

首钢京唐 1580 热连轧 AGC 自动厚度控制系统

史洪通 靳明信 田凯

(唐山钢铁集团微尔自动化有限公司, 河北唐山 063000)

[摘要] 在热轧带钢厂中, 精轧的厚度自动控制在整个生产过程中居于十分重要的地位, 控制的好坏直接影响到成品的质量及合格率。为了使成品带钢得到较好的纵向厚度偏差, 在精轧连轧系统采用自动厚度控制 (AGC)。液压 AGC 控制系统惯性小、反应快、抗干扰性能好、调节精度高。因此, 现在新上的热连轧生产线普遍采用液压 AGC。

[关键词] AGC; 厚度偏差

1 影响板带厚度的因素

1) 来自轧件的因素, 它既包括坯料本体的温度不均、几何尺寸 (厚度、宽度) 不均以及化学成分的偏析等, 也包括轧制过程中轧件参数的次生不均匀变化。2) 来自轧机的因素, 包括轧辊偏心、热膨胀和磨损, 油膜轴承厚度变化, 以及轧机刚度的变动等。3) 轧制工艺参数, 如带钢张力, 轧速以及轧制润滑条件等的变化。4) 与操作、控制有关的因素, 如人工压下干预、计算机设定模型误差、轧制工艺参数检测误差、AGC 系统的过调等。

2 AGC 系统概述

2.1 功能分类

AGC 按功能可分为 GM-AGC (轧制力 AGC)、KFF-AGC (硬度前馈 AGC) 和 MN-AGC (监控 AGC)。其中 GM-AGC 采用头部锁定值还是过程计算机设定值作为厚度基准可分为相对 AGC 或绝对 AGC, 一般以绝对 AGC 为主。

2.2 功能介绍

1) GM-AGC (轧制力 AGC): 利用弹跳方程间接测量钢板厚度作为实测厚度进行反馈控制, 这是 AGC 系统中基本的控制功能。2) KFF-AGC (硬度前馈 AGC): 将上游机架的实测轧制力所获得的硬度变化信息用于后面各机架进行前馈控制。3) MN-AGC (监控 AGC): 由于弹跳方程的精度不高, 因此需利用末机架后测厚仪信号对厚度的系统偏差进行纠正。

2.3 AGC 的算法

1) GM-AGC (轧制力 AGC): 基本原理就是弹跳方程, 本质就是轧机产生单位弹跳量所需要的轧制力。有如下公式:

$$h = S_0 + \frac{P}{M} \quad (1)$$

式中, h 为轧机出口实际厚度, S_0 为辊缝预设值, P 为实际轧制力, M 为轧机刚度值。轧机刚度 M 在轧机牌坊制作安装完成以后就已经确定, 是一个常值, 无法修改。

假设辊缝预设值为 S_0 , 轧机的刚度为 M , 来料厚度为 H_0 , 此时轧制压力为 P_1 , 则实际轧出厚度 h_1 应为:

$$h_1 = S_0 + \frac{P_1}{M} \quad (2)$$

当来料厚度或温度因某种原因有变化时, 在轧制过程中必然会引起轧制压力和轧出厚度的变化, 如果压力由 P_1 变为 P_2 , 则轧出厚度 h_2 为:

$$h_2 = S_0 + \frac{P_2}{M} \quad (3)$$

当轧制压力由 P_1 变为 P_2 时, 则轧出厚度的厚度偏差 Δh 正好等于压力差所引起的弹跳量为:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{1}{M} (P_2 - P_1) = \frac{1}{M} \Delta P \quad (4)$$

为了消除此厚度偏差, 可以通过调节液压缸的位置来补偿轧制力变化所引起的轧机弹跳变化量, 此时液压缸所产生的轧辊位置修正量 Δx , 应与此弹跳变化量呈正比, 方向相反, 为:

$$\Delta x = -C \frac{1}{M} \Delta P \quad (5)$$

式中, C 为变刚度系数。

2) MN-AGC (监控 AGC): 轧机出口使用一个 X 射线测厚仪测

量带钢的厚度, 利用偏差反馈来调节精轧机出口厚度, 测量的厚度偏差是积分式的, 其结果用于各机架辊缝控制的辊缝修正值。

公式为:

$$\delta S = K_i \sum_{i=1}^n \delta h + K_p \delta h$$

式中, δS 为监控 AGC 辊缝补偿量, K_p 为监控 AGC 比例系数, K_i 为监控 AGC 积分系数, δh 为测厚仪测得厚度偏差。

2.4 AGC 功能投入

如下图:

AGC 功能	机架号						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
GM-AGC	√	√	√	√	√	√	√
KFF-AGC				√	√	√	
MN-AGC					√	√	√

3 AGC 补偿功能

1) 负荷补偿。监控 AGC 调节过程中, 机组各机架负荷情况将会偏离初始分配比例, AGC 系统通过增加一个补偿量来修正以末机架的负荷情况作为目标, 根据初始分配比例反推上游机架的负荷基准, 然后比较实测与基准的差值, 将差值传给积分器, 积分值输出补偿辊缝以使负荷比例尽可能维持初始分配比例。2) 轧辊偏心补偿。在带材轧制过程中, 有许多因素会引起轧件厚度偏差, 其中轧辊偏心是影响高精度板带材轧制的重要因素。轧辊偏心尤其是支承辊偏心会对空载辊缝和轧件出口厚度产生周期性的影响, 并影响到板形精度, 故轧辊偏心补偿控制显得尤为重要, 针对轧辊偏心信号具有周期性的特点采用自适应滤波的方式, 通过自学习调整系数使得输入信号与期望的均方差最小, 达到滤波的目的, 优点是可以实时地滤波, 但是需对要处理的信号的预估计。3) 尾部补偿。当带尾离开上游轧机时, 上游轧机和下游轧机之间的带钢张力消失, 所以带钢厚度将会增加。一般地, 带尾要比带钢本体温度低, 这样也会增加带尾的厚度, AGC 其它的功能尝试着调整辊缝, 但是不能很快地来修正带尾厚度偏差。对于这种带尾, 带尾补偿提供了一个开环修正值来帮助调整辊缝, 当 F1 机架抛钢时补偿 F2、F3, 以此类推 F5 抛钢时补偿 F7。补偿值以一定的速度叠加至辊缝输出值, 当出口厚度目标值小于 2.75mm 时, 通过减少增益系数降低 F4~F7 尾部补偿值以防止甩尾, 超薄规格时尾部不补偿或反向补偿。4) 活套补偿。AGC 调节会造成前滑/后滑的波动, 而机架间板带活套量又会随着前滑/后滑的波动而波动。因此, 活套补偿检测到前滑/后滑的波动后, 需要通过控制轧机的速度来保持机架间板带活套量为常数。5) 弯辊力补偿。弯辊力补偿是由于在 AGC 工作时, 对于轧制压力将主动造成波动, 此时单从板厚质量来看得到了改善, 但板形质量可能变坏, 为此采用前馈方式计算此影响量, 使 AGC 的动作与弯辊动作同时, 将可能既保证了厚度, 又保证了板形。6) 油膜轴承厚度补偿。油膜厚度随轧制速度和轧制力的改变而变化, 因此在 AGC 系统中, 辊缝设置和间接测厚时应考虑轧制速度和轧制力的变化值。油膜厚度是辊缝的动态变量, 油膜厚度的变化可达 0.2~0.4mm。它的作用是通过校正 AGC 的辊缝信号实现补偿。

4 结语

自首钢京唐 1580 热轧厂 2010 年 3 月投产以来, 液压 AGC 自动厚度控制系统运行一直很稳定, 厚度控制正常。统计结果表明, 成品带钢的厚度精度达到了 AGC 控制的既定目标, 取得了令人满意的效果。