与技术. 北京: 冶金工业出版社, 2009
- [4] 冯春荣. 热轧润滑轧制技术的应用研究[学位论文]. 沈阳: 东北大学, 2008
- [5] 张蓟泉, 张帆. 带钢表面氧化缺陷的产生与预防. *鞍钢技术*, 2013(2): 1
- [6] 白振华, 王俊飞. 冷连轧机成品板面粗糙度控制技术的研究. *钢铁*, 2006(11): 23

- [7] 李俊, 储双杰, 关海玲. 一次冷轧荫罩钢带及其制造方法: 中国专利, 200510027400.2

作者简介: 焦坤 (1993—), 女, 辽宁本溪人, 工程师, 2022年毕业于辽宁科技大学材料科学与工程专业, 主要研究方向: 汽车用高强钢组织性能优化及应用技术研究。通信地址: 117000 辽宁省本溪市平山区氧气路6号, E-mail: 904137666@qq.com。

通讯作者: 王洪斌 (1970—), 男, 辽宁鞍山人, 辽宁科技大学教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 冷轧钢生产工艺优化。通信地址: 114000 辽宁省鞍山市铁东区辽宁科技大学材料与冶金学院, E-mail: whb605@163.com。