包钢金属制造公司热轧管线钢卷取温度优化*

王 磊,付芳欣

(内蒙古包钢金属制造有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章通过对包钢金属制造公司热轧产线厚规格带钢卷曲温度命中率低的问题进行研究,通过模型理论结合实际情况进行分析,分别对温度波动大、模型自学习混乱等问题制定对应措施。从稳定轧制节奏、控制出炉温度与模型控制等方面进行了优化,取得了较好的效果,为生产工艺的制定提供有效参考。

关键词: 卷取温度;层流冷却系统;模型

中图分类号: TG335.11 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)02-0068-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.020

Optimization of Coiling Temperature for Hot Rolled Pipeline Steel in Baotou Steel Metal Manufacturing Company

Wang Lei, Fu Fang-xin

(*Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the corresponding measures to such problems as large temperature fluctuations and disorder of model self-learning are formulated respectively through researching the problem of low hit rate for coiling temperature of thick strip steel produced with the hot rolling production line of Baotou Steel Metal Manufacturing Co. and analyzing with model theory combining with the actual situations. The optimization is carried out from such aspects as stabilizing rolling pace, controlling tapping temperature and model control so that the effects are good, which could be as the effective reference for formulation of production process.

Key words: coiling temperature; laminar cooling system; model

热轧卷取温度对产品质量有较大影响,卷取温度控制模型和层流冷却系统是卷取温度自动控制的关键组成部分。热轧带钢卷取温度必须满足一定的工艺要求,卷取温度过高或过低都将给带钢的组织和性能带来不良的影响,因此热轧带钢卷取温度的精确控制一直是热轧领域关注的重要问题,影响卷取温度的因素多而复杂,如带钢材质、厚度、冷却水量、水压、水温及水流运动形态、热传导等[1]。这些因素机理复杂,难以进行定量表示,并且形成问题的因素多、综合性强,具有不确定性,单纯从模型优化入手很难解决问题。而卷取温度直接影响热轧带钢的组织性能,卷取温度命中率低在很大程度上制约了产品性能的提高。

1 热轧卷取温度控制优化实现目标

一直以来热轧厚板卷取温度平均命中率在60%~70%之间。为了提高卷取温度平均命中率与成品质量,对各种影响卷取温度命中率的内在因素

* 收稿日期:2020-01-20

作者简介:王 磊(1981-),男,内蒙古包头市人,硕士,高级工程师,现从事计算机专业管理工作。

进行深入分析，再通过人员、设备、材料、方法、环境等方面采取一系列优化手段，最终实现热轧厚板的卷取温度平均命中率达 80% 以上。

2　存在问题及原因分析

2.1　水阀响应速度

根据模型控制策略，带钢进入精轧 F1 时，模型将带钢长度方向分为等距的“段”，模型结合 F7 的实际速度和计算的前滑系数，对带头进行跟踪，当干头通过喷梁时发出水阀打开指令，完成干头控制[2]。模型前馈和后馈都是实时控制，当温度异常的“段”被检测的时候，会发出水阀打开或者关闭的指令。可见水阀的打开速度会影响到干头的控制精度和过渡区的长度，水阀的关闭速度会影响操作工对尾部补偿的控制精度以及热头热尾的控制[3]。

2.2　喷梁水量

上喷梁喷嘴出水量和下喷水柱高度在实时控制中会影响控制精度，在模型中认为每一根水梁的水量是一致的，而实际喷梁的出水量差异较大，喷出水量的不同会导致控制精度的下降。

2.3　MATLCODE(物料代码)

厚板的化学成分不同，导致温度波动。不同的 MATLCODE 具有不同的计算参数，会影响相关数据的计算，最终结果将运用于模型的各种复杂计算。MATLCODE 包括：导热系数、密度、辐射系数、比热容、热扩散系数、蓄热系数 、塑性系数、运动黏度系数。

经过大数据挖掘，可以看出卷取温度的命中率与 MATLCODE 有一定的相关性，如图 1 所示，X80 管线钢 MATLCODE 中的 Cu 含量波动会对卷取温度造成影响。模型材料热交换条件的计算以 MATLCODE 的计算结果为依据，所以在不同 Cu 含量下，热交换率的计算有差别。

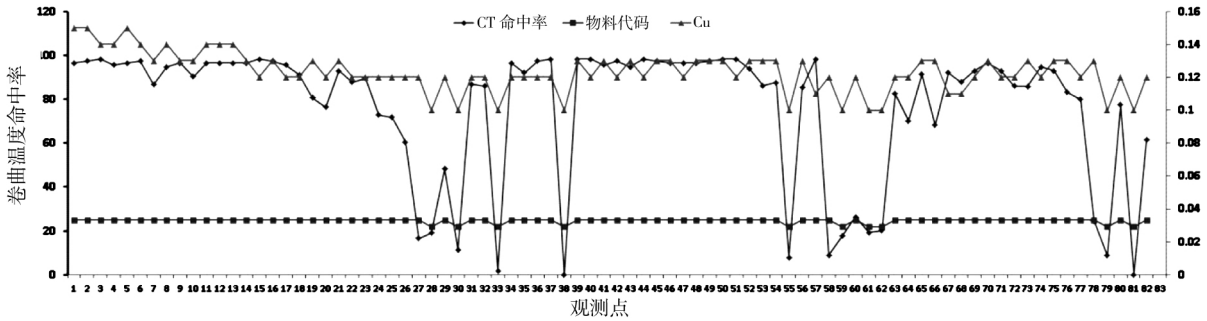


图 1　MATLCODE 成分对卷取温度的影响

2.4　板形

带钢的板形也是影响卷取温度控制的因素之一。带钢头部板形不好，轧制过程中头部会拍打辊道或者兜水，加上层冷的侧喷效果不佳，导致速度不稳定以及带钢头部温度下降。

2.5　加热炉影响

经过大数据挖掘，发现加热炉的烧钢效果是影响带钢精轧出口温度命中率低的原因之一。如图 2 所示，存在精轧出口温度命中率与加热炉号高度相关的情况，2# 加热炉总体烧钢效果相比其他表现不佳。

加热炉炉号	卷取温度命中率平均值
1#	95.93
2#	89.85
3#	86.444
4#	94.3375

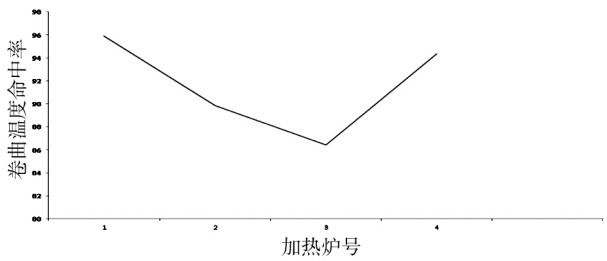


图 2　卷取温度命中率与加热炉的关系

2.6 精轧出口温度影响

精轧出口温度的命中率对卷取温度具有一定的干扰。

如图3所示，大数据挖掘后，对比显示卷取温度命中率与精轧出口温度标准差呈反相关。精轧出口温度标准差越大说明带钢的精轧出口温度差异越大，精轧出口温度差异越大说明带钢温度越不均匀，因此影响卷取温度。

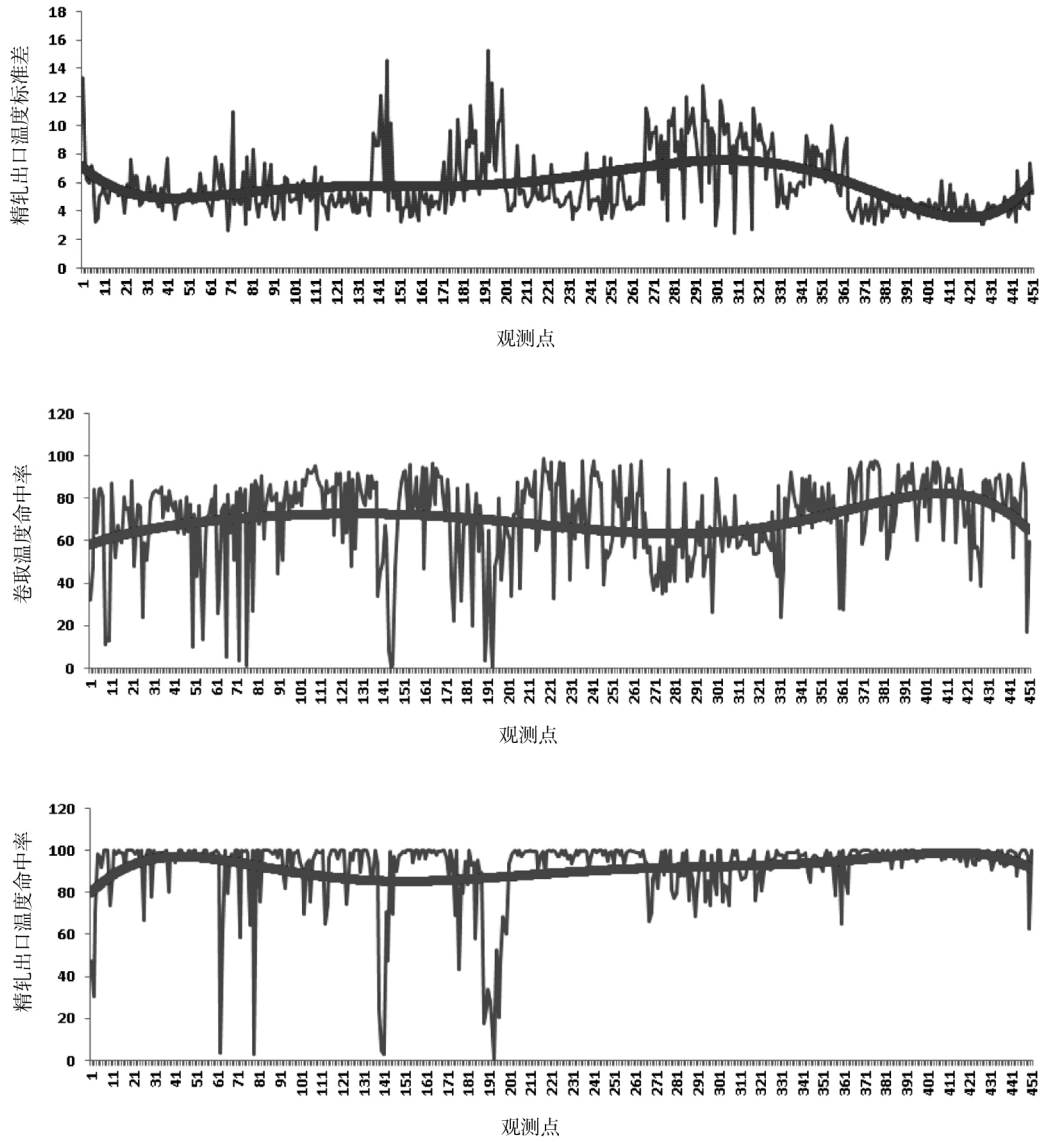


图3 精轧出口温度命中率对卷取温度的影响

2.7 卷取机影响

卷取机实际的速度波动会影响卷取温度，正常情况下，我们希望带钢卷取速度相对稳定，因此要避免生产过程中卷取速度波动太大。如图4所示，大数据挖掘后可以看到三个卷曲机的差异，3#卷取机总体相比其他表现不佳。

3 控制优化方向

3.1 稳定轧制节奏

保持F1咬钢间隔时间，避免停轧。经验表明在停轧之后，继续轧制则卷曲温度控制难度加大，怀疑加热炉降温，铁皮增厚，短暂停轧会使层冷上空温度变化，会影响带钢热交换。

卷取机号	卷取温度命中率平均值
1#	95.160
2#	91.187
3#	91.430

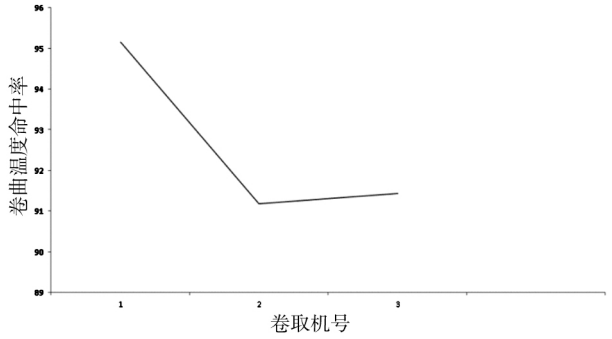


图 4　卷取机对卷取温度的影响

3.2　稳定精轧入口温度

采取加热炉差异烧钢。由于每座加热炉距轧机的距离不同，远端炉子距离轧机远，考虑空冷问题，建议远端炉子适当提高出钢温度，从而有效控制 R2DT 温度，保证精轧入口温度稳定。后续精轧出口温度、卷取温度才可能稳定。

3.3　模型优化

要使卷取温度控制准确，模型中各参数必须能准确采集。用于热交换率自学习的温度取一个取样点，再根据取到的采样数据去参与下一块带钢的温度控制[4]。目前在生产实践中发现，轧制厚板时卷取温度控制难度大，温度波动区间较宽，如果采样点取的位置不合适，会影响自学习对后续带钢卷取温度的控制。因此修改模型参数，改为在带钢卷取温度曲线中取“四个点”作为采样点，每个点的间隔间距 1.2 m，再将取到的四个点求平均值纳入自学习。

3.4　增加精轧出口温度的前馈增益调节功能

增加精轧出口温度的前馈增益调节功能，按厚度分开设置，尽量避免因前馈超调引起的温度波动。将精轧咬入速度和轧钢速度设定一致，机架间水阀打开，使用精轧出口温度控制模式，保持最后一组轧机出口速度恒定。以避免层冷水阀频繁调节导致的温度不稳定。

调整卷取机张力设定，保证带钢在卷取机咬入中和咬入后速度的恒定。

相比精轧出口温度前馈，卷取温度反馈控制具有滞后特点，即实际受到反馈影响的“段”并不一定是卷取温度有问题的“段”，并且厚规格低温卷曲带钢具有过渡沸腾的特点，对水很敏感，非常容易出现超调的现象，所以降低卷取温度反馈增益或者直接关闭卷取温度反馈也会有一定效果。

3.5　MATL_CODE(物料代码)

模型中材料热交换率的计算以 MATL_CODE 的计算结果为依据，以 X80 为例，X80 在不同的 Cu 含量下，热交换率的计算有差别。为了稳定 MATL_CODE，可以将 w[Cu] 大于等于 0.11%，或者手动修改轧制计划的 w[Cu] 到 0.12%，此外还修改层冷模型将 X80 的 MATL_CODE 锁定。考虑到风险，选择前两种措施为宜。

3.6　修改水阀响应速度的模型计算

由于热轧生产线运行多年，层冷的水阀中无响应速度与响应速度慢的水阀不在少数。由于实际水阀各方面因素，原有的水阀模型目前已经不适用于当下的生产需求。

利用数据建模与数据挖掘技术对每次检修层冷水阀响应的测试结果进行模型计算，从大量的测试数据中挖掘水阀潜在响应规律。每次水阀的测试都会形成新的模型，因此模型是动态的。此模型改变了以前模型固定的模型方式，更加适用于现场灵活、复杂的生产需要。

模型结合标准差与平均值的双项标准衡量本次测试的水阀响应效果，以便于观测图表形式显示每次水阀的实际情况，可以清晰评判水阀的整体修正效果。以不同时期的水阀响应结果最终得出水阀模型曲线，将模型数据纳入到生产实践中再对水阀的响应速度进行修正。例如原本水阀中响应速度相对较慢的，水阀模型会使其提前开启，将此水阀响应速度修正到合理范围内，从而提高卷取温度命中率。

4　应用效果

经过对上述优化手段的实施，再加上对人员、设备、材料、方法、环境的严格把控，热轧卷取温度得到了有效控制，实现了卷取温度平均命中率达 80% 以上，热轧卷的成品质量得到了明显提升。

5　结束语

本文认为加热炉烧钢温度、轧制节奏、终轧温度、卷取机速度等是影响卷取温度控制的重要因素，此外根据热轧层流冷却控制模型的特点，在精轧出

(下转第 74 页)

系统通过非周期通讯完成程序步的参数设定，P2616 至 P2623 分别对应索引号的程序步的任务号、位置设定值、速度设定值、定位、等待、跳转、任务定位方式(相对、绝对)及结束方式等。

6 结束语

传动产品每隔几年都要升级换代，老产品停止生产后只能依靠库存供货，价格高而且很容易断货，而且传动产品使用十年后都会进入故障高发期，90年代的611U 产品升级刻不容缓。针对 S120 升级改造611U 的问题，我们搭建了实验平台，调试实现了全部控制功能，同时我们认真分析了锯机源程序，在现场程序及硬件上做了很多前期工作，相信改造成功，对其它机组的升级必将具有借鉴和推广意义。

参 考 文 献

[1] 崔坚. 西门子工业网络通信指南 [M]. 北京: 机械工业出版社，2005.
[2] 李世卿. 自动控制理论 [M]. 北京: 冶金工业出版社，1987.

(上接第71页)

口温度的前馈增益调节、自学习优化、水阀响应速度模型等方面做了针对性的改善，有效地提高卷取温度的命中率，优化后效果明显，产品缺陷得到了有效控制。

参 考 文 献

[1] 王有铭，李曼云，韦光. 钢材的控制轧制和控制冷却 [M]. 北京: 冶金工业出版社，2002.
[2] 汪贺模，蔡庆伍，余伟，等. 水流量对热轧钢板层流冷却过程对流换热系数的影响 [J]. 北京科技大学学报，2012，34(12)：1421－1425.
[3] 左碧强，王岩，米振莉，等. 管线钢 X80 的 CT 曲线研究 [J]. 材料热处理技术，2010，39(4)：12－14.
[4] 彭良贵，于明，王绍东，等. 热轧带钢层流冷却数学模型述评 [J]. 轧钢，2003，20(6)：25－29.