

3 号热线全线张力控制研究

梁峰 赵晋雷
(太原钢铁(集团)有限公司 山西 太原 030000)

摘要: 在带钢连续生产的退火酸洗线上, 张力辊通过带钢包绕在张力辊的接触处产生摩擦力, 使出口与入口产生张力差, 从而起到了分隔和调节活套、炉子、破磷机、酸洗等各区段的张力的作用, 从而实现带钢板形平直。本文详细分析了 3 号退火酸洗线的张力控制原理, 通过分析太钢冷轧厂退火酸洗线 3 号热线张力辊的张力控制和张力分配原理, 阐述了钢带打滑机制及其对张力的影响。

关键词: 退火酸洗线; 张力控制; 张力分配; 带钢打滑

1 3 号退火酸洗线简介

3 号退火酸洗线(图 1) 主要对热轧卷进行退火和酸洗处理, 生产线设计工艺段开车速度 100m/min, 头部开车速度为 350m/min, 尾部开车速度为 300m/min。处理卷的带钢厚度范围为 2.0 ~ 6.0 mm, 带钢宽度范围为 1.040 ~ 1.650 mm。生产线包括以下主要设备: 入口段包括带钢焊机及入口活套; 工艺段包括退火炉、破磷机、抛丸机及酸洗段; 出口段包括出口活套、带钢检查站及卷取机。全线传动系统采用的是 ABB 的 ACS-800 系列的多传变频器, 用于驱动全线的张力辊^[1]。

全线共有 7 组张力辊: B1 张力辊位于入口段和入口活套之间, 为头部主速度控制张力辊; B2 张力辊在活套和炉子之间, 保持炉子内带钢张力建立; 炉子后的带钢导入 B3 张力辊, B3 张力辊为工艺段的主速度

控制张力辊, 隔断炉子和破磷机张力; 破磷机后的 B4 张力辊为 B3 张力辊到破磷机之间带钢张力建立; B5 张力辊为破磷机后到抛丸机之间带钢保持张力; B6 张力辊为抛丸机后到酸洗之间带钢张力的建立; B7 张力辊位于尾部和出口活套之间, 为尾部主速度控制张力辊。

2 张力辊负载分配与张力控制

3 号退火酸洗生产线共计有 7 组张力辊, 张力辊组形式有两辊、三辊、四辊三种。在生产线的头部、工艺段、尾部有各自的主令速度控制张力辊, 它们只是分隔张力区并产生主令速度, 并不调节张力, 属于主令速度张力辊组, 如头部的 B1 张力辊、工艺段 B3 张力辊、尾部的 B7 张力辊; 其余的张力辊均采用张力控制, 调节各

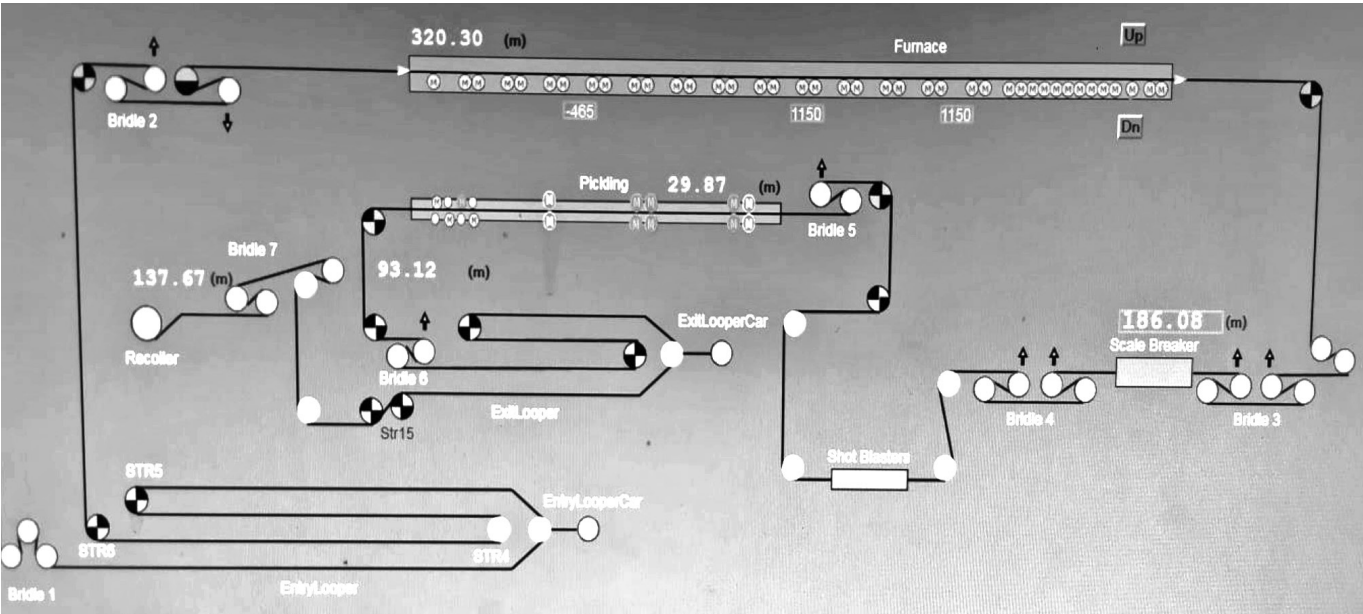


图 1 3 号退火酸洗线示意图

表 3 号热线二级张力设定表

厚度 / mm	开卷机单位张力 / (N/mm ²)	入口活套单位张力 / (N/mm ²)	炉子单位张力 / (N/mm ²)	破磷段单位张力 / (N/mm ²)	抛丸机单位张力 / (N/mm ²)	酸洗段单位张力 / (N/mm ²)	出口活套单位张力 / (N/mm ²)	卷取机单位张力 / (N/mm ²)
2	12	18	6.5	100	28	18	18	24
3	10	12	4.7	90.9	25	14	12	19
4	10	12	4.7	68.2	25	14	12	19
6	7	8	4.7	45.4	20	14	8.5	14

区段的张力；张力辊组的张力控制有直接张力控制和间接张力两种方式。3 号退火酸洗生产线中破磷机、抛丸机、酸洗等区域采用间接张力控制，它们各段的张力由 B4、B5、B6 张力辊建立。炉区的张力采用直接张力控制，属于张力闭环控制，张力由 B2 张力辊建立。各区段的张力设定是根据带钢厚度和单位面积张力所确定^[2]，3 号热线二级设定张力设定见表。

2.1 张力辊组张力分配

对于张力辊组来说，在保证生产线的速度基础上，其作用是平衡张力辊组前后的张力差。并将张力差按照一定的原则分配给每一台张力辊。作为 S 型张力辊组，每一台张力辊的出张力取决于带钢在辊子上的包角、摩擦因素和电动机功率。对于同一组张力辊来说，包角和摩擦因素一样，功率的只取决于电动机的功率^[3]。

2.2 间接张力控制

间接张力控制属于开环控制，主要是平衡张力辊两边的张力差，起到隔断张力的效果。根据上述的张力分配原则，每个张力辊在确定分配的张力后，根据公式：

$$T_q = T_n \times D/2 \times 1/N$$

式中： N —张力辊减速比；

T_n —张力给定；

T_q —转矩给定。

计算出该电机转矩给定，在保证速度环足量饱和后，将计算好的转矩给定作为速度调节器输出 SPC 的输出限幅，保证电机维持在设定张力^[4]。3 号退火酸洗生产线中速度环的饱和速度给定：

$$V_{Ten} = V_n \times 0.01 + 0.25$$

式中： V —线速度（m/min）。

控制框图如图 2 所示。

2.3 DTC 控制

DTC 控制为直接张力控制，属于张力闭环控制。一般用于对张力要求较高的区域，使用张力计反馈实际张力。如 3 号热线的炉子张力就是直接张力控制。在基本的速度的基础上，将张力设定值与实际张力比较，经过 PI 调节产生速度差，然后叠加到速度调节器上，

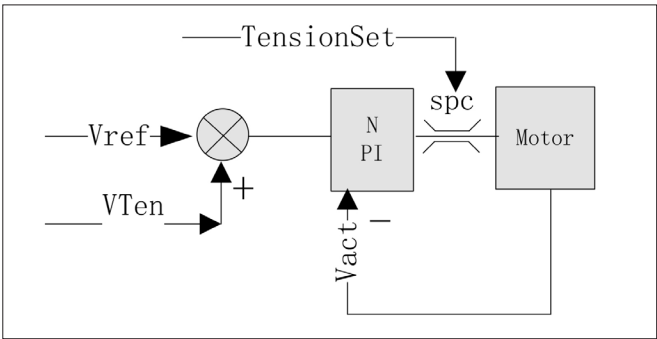


图 2 间接张力控制框图

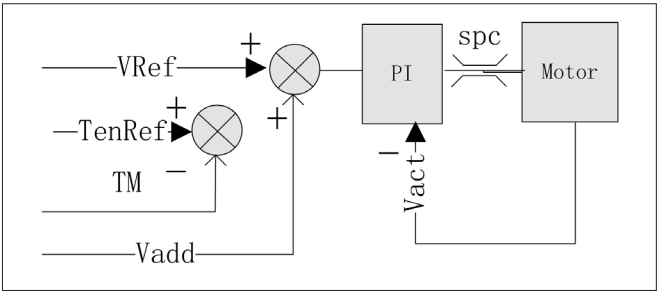


图 3 DTC 控制框图

从而达到精确控制张力的效果。如图 3 为 B2 组张力辊 DTC 控制原理图。张力设定值和张力计反馈的张力实际值的偏差进行速度补偿，其中 Vadd 是在保持 B2 速度的情况下进行负载分配的速度叠加量。转矩输入限幅不对张力进行调节，只起转矩限幅作用。

2.4 主令速度张力辊

主令速度张力辊组（图 4）属于速度闭环控制，其中有一个基准速度辊，通常情况选取驱动功率最大的一个辊作为基准速度辊，该辊的速度给定为生产线速度给定，没有其他的任何速度叠加。并且将基准速度张力辊的速度调节器积分量分配给其他张力辊的转矩给定 T_{ref} ，并将其设定和实际转矩的偏差 $T_{diff} = T_{ref} - T_{act}$ 作为偏差速度叠加在张力辊的速度给定环上，张力辊的转矩限幅只是起到保护电机的作用，而不起调节转矩作用。如 B1 张力辊，它需要分隔头部张力和入口活套张力，并且 B1 辊作为入口段的速度基准，采取速度闭环控制。其中 B1-2 为主速度张力辊。

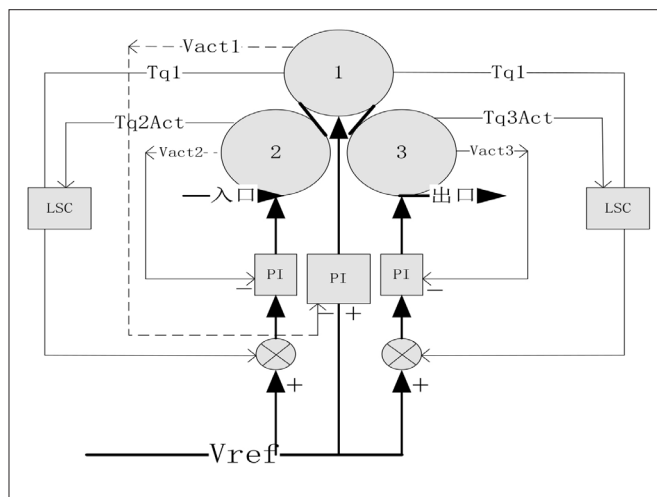


图4 主令速度控制框图

3 带钢打滑和接手脱开情况分析

3.1 张力辊打滑分析

张力辊所建立张力的大小取决于带钢和张力辊间的摩擦力，当传动的功率增大时，带钢和张力辊间的摩擦力也要相应地增大，但是这个摩擦力有极限值。

根据欧拉公式：

$$T_2 = T_1 \times e^{\mu \alpha}$$

式中： T_1 —张力辊入口端的带钢张力；

T_2 —张力辊出口端的带钢张力；

μ —包角处带钢与棍子表面的摩擦系数；

α —张力辊带钢包角。

当摩擦力即将达到极限值，或者由于张力辊脱胶或者带钢带水导致摩擦因素下降到一定程度，带钢就会出现打滑趋势。在实际的生产过程中应保证带钢表面的干燥，保证挤干辊等设备的正常投入，此外应该定期检查张力辊的辊面，及时更换辊面不良的张力辊，保证张力辊的摩擦因数。

3.2 张力辊接手脱离

在生产线生产过程中，由于机械损耗或其他原因导

致张力辊电机侧或者辊子侧的接手出现开焊等情况，该张力辊只能按照设定速度运行，不能给带钢提供真实的隔断张力，导致张力辊组中其他张力辊的转矩变大。

在正常生产过程时，当一组张力辊组中出现一个张力辊的接手不良时，应及时调整张力分配系数，将该张力辊的分配张力降低，以减小该辊的出力，起到临时应对效果。在3号热线张力辊负载分配中，在负载分配块中减小问题张力辊的功率设定值，以达到张力辊张力减小的效果^[5]。

4 结语

本文通过分析了3号热线全线张力辊组中各辊的张力分配计算以及阐述了在ABB控制系统中如何实现张力的精准控制，发现钢带打滑和电机接手脱对实际生产线的影响较大，因此提供了出现上述故障时应对方法以及对张力辊的张力进行重新分配，以适应实际生产，降低设备故障对生产线的影响。

参考文献：

- [1] 张京诚. 张力辊组打滑与设计原则分析[J]. 有色金属加工, 2003(6): 23-26.
- [2] 李海燕. 冷连轧机组中张力辊组的设计[J]. 一重技术, 2006(4): 5-6.
- [3] 何建锋. 冷轧板连续退火技术及其应用[J]. 上海金属, 2004(4): 39-42+51.
- [4] 彭世琼. 张力辊理论设计方法研究[J]. 重型机械, 2014(1): 57-61.
- [5] 谭刚. 冷轧后处理机组张力辊设计计算[J]. 机械工程师, 2010(6): 35-37.

作者简介：梁峰（1985.01-），男，汉族，山西太原人，硕士研究生，工程师，研究方向：工业控制；赵晋雷（1976.05-），男，汉族，山西忻州人，硕士研究生，工程师，研究方向：测量技术与仪器。