

[控制系统]

热轧板材的厚度和板形控制工艺分析

文/邯钢连铸连轧厂 田利锋

厚度和板形是衡量板材产品质量的两个重要指标。从厚度控制和板形控制两个方面进行了理论分析,指出了造成板材产品厚度偏差和板形不良的关键所在,并提出了对现有控制功能进行完善的方法。其主要目的就是改善厚度控制技术,使板材的厚度偏差控制在国家标准的范围以内,以满足用户对产品质量日益提高的需求。

邯钢CSP轧机厚度控制系统由上位机、下位机、操作站和测量仪表四部分组成,它们相互配合调节,实现板坯的厚度和板形自动控制功能。系统的主要特点是:一方面控制系统采用计算机分布式控制体系,形成模块化结构,灵活性和适应性强,而且便于维护;另一方面上位机采用先进的控制思想与算法,如同步自适应控制、自动测试轧机刚度曲线控制、随机最优控制及厚度AGC自动控制等算法,极大地改善了产品的控制准确度;最后在硬件设计、安装上采取了一系列技术措施,保证了系统在恶劣条件下连续可靠地运行。

厚度控制系统

在板坯的轧制过程中,当轧机的进料在厚度、温度以及材质上出现不均匀时,会使轧制出的板材在纵向厚度出现偏差。为消除这种厚度偏差,在轧机厚度控制环节上采用了厚度反馈自动控制系统。

为实现厚度控制,需要事先设置好厚度的给定值,将厚度仪表检测到的厚度值与给定值比较,得到厚度偏差,控制器根据偏差信号给出相应的控制信号,用控制信号驱动液压执行机构,进而调节轧机辊缝消除厚度偏差,从而使出口板材的厚度等于用户要求的设定厚度。

现场厚度检测装置是安装在最后一架轧机的后面,在这种方案中,由于测厚仪与轧机之间相隔一定距离,厚度偏差需要延迟一定时间才能检测出来。这相当于在系统中增加了一个滞后环节,因而系统不易稳定,而且开环放大倍数和系统的快速性会受到限制。为改善反馈控制的控制准确度,我厂在轧机出口处安装了X射线测厚仪,利用X射线测厚仪检测带钢实际厚度,与给定值相比较计算厚度偏差量,并在控制回路中常采用PID调节器和负反馈电路来保证系统的稳定工作。由厚度偏差信号驱动液压控制阀和执行机构进行辊缝微调节,这种控制方式极大地改善了厚度控制的准确度。X射线厚度测量控制系统的原理图如下图所示。

当板材在厚度仪上通过时,厚度仪会激发出X射线,射线射向要测量带钢的上表面,原始射线束通过带钢后能量被吸收衰减,剩下的部分被射线检测器捕集,这样可以根据带钢衰减的射线量与带钢厚度以及其他参数(例如:能量源、材料成分和温度)的线性关系可以计算出带钢的厚度,该测量值与给定的厚度值进行比较后,得出厚度偏差值。而后控制计算机系统应用计算机中相应的数学模型,来确定消除出现厚度偏差所需要的辊缝调节量。该系统不受带钢移动、润滑油雾以及水汽和其他环境因素的影响,因此厚度的

准确性、稳定性都十分可靠。且射线源和检测器放在一个刚性C形框架内，便于保护射线源和检测器不受轧机环境的侵害，而且故障时维修比较方便。

控制器系统是利用液压辊缝AGC自动控制功能实现，该环节是消除厚度偏差的根本环节。厚度偏差的消除有两个步骤。一是根据厚度偏差大小，计算出调节量，输出控制信号，一般是调节辊缝大小，在厚差很小时，也可以调节张力；二是根据控制信号，驱动液压阀执行辊缝调节。其中液压辊缝控制（HGC）系统又分位置控制（Position Control）和轧制力控制（Force Control）两种方式。

板形平直度控制系统（PCFC）

板形是带钢产品的另一项重要指标。所谓板形直观讲是指板材横向断面厚度分布均匀度和板面平坦度，就其实质而言则是指板带中的内应力及其沿横向的分布情况。只要带钢中存在内应力，就视为板形不良，当内应力足够大时，带钢外形会表现出中浪或者边浪等浪形曲面，更加明显时还会产生板面侧弯。

板形仪是用来测量板材断面形状的仪表，板形仪工作原理利用高速摄像头扫描出带钢沿宽度方向上厚度变化的一个断面图。这种测量仪能在几毫秒内在带钢上进行快速连续拍照扫描，进而得到一幅板形断面曲线图像。将曲线数据反馈到上位板形控制系统（PCFC）进而控制改善板材的平直度。平直度测量仪本身并不参与控制，它是经PCFC控制系统将有关数据传递给MCS计算机，MCS根据这些数据进行相应功能的预设和调整。

当板坯进入轧机后，厚度自动控制系统开始消除由于轧制力等变化起的厚度偏差，同时板形控制系统也开始消除由于板材内应力变化所引起的板形偏差。用于消除板形缺陷的最终控制方式主要有：工作辊弯辊、工作辊窜辊、辊缝和压力调偏控制以及分段冷却控制等。

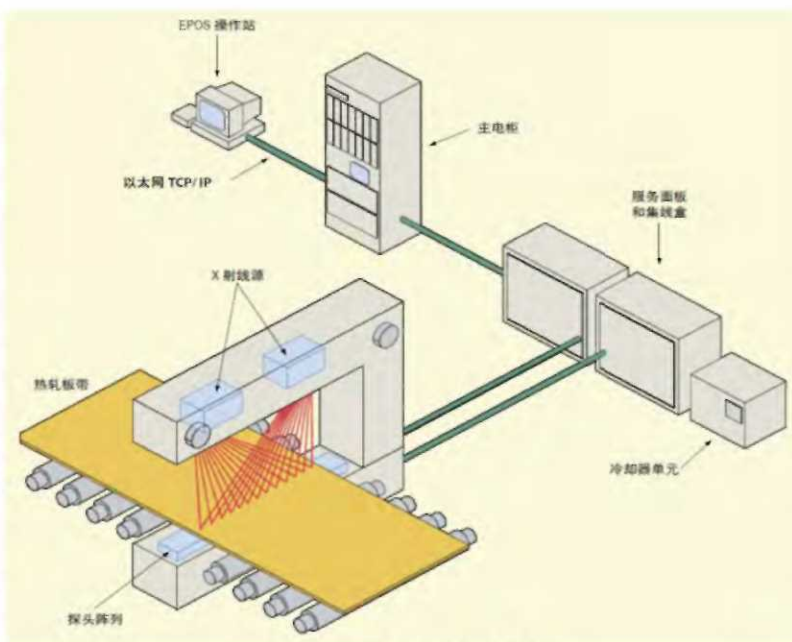


图 X射线厚度测量系统原理图

1) 工作辊弯辊WRB(Work Roll Bending)：通过调整弯辊力，改变轧辊的弯曲度。主要解决板材中部和双边波浪的缺陷。

2) 工作辊窜辊系统WRS (Work Roll Shifting)：CVC窜辊系统是工作辊轴向窜动。通过上下S形工作辊的反向窜动来改变凸度和当前的辊缝轮廓来调整板形。

3) 辊缝和压力调偏控制。通过分别调整轧机操作侧、传动侧轧辊辊缝，使轧制力倾斜。主要解决板材单边波浪缺陷。

4) 分段冷却控制。通过调整冷却水的分段流量，改变轧辊的局部热膨胀变形。是轧制薄规格板材时最有效的板形控制手段。

结束语

液压轧机是一个非常复杂的多变量系统，影响产品准确度的因素相当多，而且各变量之间存在着耦合关系，即使在恒辊缝轧制的情况下，由于轧制速度、弯辊力、板坯入口厚度、冷却方式、调偏量等的变化，也会使出口厚度和板形与目标值发生偏差。此外轧机的数学模型也决定了轧机辊缝、轧制力、弯辊力、轧制速度、轧制力矩、冷却等参数之间的关系，在实际控制过程中，适时、适量地调整及补偿，可以减少上述偏差的出现，进而提高控制准确度。

(收稿日期：2014.06.27)

[栏目编辑：杨得润]