

冷连轧张力、厚度和板形的动态控制

Tirlochan S. Bikhu (阿尔斯通公司)

翻译: 沈冰泉 (高速线材厂)

摘要 本文介绍了冷连轧的厚度自动控制(AGC)和板形自动控制(AFC)的原理,运用工业应用中的实例来介绍前馈和反馈控制器在实践中的应用。

关键词 冷连轧 张力 厚度 板形控制

(接上期)

7 AGC 增强功能

通过对 AGC 的运行和性能的不断研究并作相应的改进,其性能得以很大提高,用新的控制方法和技术,结合新型的或附加检测仪表以及提高轧制过程模型来增加 AGC,以下举例说明。

7.1 无交叉 AGC

一种新型的控制方法称为无交叉(NIC) AGC,用模型的准确信息来计算控制调整量以最大限度地减少厚度、机架速度和张力之间的相互作用(图 12),其原理已完善并已在反馈和反馈控制中使用。为了确保在合适时间进行调整,此方法必须附加跟踪。

7.2 X2 厚度反馈

用附加测量仪表来增强 AGC 的性能。此测量仪表装在 2^{*} 机架后,此仪表检测的信息可以使基本控制算法增强并且增加了新的控制性能,提高了轧制性能,即可附加一个辅助的金属秒流量前馈环(图 13),以消除 2^{*} 机架后的高频残余颤动。

7.3 穿带厚度重分配

在很薄的带钢和镀锡板生产中,其压下方式需要与给定运行速度不同的穿带速度。穿带厚度重分配模型(图 14)通过调节轧件速度适应轧件厚度的动态变化,这是一个复杂的控制模型,因此在整个轧制过程中,必须准确地跟踪厚度变化。

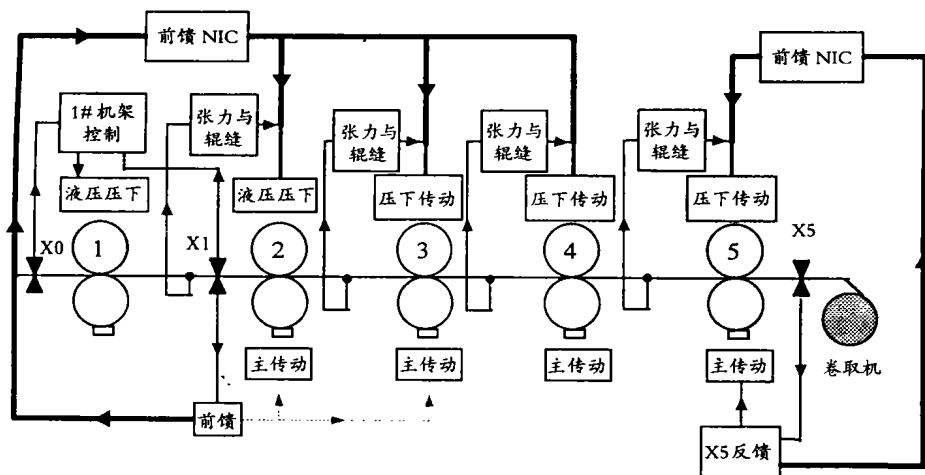


图 12 用于辊缝校正的无交叉 AGC 厚度控制的例子

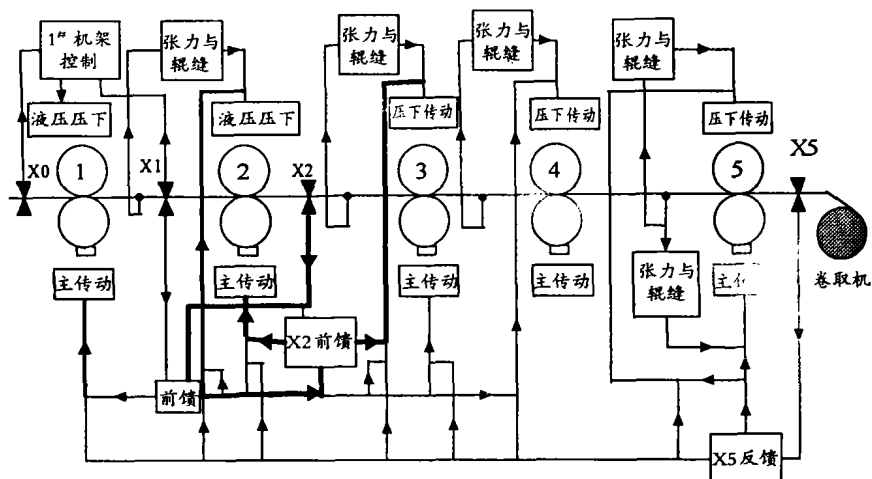


图 13 附加仪表,如在 2[#] 机架后的厚度计,可以增加 1 个秒流量前馈控制

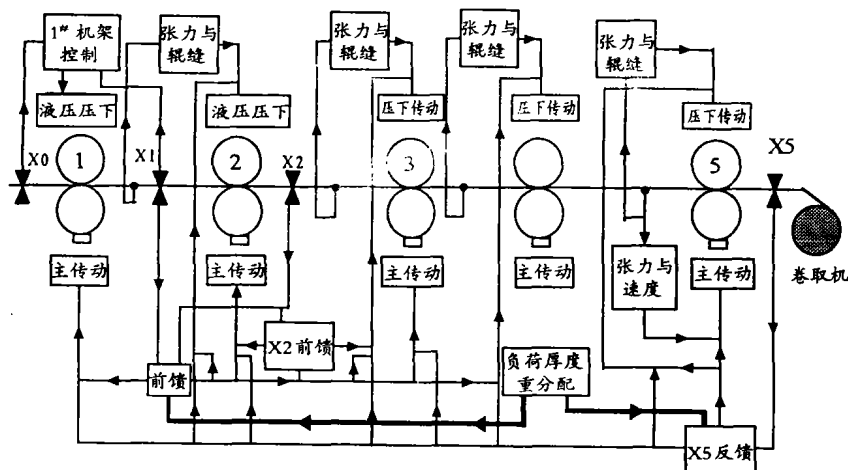


图 14 通过轧件速度控制使从穿带到运行速度的压下模式再分配的增强模型

8 偏心控制

轧辊运转时,会发生偏心,并且是周期性的。模式识别过程(图 15)采用了这个特性,谐振与轧辊速度有关,较高的谐振是轧辊运转基波频率的整数倍,偏心控制最重要的一面是准确记录轧辊运转时的实际位置,驱动工作辊常用脉冲发生器,这样能十分准确地获得轧辊的位置,如果知道辊径,就可以计算出支撑辊位置,然而,这样做不十分准确,特别是当辊子受热膨胀及磨损和辊子之间滑动时,辊径就发生了变化,大多数情况下是在支撑辊上作标记,这

样就可以记录轧辊旋转时的位置,现已开发了一种跟踪支撑辊位置的数学自动修正技术而取消在支撑辊上作标识,但很难保留。

有许多不同的识别技术:傅里叶分析、谐振器、神经网络、多周期滤波器和卡尔曼滤波器,时域分析的优点是识别模型能容易地与轧辊的实际断面联系起来。早期的偏心补偿系统是在离线辊压辊测试时,用压力传感器的测量值或压头测量值识别偏心模型,然后根据轧制过程中的轧辊位置测量,构造前馈补偿辊缝调整。轧辊受热膨胀及磨损时,系统结合在线识别技

术就能跟踪轧辊断面的变化。

由于扰动随卷取机旋转是周期性的,因此卷取机偏心识别和补偿技术类似于轧辊偏心控制,从卷取机马达的脉冲发生器检测到带卷的位置信号,从而能准确地记录其位置。

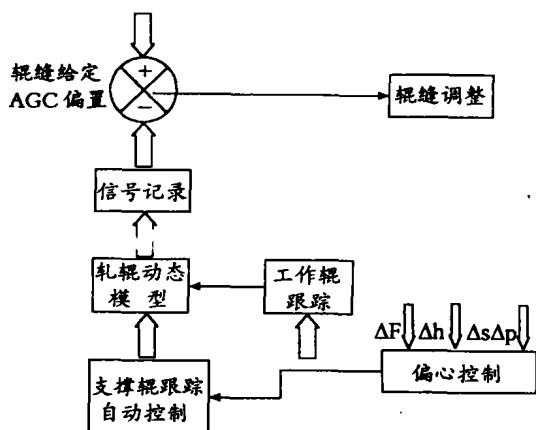


图 15 AGC 的偏心控制

9 连轧时的穿带

图 16 有三种穿带状态:1[#] 机架有钢,前后张力已建立;2[#] 机架有钢;3[#] 机架准备咬钢。若有厚度测量,则 1[#] 机架的厚度控制动作以确保带钢以恒定厚度出 1[#] 机架,1[#] 和 2[#] 机架间

张力在这种状态下靠调节 1[#] 机架速度来控制。2[#] 机架辊缝保持不变以获得良好的板形,带钢出 2[#] 机架后通常不控制厚度,在 3[#] 机架咬钢时,为了快速建立张力,在机架准备咬钢时,给机架一个小的超前速度。

3[#] 机架含钢时(图 17),2[#] 机架有钢且其前后张力已建立,以及在 2[#] 机架后轧件尺寸超差,1[#] 和 2[#] 机架间张力就根据 2[#] 机架的辊缝来进行控制,这时激活 X1 厚度前馈控制,2[#] 机架就变为目标压下量,并控制 2[#] 机架出口的带钢厚度,2[#] 和 3[#] 机架间的张力然后通过速度控制,每个机架按这种逐步递进式方式实行厚度控制直到带钢到卷取机,轧线中所有 AGC 控制都动作。

对薄板来说,轧辊咬钢时摩擦力增加,因此产生较高的轧制力,与轧辊运行相比,张力增加对轧辊有利。综合其它因素,与轧辊在运行时要获得相同的变形量相比较而言,摩擦力增加改变了轧辊穿带状态时的轧制力方式。除摩擦力影响外,至少还有二种其它重要因素影响穿带的力。与运行相比,带钢在穿带时温度较低,这样在穿带时,后面机架的轧制力要增加,然而,运行时应变效应将减少轧制力。为了平衡,在穿带时,系统倾向于前面机架增加轧制力,后面机架减少轧制力。

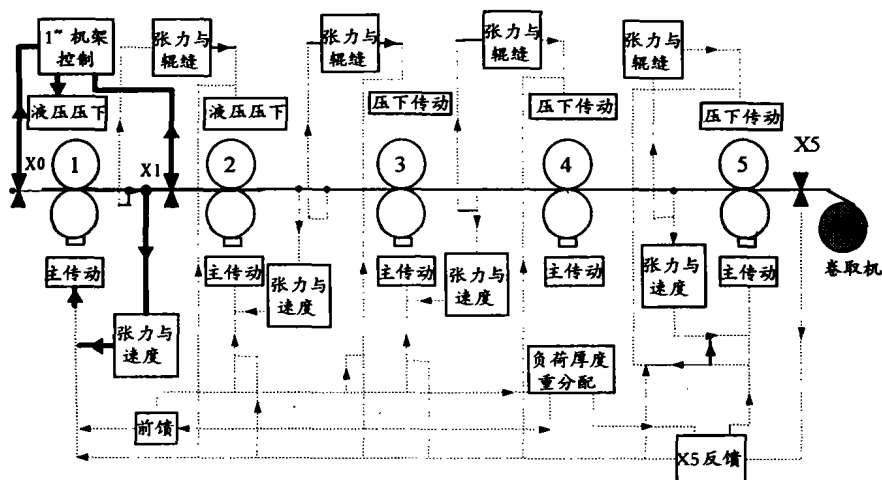


图 16 连轧时的三种穿带状态:1[#] 机架的前后张力建立;2[#] 机架有钢;3[#] 机架准备咬钢

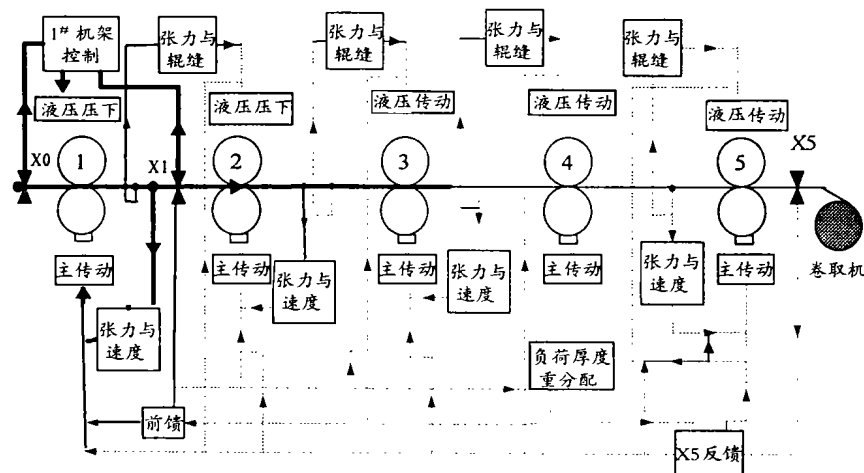


图 17 3# 机架含钢、2# 机架前后张力建立并切换到辊缝控制, 后继机架同样在其前后张力建立时, 由速度控制切换到辊缝控制

10 厚度飞跃变化

连续生产的连轧线, 带钢的头尾焊接在一起, 穿带较少, 因此一带卷与下一带卷的轧制程序是动态变化的, 这种控制称为厚度飞跃变化 (图 18), 其目的是轧制程序改变时, 尽量缩短过渡段长度以符合工艺要求, 避免平整度问题和金属秒流量变化。

整个轧线中过渡点跟踪是厚度飞跃变化方案中基本的特性, 由此来控制执行器的时序, 焊接比较容易, 但带钢中部尺寸改变却很复杂。为了方便控制金属秒流量, 准确地跟踪带钢在所有长度的厚度对计算轧件速度变化非常重要, 为了在过渡后保持新的速度方式, 并且避免过渡前后机架速度逆向级联产生扰动, 因此在某一机架的轧辊辊缝变化时, 必须保持此机架入口和出口的金属秒流量平衡。

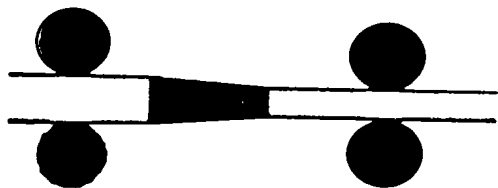


图 18 厚度飞跃变化时使过渡段在二机架中间产生, 过渡段指标与速度响应和辊缝匹配

11 板形控制(AFC)

有许多测量板形的方法, 包括板波振幅和相关应力测量, 最普通易接受的测量方式是基于相对延伸法和 I 单位测量法 (图 19)。

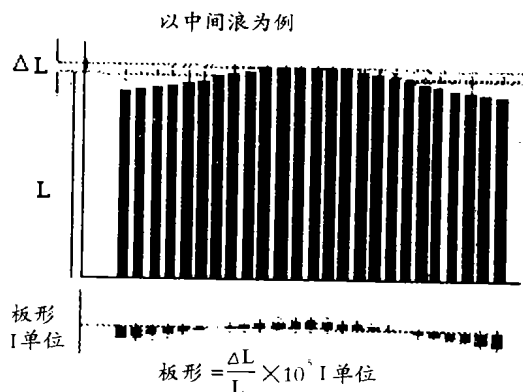


图 19 I 单位定义为 $(\Delta L/L) \times 10^5$

典型的在线测量方法是在最末机架出口安装测量辊 (板形计), 目前有二种常用类型的测量辊, 即多段辊和固定辊。

有许多由控制系统将测量的分段板形转变为简单易用的形式的方法。多段的测量板形波形由各种基本波形叠加而成, 象线性、抛物线、

三次曲线、四次曲线等相当常见的波形,可用于闭环控制。最小方形技术能将一个多段的板形误差分解为线性和抛物线,将其它的误差分解为三次曲线和四次曲线等,直到 n 次曲线。

典型的 AFC 如图 20 所示,主要控制是从波形计来的板形实际测量值到弯辊、斜辊和分

段喷淋控制系统的反馈环,测量辊压力和一个计算的轧辊弯曲调整补偿值组成前馈控制,弯曲工作辊控制是修正板形对称缺陷和减少板形非对称缺陷,局部的辊弯也可修正较高阶的非对称边缘缺陷,斜辊控制修正大的非对称板形缺陷。

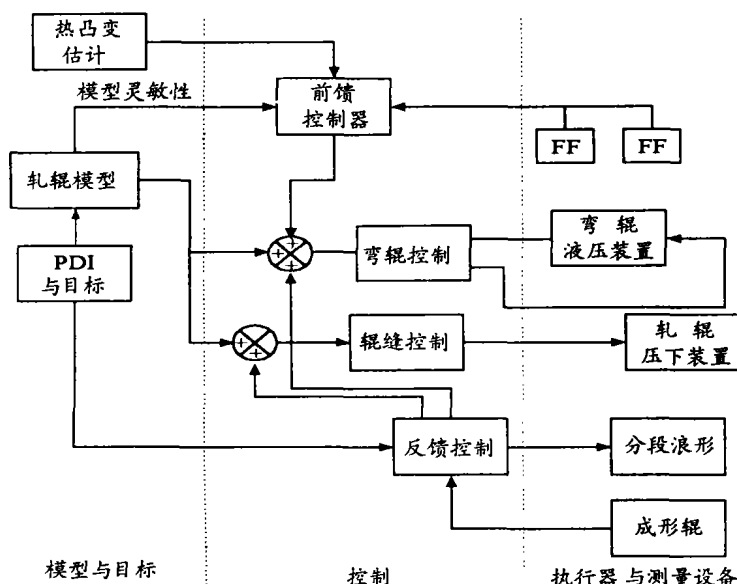


图 20 板形执行器和方法

一种更为灵活的方式是分段喷淋控制(图 21),在整个工作辊而产生温度变化以产生局部热凸变,要避免热凸变化就要求喷淋和辊子间有充分温差。

入口和出口的金属秒流量平衡。

12 总结

本文概述了冷连轧带钢的张力、厚度和板形动态控制,介绍了恒定金属秒流量 AGC 的基本原理以及开发的带前馈和反馈控制的连轧机、张力和厚度控制,偏心识别模型应用到补偿轧辊及卷取机偏心的效果,带钢穿带和轧件增速的附加 AGC 特性以及连续式轧线的厚度飞跃变化。同时介绍了板形测量和测量辊,分析了板形测量误差的对称和非对称成份和用前

馈和反馈控制对轧件板形在线校正。

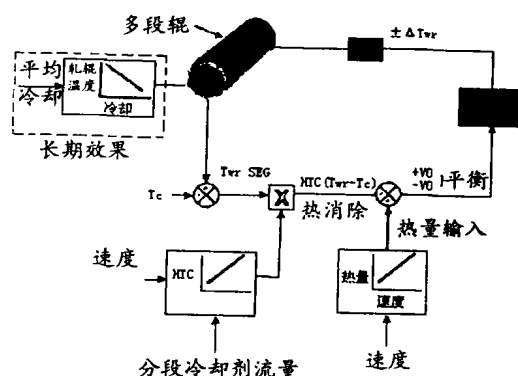


图 21 控制局部工作辊热变化的闭环控制的分段喷淋控制