

文章编号: 1009-9700(2008)03-0012-02

冷轧极薄带钢轧制工艺研究

张灵杰

(中冶南方工程技术有限公司,湖北 武汉 430080)

摘要:结合带钢冷轧基本理论,采用多辊轧机对极薄带钢进行轧制试验.讨论了极薄带钢的轧制工艺特点,建立了基于板形良好的极薄带钢冷轧轧制压力模型、张力模型,进一步分析了极薄带钢轧制分区特点.

关键词:极薄带;张力;轧制力;轧制分区

中图分类号: TG 335.6*3

文献标识码: A

Cold rolling of ultra-thin strip steel with multi-roll mill

ZHANG Ling-jie

(WISDRI Engineering & Research Incorporation Limited, Wuhan 430080)

Abstract: The experiments of fabricating ultra-thin strip steel by cold rolling with multi-roll mill were carried out based on the fundamental theory of strip steel cold rolling. In addition, the characters of the rolling process for ultra-thin strip steel were outlined, proper models for calculating the compression and tension involved in cold-rolling the strip established, and the zoning character in rolling ultra-thin strip steel analyzed in the article.

Key words: ultra-thin strip; tension; rolling force; zoning in rolling

0 引言

随着多行业对薄带材、极薄带材需求的增长,用户对产品的精度要求也越来越高,高精度冷轧薄钢带一般由多辊冷轧机生产.多辊冷轧机由于轧机的刚性大、轧辊的弹性挠曲变形非常小,以及它所具有的多种方便灵活的调节手段,能生产出尺寸精度极高、平直度非常好的钢带^[1-3].

1 选用数学模型

在计算冷轧薄板平均压力的公式中,常采用斯通公式(M. D. Stone)公式^[2-4]:

$$p_{cp} = (K - t_{cp}) \frac{e^{\frac{fl}{h_{cp}}} - 1}{\frac{fl}{h_{cp}}} \quad (1)$$

$$K = 1.15 \frac{\sigma_{s0} + \sigma_{s1}}{2} \quad (2)$$

σ_{s0} 、 σ_{s1} —分别为轧制前、后轧件的屈服强度,MPa;

$$h_{cp} = (h_0 + h_1)/2 \quad (3)$$

h_0 、 h_1 —分别为轧制前、后的轧件厚度,mm;

$t_{cp} = (t_0 + t_1)/2$ —轧件入口及出口的平均单位张力;

t_0 、 t_1 —轧件入口及出口的单位张力,MPa;

f —轧件与轧辊间的摩擦系数,

l —考虑轧辊弹性压扁后的接触弧长的水平投影,mm,其计算公式为:

$$l = \sqrt{R(h_0 - h_1) + \left[\frac{8R(1 - \mu^2)}{\pi E} \right]^2 P_{cp}^2 + \frac{8R(1 - \mu^2)}{\pi E} p_{cp}} \quad (5)$$

轧件材料的变形阻力由于有加工硬化的影响,大小往往和前面各道次的加工率有关,而且对本道次来说,它也是沿着接触弧变化的,工程计算和在线控制常用道次的平均累计变形程度 $\bar{\epsilon}_\Sigma$ 计算,取该道次进出口截面累计变形程度 $\epsilon_{\Sigma H}$ 、 $\epsilon_{\Sigma h}$ 的加权平均值来计算. μ_ϵ 为加权系数取0.4,则:

$$\bar{\epsilon}_\Sigma = 0.4\epsilon_{\Sigma H} + 0.6\epsilon_{\Sigma h} \quad (6)$$

采用 $\sigma_s = a_1 \times (\epsilon_\Sigma + a_2)^{a_3}$ 的结构形式. (7)

a_1 、 a_2 、 a_3 —待回归系数.

用SPSS12.0回归软件对某冷轧厂提供的CQ

系列的钢种数据按式(6)进行回归,得

$$\sigma_s = 760.6339 \times (\varepsilon_{\Sigma} + 0.0182)^{0.303} \quad (8)$$

图 1 中实线为实验室里的拉伸实验值,点划线为回归公式的拟合值

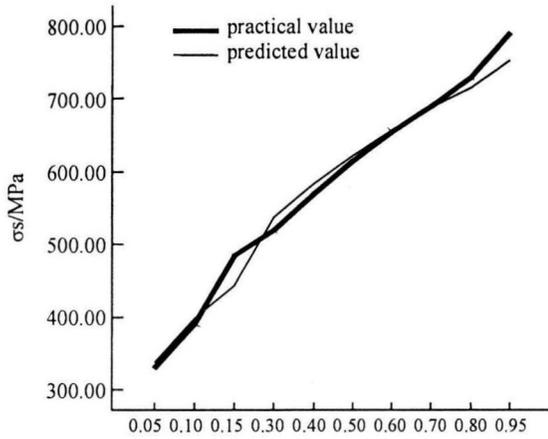


图 1 拉伸实验回归曲线

采用小直径工作辊轧制的多辊轧机,金属的变形是依靠轧辊压下和卷取机建立的带材张力共同完成的,轧制过程的工艺特点是采用较大张力轧制,带钢的厚度很薄时,采用前张力小于后张力(第一道除外)的方法在许多情况下是有利的.同时,后张力更能有效地促进变形^[5].实验操作中采用 $0.3\sigma_s$ 为轧制过程中的平均张力值(σ_s 为入口处经累积变形后的屈服极限).

$$T = \sigma \cdot b \cdot h \quad (9)$$

$$\sigma = T/F = (0.3 \sim 0.5) \sigma_s \quad (10)$$

2 实验方法

以 CQ 系列钢种为例(来料规格 $0.3 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}$, 成分为 $w(\text{C})0.03\%$, $w(\text{Si})0.01\%$, $w(\text{Mn})0.19\%$, $w(\text{P})0.015\%$, $w(\text{S})0.01\%$) 在多辊高精度可逆轧机上进行低速轧制实验,实验目的为研究极薄冷轧带钢的板形良好的轧制压力条件、极薄带轧制工艺特点及多辊轧机辊系力能计算校合.采用的工艺润滑油是 16 号矿物油.

3 试验结果及讨论

根据实验结果中可以得出,在最后几道次由于轧辊弹性压扁和轧辊边部压靠急剧增加,以及轧件变形抗力的增加,压下量不断减少,轧机力急剧增加,直至达到最小可轧厚度.见图 2.

通过实验得出了变形在 $0.3 \sim 0.045$ mm 范围内,在实验过程中并没有出现传统的板形良好区域和 P 值随减少而降低的现象,分析原因为:轧件来

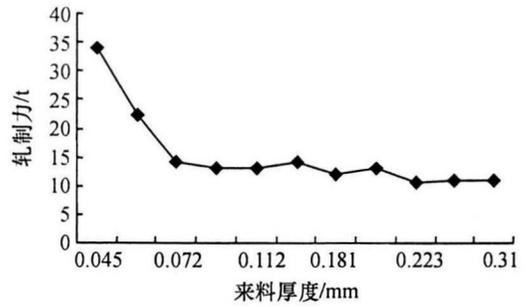


图 2 保持板形良好最大轧制力与来料厚度关系
料很薄,压下量小,与较厚的板带料轧制过程相比,轧制力的降低不明显.

1) 当带厚较大时,轧辊两端没有发生压靠,板形良好条件为随着来料厚度的减少,轧制压力相应降低(如图 3 所示)。

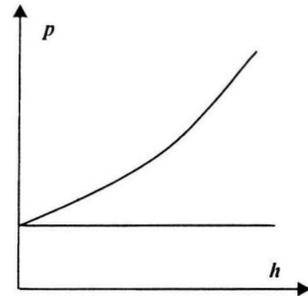


图 3 两辊悬压时轧制压力和出口厚度关系

2) 当轧制到一定厚度时,轧辊两端逐渐发生压靠,此时随着带厚的进一步减少,轧制压力急剧增加,直至达到最小可轧厚度(如图 4 和 5 所示)。

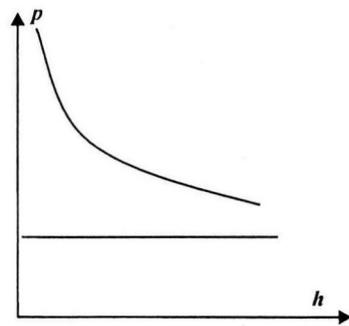


图 4 逐渐压靠时轧制压力和出口厚度关系

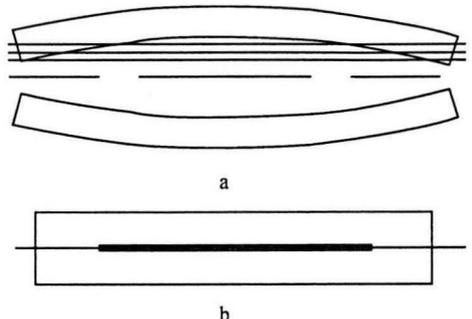


图 5 随道次增加轧件中心线与轧辊相对位置关系
a—轧辊与轧辊未压靠;b—轧辊与轧辊极限压靠

系统等的数据采集与通讯. 从 PLC 系统采集的数据主要包括各工序设备的状态、工艺参数和作业事件等信息. 从 L2 发送给 PLC 的信息主要包括作业计划、轧制参数表等.

接口通讯方式采用以太网通讯协议和 TCP/IP 组播技术. 其中加热炉 PLC 系统、空冷线、秤量 PLC 系统韶钢采用以太网通讯协议, 轧机 PLC 系统因一级操作终端较多, 网络通讯量大, 我们采用通过 UDP 组播方式进行采集通讯.

组播技术是 TCP/IP 传送方式的一种, 允许一个或多个发送者(组播源)发送单一的数据包到多个接收者(一次的, 同时的)的网络技术. 组播源把数据包发送到特定组播组, 而只有属于该组播组的地址才能接收到数据包. 韶钢高线厂采用组播技术可以大大的节省网络带宽, 因为无论有多少个目标地址, 在整个网络的任何一条链路上只传送单一的数据包. 它提高了数据传送效率, 减少了主干网出现拥塞的可能性. 与打标机系统的通讯, 通过以钩号作为关键字进行信息传输, 当某一线卷到达打标秤

量位置时, L2 系统自动识别该线卷的钩号, 并将该钩号附属的产品信息通过 TCP/IP 协议传送给打标机系统进行标牌自动打印, 打印完成后, 标牌信息又通过 TCP/IP 协议返回给 L2 系统, 从而做到生产数据不落地, 实现全流程的信息共享.

3 结束语

韶钢高线二级系统自投运以来, 成功实现了高线生产物流和信息流的统一, 对轧件的物流跟踪提供了有效的手段, 大大提高了生产效率, 降低了作业劳动强度, 取得了显著的经济效益.

参考文献

- [1] 汤洪博. 钢铁企业 MES 中的生产计划管理模式[J]. 控制工程, 2005, 12(6): 577.
- [2] 卢立铭. 基于软件构件技术的冶金工业过程控制系统[J]. 宝钢技术, 2006, (1): 35.

(上接第 13 页)

3) C 在一定范围内, 随着轧件减薄, 轧制压力不断增加, 轧件的挠曲量不断减少, 能够保持板形良好, 直到接近零(如图 5 中 a、b 所示).

4) 带钢由厚到极薄的整个过程轧制压力和出口厚度关系可由图 6 所示.

5) 将试验压力值对比于程序中采用斯通公式计算出的理论值, 如果试验值与计算值相近, 则说明轧制过程处于图 6 中 I 区, 未发生压靠; 如果试验值与计算值相差很大, 则说明轧制过程处于图 6 中 II 区, 轧件和轧辊发生了压靠.

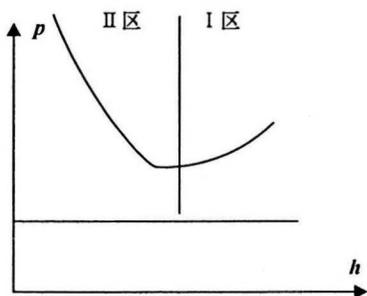


图 6 轧制压力和出口厚度关系

I 区—两轧辊悬压区域; II 区—两轧辊渐压靠区域

综上, 带钢由厚到极薄的整个过程中轧制压力和出口厚度关系可分为悬压区(两辊未发生接触)和压靠区. 影响轧制力的因素不仅有变形抗力还有压靠, 这是高品质极薄带钢生产中制定轧制规程时不可忽视的问题. 在一定范围内, 随着轧件减薄, 轧制压力不断增加, 轧辊的挠曲量不断减少, 能够保持板形良好, 直到接近零.

参考文献

- [1] 许健勇. 轧制厚度与板形高精度控制技术[J]. 宝钢技术, 2001, (4): 1-6.
- [2] 潘纯久. 二十辊轧机及高精度冷轧钢带生产[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [3] 刘军. 现代冷轧带钢生产技术进展概述[J]. 鞍钢技术, 200, (5): 13-18.
- [4] 赵志业. 金属塑性变形与轧制理论[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994.
- [5] 刘立文, 张树堂, 武志平. 张力对冷轧板带变形的影响[J]. 钢铁, 2000, 35(4): 37-39.