轧辊辊型优化技术研究*

魏建华[1,2],姜永军[1],尚 飞[1]

(1. 内蒙古科技大学机械工程学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢金属制造有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 在包钢2 250 mm生产线的生产过程中,板形问题是存在的主要质量问题。轧辊是热轧机组生产中使用到的重要大型工具,轧辊辊型直接影响着轧机对板带板形的调控能力。文章针对包钢2 250 mm生产线稀土钢轧制过程中,轧辊辊型进行了相应的技术研究,通过对精轧机组工作辊辊型的优化,加强了轧机对板带板形的调控能力,使轧辊可以更好的服务于生产。

关键词: 轧辊;辊型;板形
中图分类号: TG335 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)02-0056-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.017

Technical Research on Roll Shape Optimization of Roller

Wei Jian-hua[1,2], *Jiang Yong-jun*[1], *Shang Fei*[1]

(1. *School of Mechanical Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the production process of 2 250 mm production line in Baotou Steel, the main quality problems are the problems of strip shape. Roller is the important large tool used in the production of hot rolling unit and its roll shape directly affects the ability of rolling mill to regulate and control strip shape. In the paper, it is introduced the corresponding technical researches on roll shape of roller in the rolling process of rare earth steel with 2 250 mm production line as well as the ability of rolling mill to regulate and control strip shape is enhanced through optimizing the roll shape of working roll for finishing mill group so that the roller can serve production better.

Key words: roller; roll shape; strip shape

随着我国金属材料的发展,顾客对热轧产品要求在不断提高,热轧同类产品竞争日趋严酷。产品质量是产品的主要竞争力,为了提升产品竞争力,必须严格控制产品质量。在包钢2 250 mm热连轧生产线的生产过程中,板形不良问题一直制约着产线的正常生产,影响着产品的整体质量,板形控制问题的解决是我们急需处理的问题。轧辊是轧钢生产过程中使用到的主要工具,直接决定着轧机板形调控能力的大小,决定着热轧板带产品质量的优劣。轧辊辊型在板带板形的控制中起着关键的作用,辊型优化是我们解决板形不良问题的重要手段,如何合理优化不同种类的轧辊的辊型,生产出高质量的产

* 收稿日期:2019-11-14
作者简介:魏建华(1985-),男,内蒙古包头市人,在读硕士,工程师,现从事轧钢过程中轧辊管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

品，成为我们急待解决的问题。

1　2 250 mm 稀土钢热轧生产线

包钢 2 250 mm 稀土钢热轧生产线投产于 2013 年底，达产于 2015 年。本条生产线主体设备有加热炉、定宽机、两辊 R1 粗轧机组、四辊 R2 粗轧机组、F1 至 F7 七架精轧机组以及三台卷曲机组。主要使用的大型工具轧辊种类有 R1 工作辊、R2 工作辊、R2 支撑辊、精轧工作辊以及精轧支撑辊。不同种类的轧辊对应着多种材质。

生产线主要生产流程为：连铸板坯经过四座加热炉加热、定宽压力机定宽、二辊粗轧机可逆轧制、四辊粗轧机可逆轧制、飞剪切头尾、七机架精轧机连续轧制、层流冷却、卷取机卷取成卷、打包称重、托盘运输系统输送至热轧钢卷库或冷轧原料库。

2　稀土钢产品特点说明

2.1　热轧产品的优缺点

2.2.1　优点

热轧产品对于能耗的控制作用明显，热轧时金属塑性好，变形抗力小，有效减少了金属变形的能量消耗。热轧可以改善金属及合金的加工工艺性能，可以破坏钢锭的铸造组织，细化钢材的晶粒，并消除显微组织的缺陷，从而使钢材组织密实，有效改善材料的综合力学性能。同时，钢坯浇注时形成的气泡、裂纹和疏松，也可在高温和压力作用下被焊合[1]。

2.1.2　缺点

(1)由于热轧的大压下量轧制，使得钢坯经过热轧之后，钢材内部的非金属夹杂物被压成薄片，热轧产品容易产生分层现象。

(2) 热连轧生产过程中板带的不均匀冷却造成的残余应力对产品影响较大。残余应力是在没有外力作用下内部自相平衡的应力，各种截面耳朵热轧型钢都有这种残余应力存在，残余应力虽然是相互平衡的应力，但是钢件在外力作用下发生变形时，对板带变形有许多不利的影响[1]。

(3)由于应力集中等问题，热轧的钢材产品，带钢厚度和板形均不好控制，产品频繁出现厚度不均、板形不良等缺陷，直接影响热轧产品质量。

2.2　热轧产线生产过程中存在的产品质量问题

在包钢 2 250 mm 热轧生产线的生产中，存在的主要产品缺陷有板形不良、表面氧化物、表面划伤、翘皮、宽度不合以及表面压痕等。其中板形不良问题是我厂热轧生产线产品的主要缺陷，典型的板形不良缺陷问题有带钢楔形、带钢局部高点等。

目前，热连轧机主要的板形控制手段包括三种，分别是非对称工作辊的轴向窜动、强力弯辊以及负荷分配。其中非对称辊型窜辊是一种凸度控制能力最强的板形控制手段，板形控制效果较为明显。轧辊的辊型直接决定着串辊的能力的大小，辊型的优化对于热轧机组轧制板带过程中板形不良控制问题的解决有着较为重要的作用。

3　主流产线辊型设计研究现状

3.1　工作辊辊型

热连轧机组工作辊的辊型，直接决定着板带的板形。工作辊辊型主要分为常规凸度辊型与可变凸度辊型。由于常规凸度工作辊辊型较为简单，对其进行的辊型设计也多集中在边部形式上，如 ASR、K－WRS等[2]。辊型设计的研究更多的围绕可变凸度工作辊辊型开展。广大科研工作者开展了许多的研究，其中最具代表性的是西马克公司研制成功的 CVC 辊型。该辊型得到了广泛重视，针对 CVC 辊型的等效凸度范围选择以及基于 CVC 辊型的改进设计得到了许多学者的研究。如魏钢城提出了以改善工作辊窜辊行程利用率低、窜辊分布曲线中心偏移情况为目的的辊型凸度范围选取方法。李洪波对 5 次 CVC 辊型曲线的板形调控特性进行了分析，提出了相应的辊型设计方法。但是上述辊型设计还是难以从根本上解决常规凸度辊凸度控制能力小和可变凸度辊难以均匀轧辊磨损的问题。

3.2　支撑辊辊型设计

在常规四辊轧机中，支撑辊与工作辊轴向接触长度大于所轧制带钢的宽度，多出部分对工作辊产生附加弯矩，这个弯矩增加了承载辊缝的凸度，对带钢板形有害，抑制了弯辊力的调控能力。为了减小有害接触区，增大弯辊力调控能力，多位学者对支撑辊辊型进行了研究。提出了变接触支撑辊，该类支持辊工作原理为基于系统弹性变形特性，在受力状态下使支撑辊与工作辊之间的接触线长度能与轧制宽度自动适应，以消除“有害接触区”，提高承载辊缝的横向刚度，增加轧机对板形干扰因素的抵抗能力，抑制板形缺陷的产生，使轧后带钢的板形保持稳定，同时增加了弯辊力的调控功效，使得轧机能够快速地消除板形缺陷，提高轧机的板形控制能力。另外为了均匀辊间接触压力，对于工作辊为 CVC 辊型

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

时,支撑辊往往也采用与之配套的 CVC 辊型或是 CVC 与 VCR 结合的 CVR 辊型[3]。

4 热轧生产线工作辊辊型优化研究

为能够研究好包钢 2 250 mm 热轧生产线各机架的板形调控特性,我们运用 ANSYS 软件建立了 2 250 mm热连轧各机架的辊系有限元模型。模型的基本参数均按照现场实际参数设定。由模型多次模拟轧制的结果得知,目前存在辊型改进需求的机架主要表现在上游机架,下游机架凸度调控能力充足。F1 机架凸度控制能力不足,F2 机架的凸度控制能力不足情况是因为 F1 机架遗传下来的凸度控制任务,如果 F1 机架凸度控制能力足够的话,F2 机架凸度控制能力可以满足。解决此问题,可以有 2 种改进思路,一是将对 F1 机架的凸度控制能力进行较大程度的放大,使 F1 可以实现凸度控制不至于将凸度控制任务传递至后续机架;二是由于上中游四个机架均有凸度控制能力,可以对四个机架的凸度调控能力进行同样的小幅度凸度控制能力放大,这样可以使得上中游机架凸度合理。

若采用第一种思路,对于 F1 来说表现出整体的凸度控制能力不足情况,尤以负凸度控制能力不足突出,甚至将凸度控制任务遗传至 F2 机架仍然无法实现,导致 F2 机架也出现了部分的负凸度控制能力不足情况,而上游机架由于辊径较粗,弯辊力的凸度调控范围较小,通过有限元模型计算得到 F1 机架弯辊力整个变化范围对凸度的调控能力只有不到 300 μm,不足窜辊对凸度调控能力的 1/6(窜辊对辊缝凸度调控能力为 1 900 μm),因此为了增强 F1 机架的凸度调控能力,需要对辊型进行优化,由于在正向的凸度控制极限上也表现出了 3% 的不足情况,因此不能对当前凸度调控范围进行平移操作,而应该对当前凸度调控范围进行放大操作,将 F1 机架原来的(-0.95 mm,0.95 mm)凸度调控范围初步放大至(-1.35 mm,0.95 mm);若采用思路二,则将 F1 不足的凸度调控能力有 F1-F4 机架共同分担,则 F1-F4 机架的辊形凸度范围为(-1.05 mm,0.95 mm),优化前后的辊型参数以及辊型如表 1 所示,在实际生产过程中可以采用方案二,这样做在满足凸度调控能力的同时可以使轧辊加工简单同时减小备辊压力。

表 1 优化前后机架辊形参数

工序	辊型参数 a1	辊型参数 a2	辊型参数 a3
优化前	2.7511e-03	-2.48366e-06	-2.48366e-06
第一次优化	3.17342e-03	-2.94502e-06	7.86022e-09
第二次优化	2.85668e-03	-2.5990e-06	6.83498e-09

利用第二种辊形优化思路,对我厂 2 250 mm 热轧精轧工作辊辊型进行了优化。通过辊型优化,可以有效增加精轧机组前段机架凸度调控能力不足的实际情况,增加串辊调控能力,进而改善稀土钢轧制过程中出现的板带板形不良的问题。

5 结束语

通过对包钢 2 250 mm 热轧生产线的轧辊辊型的不断研究,经过多次线下模拟研究并进行了适当的优化,有效增加了精轧机组前段机架轧辊的凸度,弥补了有限元模型模拟运行时发现的上游机架出现一定程度的控制能力不足的缺陷;前段机架凸度增加的同时,后段机架窜辊行程得到了相应的放大,这使得包钢 2 250 mm 热轧生产线机组的板形控制能力有所增加,对轧制过程中板形的控制起到一定的作用。目前,我们已经将工作辊的 CVC 辊型优化运用到实际生产中,使用效果良好。

参 考 文 献

[1] 王国栋. 板型控制和板型理论[M]. 北京: 冶金工业出版社,1986.

[2] 刘天武,何安瑞,杨荃. 热连轧凸度反馈控制策略[J]. 中国机械工程,2010,21(7):860-864.

[3] 张清东,郭帅科,白剑. VC 支持辊板型调节原理与特性研究[J]. 冶金设备,2008,171(5):13-16.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net