微张力控制在轨梁轧机的应用*

姚 杰

(内蒙古包钢钢联股份有限公司轨梁轧钢厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 通长百米重轨质量即指由于钢坯张力不稳定而造成高点或表面波浪的产生,断面尺寸和张力有着紧密的关系。在微张力控制系统中,提出了以金属秒流量相等的主要控制思想,分别对速度同步以及采用万能轧机头部力臂记忆法来对微张力进行控制。

关键词: 重轨质量; 微张力控制; 轧机

中图分类号: TG334.9+5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)04-0087-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.04.025

Application of Micro-tension Control in Rail-beam Mill

YAO Jie

(*Rail and Beam Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: The quality of 100-meter heavy rail refers to the high spot or surface wave produced by the instability of the billet tension, and cross-sectional size and tension are closely related. In the micro-tension control system, the main control thought of metal mass flow being equal is put forward, and the micro tension is controlled by the speed synchronization and the head force arm memory method of universal mill.

Key words: the quality of heavy rail; micro-tension control; rolling mill

在万能轧机轧制的过程中,张力控制就是控制通长质量的关键技术。根据在轧制时总张力=厚度×速度×单位张力的理论,单位张力是在轧制表里设定的[1]。控制张力的大小,实质上就是控制秒流量的大小,而在实际的轧制过程中,任何扰动因素例如速降、温度变化、AGC的不稳定等[2],都是非线性的,有的谐波较大。张力即在某一瞬间干扰下能保持单稳态即可,在正常轧制时只要严格按照轧制表里设定的速度去匹配,微张力几乎不影响质量。包钢轨梁万能轧机采用头部力臂记忆法,对张力予以控制。

1 张力影响

(1) 万能轧机轧制时,有一个从咬钢速度到高速轧制上升速度的切换,或是由轧制速度到甩刚速度的下降速度的切换,在切换过程中会产生一个冲击,从而使产生波动,导致钢轨尺寸不稳定。这种速度切换斜坡越小,在速度差的积分作用下,会造成张力的快速震荡波动。

(2) 万能轧机UR、E和UF机架间的非线性冲击: 三架机架之间轧件上的张力由于夹持或轧件翘头造成突然的增加,瞬间会使相邻机架上的轧制力、

* 收稿日期: 2017-05-08

作者简介: 姚 杰(1980-),男,内蒙古包头市人,硕士,工程师,现从事轨梁厂电气自动化管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

轧制力矩、轧制速度都产生突变，给正常轧制带来不利影响，同时会对轧辊产生破坏性损坏[2]。

2 控制思路

(1) 轧件在相临的两个机架之间转矩切换实现微张力的控制。

(2) 主传动速度在高速轧制补偿：由于速降变化导致的轧机转矩变化量，进一步控制速度。即通过串联式万能轧机三个主传动的速度级联关系自动修正速度，保持速度匹配、金属秒流量相等[3]。

2.1 微张力速度控制

包钢轨梁厂微张力速度控制是以机架速度匹配角度考虑，通过秒流量相等理论，控制三架机架间的速度。

2.1.1 主速度 v

根据串联式机架的特点，在轧制时三个机架的速度不一样，需要一个主速度的参考设定值，然后根据各机架的延展系数、前滑、后滑值来叠加在主速度上，来达到万能轧机各机架在轧制时负载间的平衡匹配。这一速度为主速度，由生产操作人员根据在轧制表里输入，单位为 m/s。

2.1.2 匹配速度 v_1

在往复式轧制过程中，分奇偶轧制道次。在轧制奇数道次时，轧制顺序 UR 机架 -> E 机架 -> UF 机架。在分配速度时，以 UF 为主基准速度(即轧制表里设定主速度 $v_{主}$)，然后根据延展率来决定那么每一机架的匹配速度，是为了满足在轧制过程中机架间金属秒流量的关系式：

$S_n \times v_n = S_{(n-1)} \times v_{(n-1)}$。$S_n$ 为第 n 架的轧机界面面积，为轧制表中根据孔型设计输入，v_n 为第 n 架的轧件出口速度。

2.1.3 前滑速度 v_2

所谓前滑速度，就是指在轧机轧制时，轧件的出口速度大于轧辊在该处的圆周线速度。从力学角度看，前滑的产生是轧辊对轧件惯性摩擦力作用的结果，因此，在计算机架主传动速度时应该予以考虑，其前滑值的影响的轧机速度公式(1)，$v_{轧机}$ 轧机线速度，$v_{出}$ 为轧辊出口处的线速度，S_h 为前滑值。

$$v_{轧机} = \frac{v_{出}}{1 + S_h} \tag{1}$$

2.1.4 张力速度校正控制

微张力的控制实质上是机架的头部转矩变化补偿以及主传动轧制速度的动态补偿，二者相互构成两个控制环，经过比例积分控制器的运算结果作为主传动的附加速度送往 SIYMADYND 的 SS52 模板，来完成矢量控制(见图1)。

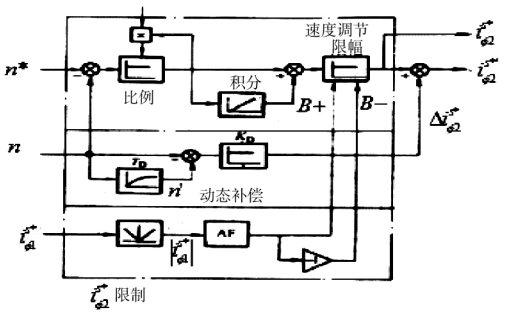


图1 速度控制及补偿框图

在图1中，在速度同步控制过程中，如果在轧制过程中轧机受到不规则的冲击后，会产生一个速降，需要设置对速度波动的矫正和阻尼作用。设定速度和实际速度的偏差信号后经过速度调节器的 PI 调节，经过限幅后输出控制信号。在动态补偿环节中，一旦电动机上的轴负载突然增加或者堵转失步，转速 n 也相应减小时，为了补偿过快的速降，在同步电机上的阻尼环可以起到补偿作用，而在软件的补偿是经过一个惯性环节输出一个滞后的微分 TD 环节 n' 信号，然后与 n 相减得到了动态转矩的补偿信号。

2.2 微张力控制

张力控制过程中，需要引入滤波环节。将滤波后的转矩值引到控制模型中去，与设定的张力值进行比较后得到偏差，经过比例积分计算得到张力调节量，来控制相关速度及转矩的平衡，同理 E 机架的头部力矩平衡的控制过程亦如此，通过检测轧件咬入 UF 轧机时的转矩变化，来平衡 E 机架和 UF 机架间的张力值。

2.2.1 头部力臂记忆

以 UR 机架为基准机架，在轧制奇道次时(见图2)，电机转矩在轧件由相邻机架切换咬入过程时，系统鲁棒性能较差，短时的外在因素导致产生的速降和转矩干扰，会对系统的采样及控制过程产生滞后或失真情况，因此需要对在高频振荡、非稳态的过程中，对变化的转矩和轧制力进行滤波，将这一过程称为采样过程。在此过程中，保持转矩与水平辊轧制力之间的比值恒定，来约束轧件头部在机架间由于冲击造成的速降和转矩的变化，这种控制方法称为为头部力臂记忆。轧制过程中电机转矩的大小受

中国知网 https://www.cnki.net

钢坯来料的头部弯度、温度、以及辊环位置、提升辊道等多方面的影响，转矩脉动较大，为非线性惯量。因此引入一个低通转矩滤波器，来消除高频谐波的影响。

根据采样定理公式: $y(i) = k_1 \times x(i) + k_2 \times y(i-1)$ 得知，滤波时间越长，对当前采样值的影响越小，得到的曲线越平滑，但信号越失真，转矩数据不准确，同样滤波时间过短，起不到低通的作用，噪声和信号毛刺会产生叠加干扰。因此，低通滤波器的采样周期应根据现场实际需求而设定，一般设置为 100 ms。

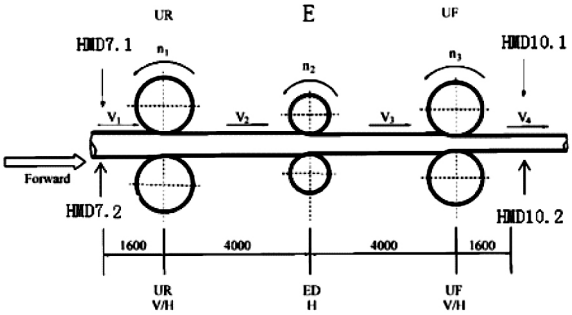


图 2　万能轧机轧制图

2.2.2　控制原理

微张力控制是根据轧件在进入不同机架时前后存储的转矩差而作为张力控制，在由咬入转到正常轧制后，微张力控制切除。因此，选定对象不以整体通长为控制对象。根据 $M_{总} = M_{附加} + M_{轧制} - M_{后张力}$。以 UR 轧机为例，从轧制表上可以设定经过 E 机架时的微张力设定值，在控制过程中，只考虑对轧机的后张力. 在转矩滤波的过程中，还有一个转矩平衡系数，用以实现张力向张力矩的转变，根据西门子轧机微张力计算系数 Z:

$$Z = \frac{i \times 2 \times 10^6}{d} \tag{2}$$

在张力的作用下，得到的张力力矩大小如下式:

$$M_{张力矩} = \frac{t}{Z} \tag{3}$$

其中: d 为 UR 轧辊辊径，mm; s 为轧辊孔型的横截面积，mm^2; t 为设定的单位张力，N; i 为传动轴的齿轮因素比。在轧制过程中，由于轧制力对轧辊的作用，还产生轧制力矩。

$$M_{轧制} = \frac{F \times D}{2} \tag{4}$$

其中: F 为水平辊检测到的轧制力，D 为轧辊工作直径。因此，在设定控制对象时，由于在轧制过程中万能轧机没有活套，即不能直接测量机架间的张力。通过设定单位张力，将控制张力 T 转变为控制转矩，实现控制目标的灵活转变。

$$T_1 = \frac{F_1 \times M_2}{F_2} \tag{5}$$

根据上式计算 $\Delta T = M_1 - M_2$，T_1 为进入 E 机架之前的轧制力矩，M_1、M_2(轧件在进入 E 机架前的电机前后转矩) ，F_1、F_2(轧件在进入 E 机架前后的水平轧制力。$\triangle T$ 为进入 E 机架前后的头部轧制力矩偏差。下面引入 UR 转矩控制目标 $M_{目标值} = M_{附加} + T_1 + \triangle T - M$ 后张力。根据计算出的目标值 $M_{目标值}$ 和实际值 M_1 进行比较后，偏差经过 PI 计算，运算结果来控制主传动控制系统 SIMADYN D 的 SS52 中，作为附加速度叠加在主速度上，从而来控制 UR(或 UF) 主传动的转矩，以来达到 E 和 UR 之间的张力控制。

2.2.3　系统控制框图及总结

根据前面提到的速度同步和张力控制转化为转矩控制的过程，画出系统的控制框图见图 3。

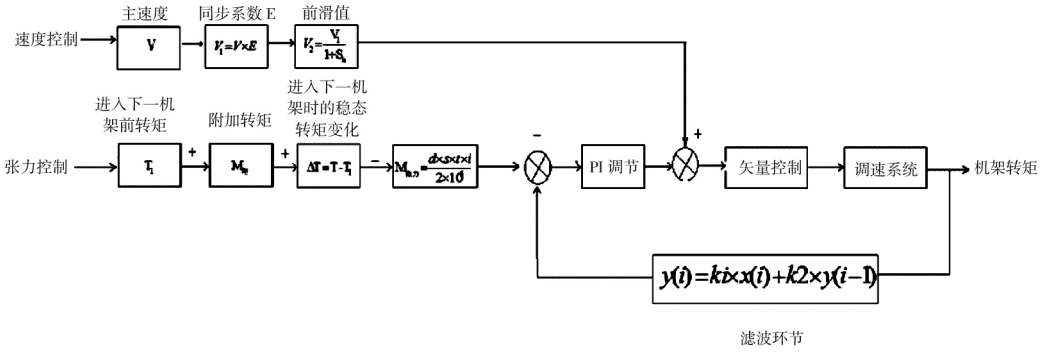


图 3　微张力控制框图

中国知网　https://www.cnki.net

(1)先控制速度同步,即为秒流量相等的必要条件,只有秒流量相等,才能保证微张力的控制才有现实意义。

(2)其次是机架力矩的稳定,通过设定机架单位张力来控制机架电动机的转矩,将张力值的控制转移到轧机系统的转动转矩上,完成控制目标的变相转移。

(3)速度控制和张力控制的PI调节器输出共同作用于机架的速度给定控制,从而通过矢量控制来调速,而获得较高相应动态的转矩变化,来稳定轧机间张力的变化。

3 结束语

在万能轧机的轧制过程中,轧机间轧件的微张力不仅取决于轧机的运行速度,同时也和辊缝的压下量有关。因此,在实际的轧制过程中,微张力的使用更多是参考实际轧制出的产品尺寸而进行适当的调节,达到断面和通长质量的控制。

参 考 文 献

[1] 李玉冰,孙玉洁,李征. 冷轧机架间的张力控制[A]. 2007年河北省轧钢技术与学术年会论文集(上册)[C]. 秦皇岛:2007.

[2] 邹彦春,阎良. 轨梁轧制中的辊缝控制[J]. 辽宁科技大学学报,2012,35(6):581-585.

[3] 魏玉生. 微张力控制原理. 酒钢科技[J]. 2012,(3):234-238.

(上接第86页)

3.3 发生短路或过流时故障的检查

在生产的过程中发生过几次过流跳闸的现象,跳闸后发现系统无法直接恢复送电,在检查系统后发现个别IGCT板上的状态灯显示不正常,后更换后系统恢复正常。所以当发生短路、过流等故障时,首先应打开柜门,检查功率元件IGCT和二极管。

(1)观察IGCT上的两个灯亮的是否正常。若有灯不亮,说明这只IGCT肯定有问题,必须对其进行更换。

(2)即便IGCT上的灯都亮,也不能说明是正常的。按照IGCT检测手册来测量IGCT是否损坏。

(3)对于二极管的检测可以采用比较的办法,同时测量两相模块的二极管,若结果相似,则表明无问题。

4 结束语

ACS6000中压传动系统的动态响应快、范围调速宽,不仅提高了传动控制设备的先进性、可靠性,而且由于应用了三电平交-直-交变频传动技术控制同步电机,改善了电网质量,提高了功率因数,省略了谐波补偿装置。该系统自运行以来性能稳定可靠,动态速度波动小,并且成功地轧制了不同规格的型钢及重轨产品,创造了可观的经济效益。

参 考 文 献

[1] 韩如成,潘峰. 直接转矩控制理论及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2012.

[2] 袁立强,赵争鸣,宋高升,等. 电力半导体器件原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2011.

中国知网 https://www.cnki.net