除鳞压力对桥壳钢板表面色差影响的研究*

戴 鑫[1,2], 杨吉春[1], 张满全[2], 赵 超[2]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 355QK, 460QK 是包钢宽厚板生产线专门为某大型企业生产的汽车桥壳用钢板, 用于载重卡车的后桥。作者通过对桥壳钢板表面色差问题的研究, 利用质量工具分析除鳞过程中的压力波动。找到了导致桥壳钢板表面出现色差的原因, 并提出了改进措施, 取得了良好的效果。

关键词: 桥壳钢; 表面色差; 除鳞压力
中图分类号: TG337 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2017) 05 - 0034 - 03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.05.010

Study for the Effect of Descaling Pressure on Color Difference of Axle Housing Steel Plate Surface

DAI Xin[1,2], *YANG Ji - chun*[1], *ZHANG Man - quan*[2], *ZHAO Chao*[2]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
2. *CSP Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: 355QK, 460QK are steel plates produced in wide plate production line of Baotou Steel and used in automotive axle housing for some large enterprise, and they are used in the rear axle of loading truck. Based on the study of color difference on the surface of axle housing steel plate, the pressure fluctuation in descaling process is analyzed by means of quality tools. The reasons causing color difference on the surface of axle housing steel plate are found, and improvement measures are put forward, having achieved a good effect.

Key words: rear axle housing steel; surface colour difference; descaling pressure

355QK, 460QK 是包钢宽厚板生产线专门为某大型卡车企业生产的汽车桥壳用钢板, 用于重型载重卡车的后桥。在这些生产的桥壳钢板表面, 经常会出现红色的氧化铁皮缺陷, 俗称“色差”。严重影响了客户的使用。对于重型载重汽车, 后桥承担着路面经车轮传递的各种力矩, 冲击载荷及汽车的满载荷负重, 同时。后桥又是主减速器、差速器、半轴的装配基体。所以, 载重汽车后桥对于车辆的行驶安全及使用寿命有着极为重要的意义。载重汽车后桥在服役期间的行驶环境差, 行驶的路况差。涂漆是保证后桥基体不被腐蚀, 保障安全良好服役的重要工序。桥壳钢板表面质量的好坏直接影响涂漆的质量。所以, 大型的卡车生产集团都对桥壳钢板的表面质量要求十分苛刻。包钢薄板坯连铸连轧厂生产的 355QK—460QK 桥壳钢板, 表面经常会出红色的氧化铁皮缺陷, 俗称“色差”。这种色差在经过喷砂工序后, 钢板表面会出现有深度的暗纹, 严重影响后续的喷漆质量。尽管这些暗纹的深度不超国标,

* 收稿日期: 2017 - 06 - 30
作者简介: 戴鑫(1986 -), 男, 内蒙古包头市人, 在读硕士, 工程师, 现从事轧钢工艺研究工作。

中国知网 https://www.cnki.net

但是用户也提出了质量异议。所以，为了达到用户的要求，同时研究这种表面缺陷出现的机理，提高钢板的表面质量，薄板厂决定对 355QK、460QK 表面色差问题进行系统研究。

1　桥壳钢板表面色差的 XRD 分析

板坯在加热炉加热过程中会生成氧化铁皮，称为一次氧化铁皮或炉生氧化铁皮、初生氧化铁皮[1]。在良好的加热制度下，通常在经过除鳞机后可以很好的去除。在粗轧过程中生成的氧化铁皮称为二次氧化铁皮。这个过程包括粗轧轧制过程和从粗轧向精轧运送及待温时产生的氧化铁皮。因为此时板还温度仍很高，其表面还会继续氧化生成氧化铁皮。二次氧化铁皮的生成温度一般为 600 ~ 1 250 ℃，其厚度一般为 10 ~ 20 μm。一般来讲，在粗轧轧制的过程中，都会有不止一次的机架除鳞来去除二次氧化铁皮。从现场观察到的情况来看，轧制过程中的二次氧化铁皮也得到了很好的去除。在精轧过程中生成的氧化铁皮称为三次氧化铁皮。这个过程包括在精轧轧制过程中产生的氧化铁皮和在随后的 ACC 及冷床上产生的氧化铁皮。三次氧化铁皮在轧制过程中的形成时间很短，其氧化铁皮的形成受粗轧轧后钢板的表面质量，精轧的开、终轧温度，轧制速度，轧辊状态等诸多方面的影响，是最终钢板表面氧化铁皮性质及形态最直接的产生原因，也是整个氧化铁皮生成最复杂的部分[2]。

热轧宽厚板表面的氧化铁皮一般由三层铁的氧化物组成，即最外层的三氧化二铁(Fe_2O_3)，中间层的四氧化三铁(Fe_3O_4) 和最内层的氧化亚铁(Fe0) 。为了方便分析，表 1 列出了铁的氧化物分布的位置及特性。从氧化铁皮的扫描结果可以看出，外层三氧化二铁较薄，而四氧化三铁和氧化亚铁层较厚。其中外层的 Fe_2O_3 呈褶皱状，部分块状鼓起，中层的 Fe_3O_4 呈现颗粒蜂窝状; 内层的 Fe0 呈现细小颗粒状，附着在基体上，根据基体晶界可以明显地发现其呈族状。

表 1　钢板表面氧化铁皮的位置及性质

位置	成分	颜色	性质	延展性
外层	Fe_2O_3	红色	较致密	脆性较大
中间	Fe_3O_4	黑色	致密而无裂纹	塑性良好
内层	FeO	蓝灰色	疏松多孔	脆性较大

通过使用 XRD 仪器对钢板表面氧化铁皮的粉末进行扫描分析，并通过电脑的数据记录和分析处理，可以得到试样的 XRD 扫描分析图谱，对所得到的 XRD 图谱进行处理利用 MDI - Jade - 6.5 处理软件给所得到的图谱导入 PDF 卡片，并选定所需要分析的成分含量，对图谱中的各个峰值进行成分确定，并找到图谱中每一个峰值所对应的成分，通过对这些不同的峰值进行分析可以得到钢板表面氧化铁皮中所含有的物相及成分含量。在利用 Origin8 Pro SR4 软件对处理后的数据进行图谱绘制，并在所绘制好的图谱中标定较高峰值所对应的成分名称，得到了如图 1 所示的钢板表面氧化铁皮物相组 XRD 图谱。其中横坐标 A 表示时间递耗值 theta(deg.) ，纵坐标表示电子强度 intensity(cps) 。

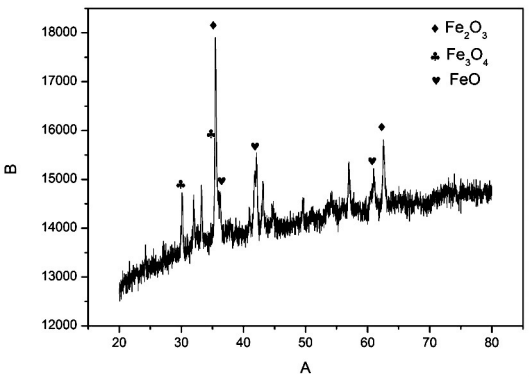


图 1　钢板表面氧化铁皮物相组成的 XRD 图谱

通过对钢板表面氧化铁皮物相组成的 XRD 图谱分析可以知道，试验所用的钢板表面氧化铁皮是由 Fe_3O_4、Fe_2O_3 和 FeO 这三种氧化成分组成，其中 Fe_2O_3 在氧化铁皮中所占成分比例较大，其次为 Fe_3O_4、FeO。由于 Fe_2O_3 是红色的，这种 Fe_2O_3 所占比率过大的氧化铁皮在钢板表面也显现为红色。与正常灰黑色的氧化铁皮有明显的差异。所以，将这种差异简述为“色差”。同时，由于 Fe_2O_3 的硬度高，在轧制过程中容易压入钢板表面，导致桥壳钢板在喷砂工序后形成略有深度的暗纹。

2　除鳞工艺对于色差的影响

氧化铁皮对带钢表面质量产生影响主要体现在一次氧化铁皮或者二次氧化铁皮在除鳞箱内由于除鳞机水压的不足或者氧化铁皮与基体的结合力太大而导致的铁皮去除不净，使带钢表面出现部分或者大面积的红锈及麻点、针眼等表面缺陷[3]。清除氧化铁皮通常有三种方法: 一是机械的方法，用破磷机

中国知网　https://www.cnki.net

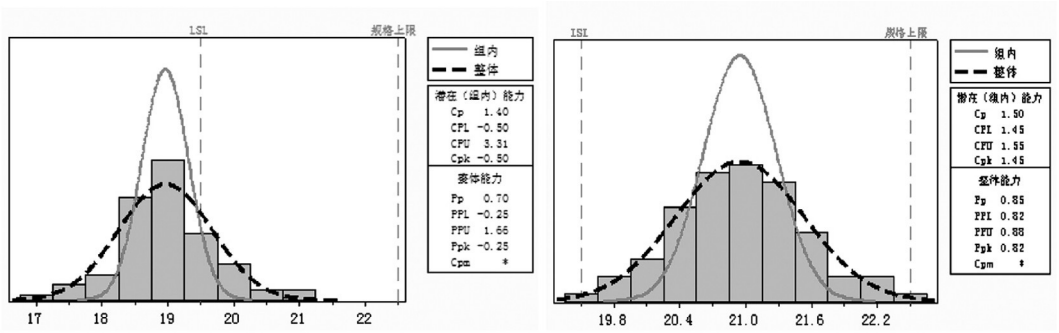
压碎氧化铁皮。二是爆破的方法，用食盐、柳条、竹条等撒在钢坯表面上，轧制时爆破，将氧化铁皮崩掉。三是用变形的方法，用设备将钢坯进行变形，因氧化铁皮的延伸率、朔性较差，使氧化铁皮与钢坯的接合面脱落而分离。四是用高压水冲击清除氧化铁皮。现在的宽厚板生产线广泛采用了高压水除鳞的方法[4]。

包钢宽厚板轧制阶段的工序为：加热 → 除鳞机除鳞 → 粗轧 → 精轧 → 矫直。其中除鳞机设置在推钢式炉出炉辊道下游除鳞辊道上。用于去除板坯在加热过程中表面产生的一次氧化铁皮。高压水除鳞装置设有2组喷射集管，可单独使用，也可同时使用。上集管高度可根据板坯厚度进行调整。除鳞箱入/出口设有可双向摆动的挡水板，以防止除鳞水和氧化皮飞溅。最大除鳞压力为22 MPa。除了除鳞机之外，还在粗轧机、精轧机的机架前后安装了除鳞装置，除鳞压力与除鳞机相同，用以去除在轧制过程中产生的二次，三次氧化铁皮。

3 除鳞系统的过程能力分析

影响除鳞工艺的有关喷嘴参数分别为除鳞水喷射角、喷嘴流量、水的压力、垂直喷射高度。在这些参数中，除鳞压力由于工作原理的原因，始终处于一个波动状态。而打击力和系统压力成正比。即系统的除鳞压力增加一倍，打击力也增加一倍。通过对生产钢板表面进行跟踪，发现局部钢板表面存在红色氧化铁皮缺陷。通过对缺陷的产生区域进行判断，可能是除鳞系统在工作过程中，除鳞压力波动导致钢板部分氧化铁皮去除不干净，产生色差缺陷。

采用质量工具中的过程能力分析模块，随机调查80块钢板的最低除鳞压力，并分析其过程能力（如图2所示）。



（a）有色差 （b）无色差

图2 钢板除鳞最低压力的过程能力分析

通过对80块钢板不同时间轧制板坯的最低除鳞压力进行过程能力分析，C_p 值为1.4，说明除鳞压力的过程能力充分。但是 C_{pk} 值为 -0.5，分布中心偏离，除鳞的最低压力经常小于技术附件规定的下限要求。同时说明不合格是由某个系统原因导致。

除鳞系统压力的工作模式为：除鳞泄压 → 压力减低至设定升压值 → 除鳞泵升速补压 → 系统压力到降压设定值 → 除鳞泵降速停止补压。随着除鳞的继续，除鳞系统的压力也进行这这样的循环。由于有除鳞的最低压力经常小于技术附件规定的下限要求的现象发生，认为除鳞系统中压力设定值过低是导致除鳞的最低压力小于技术附件要求的原因。针对这一分析，将除鳞系统的压力设定值提高，再次观察除鳞效果并过程能力进行分析。

4 效果检查

对计算机监控系统记录的除鳞压力曲线进行分析，结果表明，当设定除鳞升速点是19.5 MPa时，导致系统检测到19.5 MPa的压力到除鳞泵升速补压需要一个时间，在这个时间内除鳞压力还会继续下降。所以，将除鳞系统压力的升速点进行调整，从而提前进行升速，保证除鳞压力始终在规定值之上。对措施实施后轧制钢板的最低除鳞压力进行随机抽查，数据汇总并再次进行过程能力分析，C_p 值为1.50，能力充分，C_{pk} 为1.45，消除偏移现象。钢板的最低除鳞低压力均大于18.5MPa，达到目标要求，消除了钢板表面的红色氧化铁皮缺陷。

（下转第48页）

中国知网 https://www.cnki.net

表2 钢板冷却过程中头部遮蔽参数

钢板厚度/mm	流量密度300/(L·m^{-2}·min^{-1})				流量密度400/(L·m^{-2}·min^{-1})			
	上系数	下系数	上长度/m	下长度/m	上系数	下系数	上长度/m	下长度/m
5	0.60	0.60	5.00	5.00	0.60	0.60	5.00	5.00
10	0.60	0.60	5.00	5.00	0.60	0.60	5.00	5.00
15	0.60	0.60	5.00	5.00	0.60	0.60	5.00	5.00
20	0.60	0.60	5.00	5.00	0.60	0.60	5.00	5.00
25	0.65	0.65	4.00	4.00	0.65	0.65	4.00	4.00
30	0.65	0.65	4.00	4.00	0.65	0.65	4.00	4.00
35	0.70	0.70	3.00	3.00	0.70	0.70	3.00	3.00

通过以上4项控制措施的改进，钢板纵向温差有明显的改善，钢板的纵向温差减至20 ℃以内。改进后钢板纵向温度分布见图2。

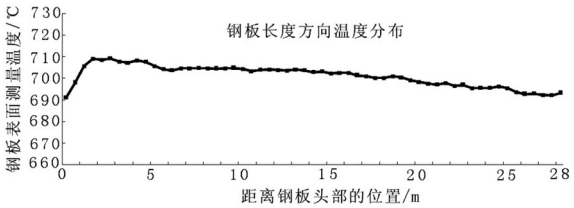


图2 改进后钢板冷却后纵向温度分布图

5 结束语

通过优化辊道速度提高跟踪准确性、减小冷却前钢板温度差异、改善流量控制精度、冷却模型中头部遮蔽参数的优化等措施，解决了钢板头部过冷的问题。钢板冷却的均匀性直接影响钢板的性能合格率、减小了同板的性能差异，改进前后钢板的性能一次合格率由96.73%提高到99.82%，减少了热处理的挽救工序、避免钢板的非计划短尺，缩短了交货期。

参 考 文 献

[1] 许长金. 厚板的控制轧制和控制冷却[J]. 鞍钢技术，1995，(9)：11－18.
[2] 秦国庆，熊晓明. 钢板水幕冷却的分析[J]. 钢板研究学报，2000，34(1)：63－66.
[3] 王国栋. 新一代TMCP技术的发展[J]. 轧钢，2009，26(1)：1－8.
[4] 龚彩军. 中厚板控制冷却过程温度均匀性的研究[D]. 沈阳：东北大学，2005.

(上接第36页)

5 结论

(1) 轧制完成后红色的氧化铁皮是由轧制过程中产生的三次氧化铁皮发展而来的。

(2) 通过提高除鳞系统升速点的压力，可以避免生产过程中除鳞系统压力低于技术附件要求的情况，从而提高了除鳞的最小打击力，避免了钢板表面色差的产生。

参 考 文 献

[1] 邹 颖. 热轧带钢氧化铁皮控制技术的研究[D]. 沈阳：东北大学，2010.
[2] 夏先平，孙业中. 精轧区热轧带钢表面氧化铁皮缺陷成因与预防[J]. 轧钢，2002，40(3)：50.
[3] 刘振宇，王国栋. 热轧钢材氧化铁皮控制技术的最新进展[J]. 鞍钢技术，2011，2：1－5.
[4] J C Mascia. Reduction of work roll wear controlling tertiary scale growth [J]. Iron and Steel Engineer，1998，35(3)：46－51.

中国知网 https://www.cnki.net