

2030 mm 酸轧机组轧制模型中张力控制的优化

Optimization of Tension Control in Rolling Model of 2030 mm PLTCM

供稿|王硕, 段磊, 刘杨 / WANG Shuo, DUAN Lei, LIU Yang

内
容
导
读

2030 mm 酸轧机组中轧机是最主要的设备, 轧制模型中的张力控制是冷轧轧机轧制过程最主要的控制因素。本文介绍了山东钢铁日照公司德国西马克五机架冷连轧机张力控制情况, 重点描述了调试阶段张力优化的过程和方法。

轧制模型中张力控制是冷连轧轧制过程中最活跃的控制因素^[1], 轧机各个机架的秒流量完全相等是轧机生产过程一个基本条件, 若秒流量不等便会引起机架之间的带钢有张力作用或者失张, 从而导致拉扯带钢或堆钢^[2]。

张力控制轧制是冷轧生产过程中一个重要的特点。轧制过程中钢卷规格变化期间轧制力、辊缝、张力波动较大, 这是造成勒辊的一个原因^[3]。优化轧机机架间的张力控制可以防止带钢在动态变规格时产生勒辊缺陷, 同时良好的张力控制可以防止带钢跑偏保证所轧带钢的板型平直。

山钢 2030 mm 酸轧机组介绍

山东钢铁集团日照有限公司 2030 mm 酸轧产线, 是由德国 SMS 公司技术总负责, 关键设备由国外引进, 其余设备由鞍山阿丽贝、太重、陕压合作

制造。产品定位高档次的家电、汽车板, 即表面质量能达到 O5 级别 (表面无缺陷), 尺寸精度高, 板形优良, 满足高档家电、轿车面板使用要求。2030 mm 冷轧轧机为 SMS 设计的六辊五机架连续变凸度型 (Continuously Variable Crown, 简称 CVC) 轧机, 轧机参数如下表 1 所示

2030 mm 酸轧机组采用的张力控制是单位张力与单位附加张力共同参与全程轧制控制的方式。投产初期由于张力控制的问题造成了钢卷缺陷, 主要包括钢卷规格变化时产生勒辊, 造成钢卷表面的勒辊印; 钢卷卷芯塌陷; 板型不良等。冷轧机组在生产过程中, 张力可以在带钢轧制过程中保持轧机稳定的轧制力或者保持轧机轧辊之间稳定的辊缝位置, 因此张力控制在轧制过程中的作用是非常重要的^[4]。由于我公司 2030 mm 酸轧机组前期处于调试阶段, 因轧机张力原因引起的勒辊现象频频发生,

表 1 2030 mm 酸轧轧机参数

最大轧制力/t	最大轧制速度/(m/min)	中间辊窜辊行程/mm	工作辊弯辊力/kN	中间辊弯辊力/kN	CVC凸度调节范围/mm
3000	1450	±200	-350~500	-350~500	-0.2~0.9

发生勒辊现象对产线操作人员来说不易发现，并且勒辊会在轧机轧辊上产生勒痕印在钢卷表面，连续产生辊印，产线操作工发现后需要立即更换轧辊，对机组的稳定生产、产品质量以及轧机轧辊消耗产生了较大影响。我公司通过分析轧机勒辊产生的原因，对轧机张力控制、轧制模型、机架压下率分配等进行优化，对轧制工艺进行优化后，保证了极薄、极宽以及规格过渡大等难轧品种的稳定轧制，降低了生产成本及轧辊消耗，提高了产品质量，这对提高我公司冷轧产品质量具有重要意义，将产生巨大经济效益。

轧制模型中张力控制的优化

1 级控制系统 (简称 L1) 内提高参考张力调整速度 (图 1)。将 C2(2#机架) 和 C3(3#机架) 参考张力调整速度由 20 提高到 100 N/(mm²·s)，将 C4(4#机架) 和 C5(5#机架) 的参考张力调整速度由 20 提高到 300 N/(mm²·s)，调整后，张力调整的响应速度更快，有效控制机架间张力稳定。

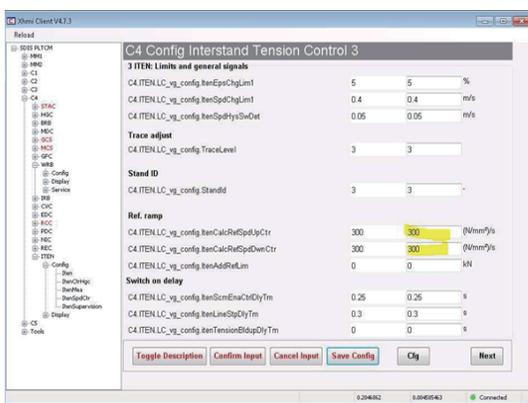


图 1 张力调整速度设置

L1 内优化张力补偿系数 (config. Iten Boost Fact): C3、C4、C5 的张力补偿系数分别设置为 0.70、0.55、0.55，调整后有效控制机架间张力稳定，设置情况如图 2 所示。

L1 内优化 CVC 窜辊-弯辊力补偿值，特别是在产品规格变换时，产品规格变换大的 CVC 过渡需要

在弯辊力中进行适当的补偿，根据计算改进了功能，在弯辊力原有的基础上补偿+10%的弯辊力，如图 3 所示。

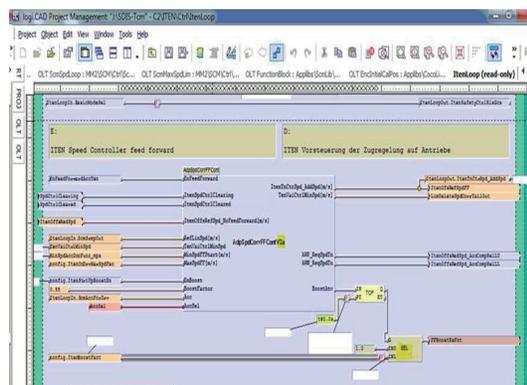


图 2 张力补偿系数设置

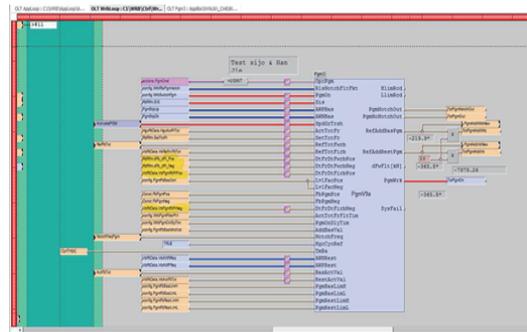


图 3 窜辊-弯辊力补偿值设置

L1 内减少所有机架弯辊力响应时间：C1(1#机架)、C2、C3、C5 弯辊响应时间由 800 减少到 100 ms，C4 弯辊响应时间由 800 减少到 50 ms，如图 4 所示。

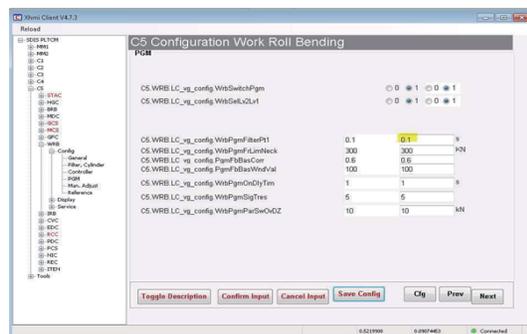


图 4 L1 内增加弯辊力响应速度

L1 内增加过焊缝时的弯辊力补偿。在带钢通过 C5 时，原始设计是在稳定状态下保持轧制力恒定。而焊缝处开槽，使带钢实际宽度变窄，因此过焊缝时 C5 单位轧制力恒定，总轧制力下降。总轧制力下降后，弯辊力同步下降，带钢易出边浪。通过增加弯辊力补偿，使带钢焊缝处经过 C5 轧制力下降时，工作辊和中间辊的弯辊力保持不变，有助于更好的

板形和更稳定的规格变化。

优化轧机钢卷过渡原则。当宽度和厚度不同时增大/减少时，原料卷厚度过渡原则及轧机出口厚度跳跃基准如表 2 所示，前后带钢的宽度差应不低于 200 mm (双边)，当宽度和厚度同时增大/减少时，原料厚度跨越应小于 0.5 mm，前后带钢的宽度差应小于 100 mm (双边)。

表 2 轧机钢卷过渡原则及轧机出口厚度跳跃基准

先行板厚度/mm	后行板厚度/mm	先行板厚度/mm	后行板厚度/mm	先行板厚度/mm	后行板厚度/mm	5#机架出口厚度/mm	出口厚度/mm
1.8	1.8~2.3	3.0	2.3~3.8	4.4	3.4~5.4	<0.50	0.3
2.0	1.8~2.6	3.2	2.3~4.0	4.5	3.5~5.5	0.50~0.80	0.5
2.3	2.0~3.0	3.5	2.6~4.5	5.0	4.0~6.0	0.80~1.85	0.7
2.5	2.0~3.2	4.0	3.0~5.0	5.5	4.5~6.0	>1.85	0.8
2.6	2.0~3.3	4.2	3.2~5.2	6.0	5.0~6.0		
2.8	2.3~3.5	4.3	3.3~5.3				

注：当生产钢种强度大于 TRIP590、DP780 钢时， $(d_2-d_1)/d_2 \leq 20\%$ (d_1 和 d_2 分别为先行板和后行板的厚度，mm， $d_2 > d_1$)

L1 确定新的起车阶段安全控制方案：板形和张力的控制优先于目标厚度。起车阶段安全控制方案最终确定用于在起车期间处理不可预见的高倾斜力，特别是在换辊之后。安全概念也将弯曲极限视为厚度或张力控制轧制力发展的极限。这意味在起车期间，特别是在换辊之后，当轧制力可能非常高时，只要弯辊力增加弥补轧制力增加导致的辊缝变化。制定板形优先于厚度的控制方案。如果这个限制阻止轧机轧到目标厚度，需要加速以获得更小的摩擦力和轧制力。

2 级控制控制系统 (简称 L2) 模型内轧辊热凸度计算系数调整。系数调小，表示轧辊热凸度变小，模型计算时会使用更多的弯辊和窜辊来保证凸度，将 C4 轧辊热凸度计算系数 31 修改为 0.95。

L2 模型内乳化液冷却计算值调整。数值增加，表示轧制过程乳化液带走更多热量，轧辊热凸度变小，模型计算时会使用更多的弯辊和窜辊来保证凸度。

提高工作辊磨削凸度：将工作辊磨削凸度由 0.015 提高到 0.075 μm 。工作辊凸度提高后，使辊缝凸度提高，正弯辊力和 CVC 正窜有更多的余量可以用来调整，有利于控制板形，避免边浪产生。

优化机架内和机架间乳化液冷却方案。调整机架间乳化液喷射范围在带钢宽度内，避免油膜在带钢边部变厚。可以有效控制由油膜在带钢边部变厚

引起的边部润滑条件改善，边部减薄 (即边浪) 加重的趋势。降低机架间乳化液流量，降低低速轧制时机架内冷却用的乳化液压力，避免过度冷却，保证轧辊热凸度，减轻边浪趋势。

优化夹送辊闭合时 (即飞剪剪切前后) 的板形控制方案。当夹送辊闭合时，板形测量受到显著干扰 (夹送辊自身标定的倾斜以及其他因素影响)。结果，板形控制系统在错误的测量上作出反应并因此导致边浪。因此，修改板形控制系统，在夹送辊闭合的情况下保持之前的控制值。

优化卷取机张力控制。生产 0.3 mm 左右的钢卷，由于张力控制的原因，下卷后卷芯会逐渐向下塌陷形成“心型卷”，心型卷无法包装，并且客户使用时不容易上卷，为解决此缺陷，对卷取机卷取张力进行了优化。将薄规格带钢的单位卷取张力由 50 N/mm^2 降低至 40 N/mm^2 ，其他厚度带钢的单位卷取张力也进行了调整，如表 3 所示。

表 3 单位卷取张力设置表

带钢厚度/mm	单位卷取张力/ (N/mm^2)	
	修订前	修订后
≤ 0.6	50	40
0.6~1.0	50	33
> 1.0	50	28

结束语

(1) 轧机启停车及动态变规格时的带钢张力波动从 20% 控制到 10% 以内。

(2) 张力优化后, 严格控制勒辊印、心型卷的产生, 因此缺陷造成的质量缺陷控制在 0.1% 以内。

(3) 实施该方案后效果明显, 张力控制得到优化, 酸轧厚度命中率由 98.2% 提高到 99%, 机时产量提高到由 220 提高到 250 t/h, 酸轧板形改判率由 0.13% 降低到 0.07% 以内。该方案效果显著, 适用于所有 CVC 连轧机, 有较好的推广前景。

参考文献

- [1] 李迪. 卷绕系统中的张力控制研究[学位论文]. 西安: 西安科技大学, 2007
- [2] 景征. 冷连轧板带张力控制系统的研究[学位论文]. 河北: 河北工业大学, 2011
- [3] 王辉, 季文涛. 基于轧制模型中张力控制系统的计算研究. 电子技术与软件工程, 2015(18): 9
- [4] 陈虎. 冷连轧机启动控制方法研究与实现[学位论文]. 辽宁: 东北大学, 2010

作者简介: 王硕(1991—), 男, 山东省日照市人, 工程师。2016年毕业于内蒙古科技大学材料工程专业, 主要研究方向为轧钢技术, 申请发明专利3项。通讯地址: 山东省日照市东港区临沂路绿色佳园小区6#楼; E-mail: 383389387@qq.com。