

· 经验交流 ·

热连轧自适应穿带模型的研究及应用

胡 松 涛

(攀枝花钢铁(集团)公司 热轧板厂,四川 攀枝花 617062)

摘要:攀枝花钢铁(集团)公司热轧板厂三期技术改造后,精轧设定模型精度受粗轧中间坯厚度、宽度和温度等参数影响较大,造成轧制参数预报精度下降,为此,于 2007 年采用精轧自适应穿带模型对轧制力、辊缝、轧制速度进行补偿,提高精轧设定模型对轧制力、出口厚度等轧制参数的预报精度。

关键词:热连轧机;自适应;中间坯厚度;轧制力;辊缝

中图分类号: TG334.9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059(2009)04-0063-03

Study and application on adaptive strip threading model for hot strip mill

HU Song-tao

(Hot Strip Mill of Panzhihua Iron & Steel(Group) Co., Panzhihua 617062, China)

Abstract: After the third phase reconstruction of Hot Rolling Plate Works in Panzhihua Iron & Steel (Group) Co., accuracy of finishing rolling mathematic model was greatly affected by thickness and width of intermediate slab blank, temperature and so on, and forecast precision of rolling parameters was decreased. In order to compensate rolling force, gap and rolling speed, and improve forecasting accuracy of rolling force and exit thickness with finishing rolling mathematic model, finishing rolling adaptive strip threading model was adopted in 2007.

Key words: hot strip mill; adaption; intermediate slab blank thickness; rolling force; roll gap

0 引言

精轧设定模型是热连轧控制的核心,长期以来提高设定模型的精度是国内外技术人员研究的主要方向,而粗轧出口的中间坯厚度是影响精轧设定模型精度的主要因素。在传统热连轧工艺中,无论是在工厂设计还是在轧线设备布局时都没有考虑在末架粗轧机出口布置测厚装置,除非是在中厚板生产企业。攀枝花钢铁(集团)公司热轧板厂已经历过几次技术改造^[1-8],其中在 2003 年三期技术改造后,粗轧中间坯厚度仍然是根据粗轧轧制的目标厚度、实测轧制力和辊缝计算获得,这样做往往会受到实测参数精度的影响,导致实际中间坯厚度产生 ± 1 mm 的偏差,严重时可达 ± 3 mm 甚至更多,同时,测量环境和检测仪表的

零位漂移等因素对中间坯温度和宽度的测量精度也有影响。在攀钢热轧生产中,当中间坯厚度、宽度、温度的实测数据与实际值发生严重偏离时,精轧设定模型据此进行的精轧轧制规程设定精度降低,严重影响轧件轧制力、辊缝、速度等轧制参数的预报精度。根据该规程进行轧制时,精轧各机架金属秒流量不平衡,轧制状态不稳定,带钢尺寸精度降低,机械性能难以保证,正常生产过程受到较大制约。为此,我们通过精轧自适应穿带模型的前馈控制解决了上述中间坯参数失真问题。

1 模型建立

精轧自适应穿带模型就是指在精轧轧制过程中将穿带机架的实测轧制力、辊缝和速度等参数与设定模型的预报参数进行对比,完成数据有效

收稿日期: 2008-08-19; 修改稿收到日期: 2009-05-20

作者简介: 胡松涛(1972-),男,四川蓬安人,工程师,主要从事热连轧过程控制及数学模型研究方面的工作。

性检验后,对下游机架的轧制力、速度和辊缝进行补偿,消除由于中间坯参数失真或设定模型的预报参数偏差大时造成的精轧轧制参数预报不准带来的不良影响,保证精轧末机架出口带钢头部厚度精度,提高精轧模型对轧制参数的预报精度,同时保证各机架秒流量相匹配,使轧制状态稳定,产品实物质量提高。

精轧自适应穿带模型是建立在精轧设定模型的基础之上,共享轧件的原始数据及设定参数,精轧自适应穿带模型框图如图 1 所示。

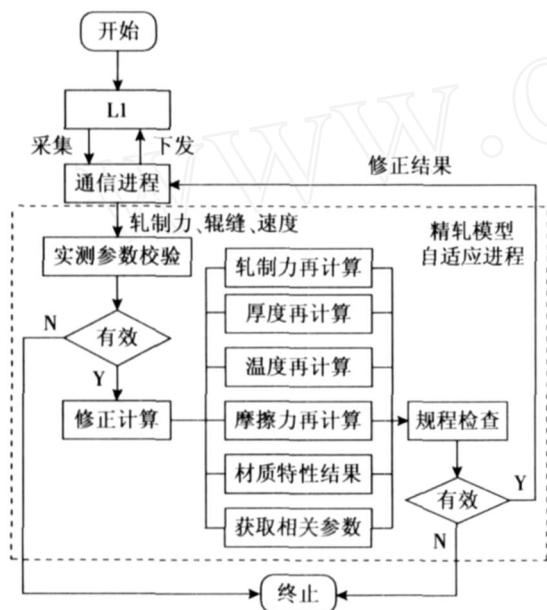


图 1 精轧自适应模型流程

Fig. 1 Flow chart of self-adaptive finishing rolling model

具体控制过程是在本机架穿带时,精轧二级系统根据机架咬钢信号,在规定的起止时间内完成自适应穿带计算所需的实测值采集,自适应穿带模型将精轧设定模型的计算结果与实测参数比较,并通过有效性检验完成对轧制参数的计算,然后下发规程至一级对其后续各机架的辊缝和速度进行修正。由于受机架间距离和轧制速度的影响,精轧自适应穿带功能的投用仅限于精轧前 3 个机架,因此在控制逻辑中需要判断操作工在二级操作界面上对 F1 ~ F3 机架的选择(选择其中 1 架、2 架或 3 架),以准备自适应穿带设定所需的相关参数,并对咬钢机架的后续机架进行参数修正。

2 模型计算

自适应穿带模型通过计算变形抗力偏差进行轧制力修正;采用弹跳方程计算厚度偏差进行辊缝修正;根据秒流量相等的原则对轧制速度进行

修正。

2.1 轧制力修正

通常确定机架变形抗力偏差有两种方法。

第 1 种方法是根据每个机架穿带时的实测轧制力与预报轧制力偏差,估算各机架轧制力的变形抗力偏差平均值

$$\bar{k}_i = \frac{F_i}{F_i^*} \quad (1)$$

式中, F_i 为各机架实测轧制力与预报轧制力偏差; F_i^* 为各机架预报轧制力; i 为机架序号, $i = 1, 2, \dots, n_0$ 。

第 2 种方法是先根据机架的实测轧制力用轧制力模型反算各机架平均屈服应力的估计值

$$\hat{k}_i = f^{-1}(H_i, h_i, T_{is}, t_{is}, R_i, v_i, \mu_i, P_i) \quad (2)$$

式中, H_i, h_i 分别为各机架入口厚度和出口厚度; T_{is}, t_{is} 分别为各机架前、后张力; R_i 为轧辊半径; v_i 为轧辊速度; μ_i 为带钢与轧辊表面的摩擦系数; P_i 为相应机架实测轧制力。

然后再计算轧制力的变形抗力偏差平均值

$$\bar{k}_i = \frac{\hat{k}_i}{k_i^*} - 1 \quad (3)$$

式中, k_i^* 为各机架预报的平均屈服应力。

实际中我们采用第 2 种方法计算 F1 和 F2 机架的 \bar{k}_1 和 \bar{k}_2 ,然后再由式 (4) 计算 F2 机架平均变形抗力的增益估算值

$$\hat{k}_{12} = k_{A1} \bar{k}_1 + (1 - k_{A1}) \bar{k}_2 \quad (4)$$

根据式 (4) 结果可计算 F3 机架平均变形抗力的增益估计值

$$\hat{k}_{13} = (1 + \hat{k}_{12}) (1 + k_{A2} \hat{k}_{12}) - 1 \quad (5)$$

上述式中, k_{A1} 和 k_{A2} 分别为 F1 和 F2 机架的变形抗力系数, $0 < k_{A1}, k_{A2} \leq 1.0$ 。根据现场实际经验,我们设置了变形抗力增益估算值的边界值,如果式 (4) 和式 (5) 结果超过此边界值,自适应穿带模型将终止设定。

最后根据式 (4) 和式 (5) 结果及秒流量相等的原则对各机架轧制力进行修正计算。

2.2 辊缝修正

根据每个机架穿带时的实测轧制力与预报轧制力偏差,用弹跳方程估算各机架的厚度偏差^[9]

$$h_i = S_i + \frac{F_i}{M_i} \quad (6)$$

式中, S_i 为各机架实测辊缝与预报辊缝偏差; F_i 为各机架实测轧制力与预报轧制力偏差; M_i 为各机架轧机刚度。然后根据厚度偏差对各机架辊缝进行修正。

2.3 轧制速度修正

对于自适应穿带模型来说, 轧机辊缝的变化与机架轧制速度是相匹配的, 以保证机架间秒流量相等。精轧设定模型根据变化后的各机架带钢出口厚度 h_i 和前滑系数 f_i 重新计算机架速度 V_{pi}^* , 并与原设定速度 V_{mi}^* 比较, 差值用于各机架速度修正。

$$V_i = V_{pi}^* - V_{mi}^* \quad (7)$$

其中^[9], $V_{pi}^* = \frac{M}{f_i h_i W_i}$,

$$M = f_n V_{pn}^* h_n W_n$$

上述式中, W_i 为各机架带钢宽度; M 为 F6 出口秒流量。

3 应用及效果

为确保自适应穿带模型的正常投用, 对于中间坯参数及精轧各机架的实测参数要做好以下几方面的数据准备工作: 检查粗轧出口区的测量环境(如通信信号是否受到干扰, 仪表是否有水雾等), 确保高温计、测宽仪正常工作; 定期标定检测仪表(高温计、测宽仪、压头); 除净中间坯表面氧化铁皮; 采集并过滤两级自动化数据, 包括数据的有效性检查及边界条件设置。

自 2007 年 1 月自适应穿带模型调试完成并全面投用后, 对 2~5 月的生产和产品质量数据进行了统计, 与 2006 年同期数据进行比较, 结果见表 1。

表 1 精轧自适应穿带模型投用后的效果

Table 1 Results after being put into use of the model

项 目	%	
	投用前	投用后
带钢头部厚度命中率	89.2	93.65
轧制力命中率(偏差在 6% 以内的)	95.0	97.2

由表 1 可见, 精轧自适应模型投用后, 机架轧制力预报精度和带钢头部厚度命中率得到明显提高, 轧制过程稳定性大为改善, 同时有利于减少设备事故的发生和带钢废次品的出现。因此, 精轧自适应穿带模型的投用, 对提高热轧带钢产品质量具有较大的意义, 产生了比较明显的经济效益和社会效益。

但是由于热轧生产现场轧制工况较复杂, 可

能出现由于轧制参数超出边界值导致自适应模型计算终止的情况, 而如果加大边界值, 轧制过程的稳定性又会受到较大影响, 因而精轧自适应穿带模型还有待进一步优化和完善。

参考文献:

- [1] 丁敬国, 咎培, 宋成志, 等. 攀钢 1450 热连轧数据采集系统 [J]. 冶金自动化, 2007, 31(6): 23-26
D NG Jing-guo, ZAN Pei, SONG Cheng-zhi, et al Development and application of data acquisition system for 1450 mm hot strip mill in Panzhihua Iron and Steel Co [J]. Metallurgical Industry Automation, 2007, 31(6): 23-26
- [2] 张芮. 热连轧主传动设备状态监测与故障诊断系统的设计及应用 [J]. 冶金自动化, 2008, 32(3): 65-68
ZHANG Rui Design and application of equipment condition monitoring and fault diagnosis system for main drive of hot strip mill [J]. Metallurgical Industry Automation, 2008, 32(3): 65-68
- [3] 焦景民, 王成君, 罗付华, 等. 攀钢 1450 mm 热连轧机无芯移送式热卷箱技术及控制 [J]. 冶金自动化, 2006, 30(5): 63-65
JIAO Jing-min, WANG Cheng-jun, LUO Fu-hua, et al Technology and control of mandrelless transform coilbox in 1450 mm Hot Strip Mill of Pangang [J]. Metallurgical Industry Automation, 2006, 30(5): 63-65
- [4] 焦景民, 付开忠, 余广夫, 等. 攀钢 1450 mm 热连轧机自动宽度控制 (AWC) 技术 [J]. 冶金自动化, 2006, 30(3): 29-33
JIAO Jing-min, FU Kai-zhong, SHE Guang-fu, et al Automatic Width control technique for 1450 mm hot strip rolling mill in Panzhihua New Steel and Vanadium Co., Ltd [J]. Metallurgical Industry Automation, 2006, 30(3): 29-33
- [5] 张中平, 童永, 张殿华, 等. 攀钢 1450 mm 热连轧机层流冷却控制系统的开发及应用 [J]. 冶金自动化, 2006, 30(1): 30-33
ZHANG Zhong-ping, TONG Yong, ZHANG Dian-hua, et al Development and application of laminar flow cooling control system for 1450 mm hot strip mill in Panzhihua Iron and Steel Co Metallurgical Industry Automation, 2006, 30(1): 30-33
- [6] 薛兴昌, 焦景民. 攀钢 1450 mm 热连轧机自动化系统现代化改造总体设计和技术创新 (上) [J]. 冶金自动化, 2005, 29(5): 1-6
XUE Xing-chang, JIAO Jing-min Overall design and technical innovation in modernization reformation of automation

(下转第 70 页)

10^5 Pa 的阀开口度,对应模拟量输出为 4 ~ 20 mA,对应阀开口度为 0 ~ 100%。

通过长期在线应用,该系统设计原理清楚,控制方法正确,运行效果良好,创造了可观的经济效益,值得推广。

(济南钢铁集团有限公司 热连轧厂 张波)

程控脉冲分频技术在燃烧控制系统中成功应用

目前,脉冲燃烧技术已在工业炉窑的燃烧控制系统中广泛应用,但大都采用硬件分频设备对输出进行脉冲分频,给出各烧嘴的控制信号。该方法费用较高,控制灵活性也不够。鉴于此,大连万通工业装备有限公司工程部技术人员通过总结多年的实践经验,在 PLC 软件环境下,利用语句指令成功开发了程控脉冲分频器,即通过 PLC 程序实现硬件分频器的功能,大大节省了硬件成本,提高了控制灵活性。

从本质上讲,脉冲燃烧控制是通过改变烧嘴的启停时间及各个烧嘴的工作时序来完成的。在脉冲燃烧控制方式下,相对的一对烧嘴的工作状态相反,一台烧嘴为大火时,另一台为小火,可使热气流环形上行,在炉内形成均匀

的热力场,这样工件受热均匀,加热效率也大为提高。在程序设计中,首先对控制量进行整理,即根据输出值大小判断是加热还是冷却,计算出用于操作的控制值;然后根据烧嘴个数,计算各个烧嘴的脉宽时间和延时启动时间,脉宽时间是一定的。系统启动时,各个烧嘴根据程序输出控制信号分时启动,利用定时器,控制各烧嘴的启动时序和等待时间。脉宽时间可在上位机监控画面上根据实际控制需要手动输入和调整。在此方式下,配合适当功率的烧嘴,可设计分辨率较高的脉冲控制器,使系统获得很高的控制线性度。系统调试时,先根据烧嘴的功率、混合比、喷出速度等要求将烧嘴一次性调至最佳状态,这样烧嘴每次起动,都处于最佳工作状态,再根据上述设定程序起动运行,可提高燃烧效率,降低排放物污染水平。

该项程控脉冲燃烧技术已应用于各种炉型燃烧设备,包括台车炉、罩式炉及步进式加热炉等,通过近三年来在几十台炉窑热处理设备上的应用表明,燃烧效率高,控制温度精确,灵活性、稳定度高,为公司节约了非常可观的费用。

(大连万通工业装备有限公司 工程部
唐 锴,沙秀章,金庭彦)

(上接第 65 页)

system for 1 450 mm hot strip mill in Panzhihua Iron and Steel (Group) Co (A) [J]. Metallurgical Industry Automation, 2005, 29 (5): 1-6

[7] 薛兴昌,焦景民. 攀钢 1 450 mm 热连轧机自动化系统现代化改造总体设计和技术创新(下) [J]. 冶金自动化, 2005, 29 (6): 1-5.

XUE Xing-chang, JIAO Jing-min Overall design and technical innovation in modernization reformation of automation system for 1 450 mm hot strip mill in Panzhihua Iron and Steel (Group) Co (B) [J]. Metallurgical Industry Auto-

mation, 2005, 29 (6): 1-5.

[8] 王冰贺,罗诗昱,张 芮,等. 攀钢 1 450 mm 热连轧机精轧区速度主令控制系统 [J]. 冶金自动化, 2005, 29 (1): 66-68

WANG Bing-he, LUO Shi-ye, ZHANG Rui, et al Speed master control system of finishing mill in 1 450 mm hot strip rolling mill of Panzhihua Iron & Steel Group Company [J]. Metallurgical Industry Automation, 2005, 29 (1): 66-68

[9] 杨 节. 轧制过程数学模型 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993: 134-156 [编辑:沈黎颖]

征 文 通 知

为适应科学技术日新月异的变化,促进冶金企业的信息化和自动化,满足读者和作者的需要,《冶金自动化》杂志社与全国冶金自动化信息网合作于 2010 年 4 月出版《冶金自动化》增刊(也作为全国冶金自动化信息网年会论文集),希望广大作者、读者踊跃投稿。文稿一经录用,将收取论文发表费。4 页(以 1 800 字排版格式为 1 页计算)以内,收取 600 元;每增加一页加收 100 元。论文见刊后将支付 100 元稿酬。《冶金自动化》增刊自 2003 年起加入中国知识资源总库“中国重要会议论文全文数据库(CPCD)”,增刊刊出的全部论文在该数据库中均可检索到。增刊出版后,赠送一本样刊。若有额外需要,可以和杂志社联系订阅,每本收取工本费 80 元。

投稿网址: www. yjzd. com 投稿时请注明: 增刊投稿

截稿日期: 2009-12-31 电话: (010) 63815269, 63848128

欢迎关于自动化产品的厂商联系广告和参加会议等事宜 (010—63807255, 63841318)。

《冶金自动化》杂志社

2009 年 5 月