

[变频器]

S120控制系统在退火线上的应用

文/天津电气科学研究院有限公司 梁素芬 吴迪 赵博 刘奇
山东钢铁莱芜分公司板带厂 韩光艳

以退火处理线为应用对象，描述了退火处理线的工艺流程，典型的控制系统在退火处理线中的应用，采用西门子S120系列变频器在退火处理线中设备的具体控制方法。通过实际应用，采用西门子SINAMICS S120系列变频器的解决方案工作状况良好，能够达到预期的控制要求。

退火是一种金属热处理工艺，指的是将金属缓慢加热到一定温度，保持足够时间，然后以适宜速度冷却。主要目的是消除和改善钢板在轧制和冷却过程中产生的组织缺陷和内应力，为后道工序的加工和使用做好组织和性能上的准备。本文主要介绍退火处理线的工艺流程以及典型控制系统在退火处理线中的应用，以及西门子S120变频器控制在退火处理线中的具体应用。

工艺描述

钢卷放在开卷机卷筒上之后，开卷机卷筒开始涨开，撑紧钢卷内径，同时压辊压紧钢卷。开卷机的卷筒开始转动，将钢头送至入口剪，切除带钢头部不合格的部分及头尾部超差部分。切头废料收集在废料箱内。切头后的带钢在汇聚夹送辊前等待与上一个钢卷的带尾进行焊接。

焊接完成之后，机组入口段开始升速，带钢以高于机组工艺段的速度经过张紧装置、纠偏装置进入入口活套。带钢通过入口活套后，经纠偏装置、张紧装置进入清洗段。清洗段布置了碱液浸没装置、碱液刷洗装置、电解清洗装置、热水刷洗装置、热水漂洗装置及热风干燥装置。清洗烘干后带钢经过纠偏装置、张紧装置进入退火炉。

带钢进入连续退火炉后，首先在预热段预热带钢，然后进入辐射管加热段加热到再结晶温度，随后在均热段均热带钢，在晶相转变的同

时，晶粒细化和成长，在快冷段，冷却带钢到450℃，C、N固溶体过饱和。然后进行C、N固溶体的部分析出，这一过程在过时效处理段完成，经过终冷出炉后，完全退火的带钢既改善了加工性能，又保证了金属加工后的结构稳定性。

带钢离开退火炉后经过水淬冷却、纠偏装置和张紧装置进入中间活套，后经纠偏、张紧装置进入平整机、拉矫机；平整机可以消除屈服平台，改善带钢的板形，拉矫机改善板形的效果很明显。平整拉矫后的带钢经过纠偏装置、月牙剪后进入切边圆盘剪，保证产品的最终宽度。切边后的带钢经过压毛刺辊进入出口活套，离开后经张紧装置进入出口段。

后处理段及出口段设备正常运行时，中间活套、出口活套均处于空套状态。机组出口段进行换卷操作时，后处理段低速运行，出口活套、中间活套充套保证工艺段正常运行。平整机换辊操作或圆盘剪更换剪刀时，后处理段及出口段停车，中间活套充套，储存带钢保证工艺段的正常运行。

带钢离开出口活套后经张紧装置进入静电涂油机，在带钢表面涂上防锈油。而后进入出口剪，当焊缝到达或卷取的钢卷达到设定重量时，出口段设备自动减速停机剪切，切除焊缝后，卷取机完成带尾卷取；卷取机进行卸卷操作，小车压住带钢尾部，人工打捆带，出口钢卷小车托起

钢卷，从卷取机卷筒上移出，运至钢卷鞍座。然后用吊车将钢卷运至包装区域进行称重及人工包装。包装后的成品钢卷由吊车或叉车运至成品仓库存放。

系统控制方法

退火处理生产线要求在加工过程中绷紧带材，维持张力恒定，这样才能使各段互相协调配合，完成生产任务。为了满足这样的工艺要求，传动系统必须要使用多种典型的工艺控制。

1. 速度控制系统

S辊是退火处理生产线中常用设备，用来控制带材在某生产段的速度。它由2或多个辊组成，每辊由一台电动机驱动，如图1所示。带材包在这几个辊外，以扩大带材和辊面接触的面积，增加摩擦力，从而增加对带材的拉力。电动机间的机械联系靠带材的摩擦力和张力实现，特点是在生产不正常时可能出现“打滑”情况，机械联系断开。这类传动宜采用经转速环负荷均衡的主从系统，其框图如图2所示，主、从两套系统都有转速调节器ASR1~2及转矩环ATL1~2，但在从系统的转速调节器输入端接有两转矩给定值之差信号 $K_B(T_1^* - T_2^*)$ 。该系统能解决“打滑”时转速失控问题。

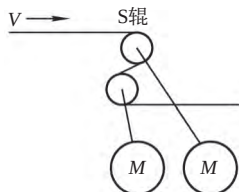


图1 S辊示意图

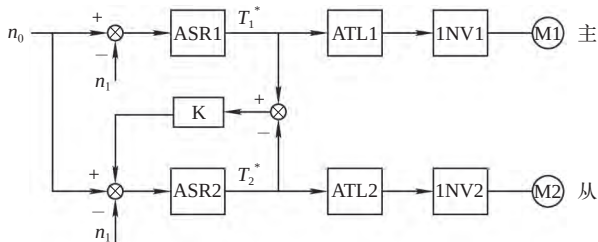


图2 经转速环负荷均衡的主从系统框图

2. 张力控制系统

退火处理生产线要求在加工过程中绷紧带材，维持张力恒定，为此必须在生产线中安排一些专门控制张力的机械，它不担任加工材料任务，其转矩完全用来产生张力，例如卷取（开卷）机、张力S辊和活套等。由于张力由电动机转矩产生，所以这些机械的电动机控制系统的任务

不是控制转速，而是控制张力转矩，这类控制系统为张力控制系统。

(1) 直接张力控制系统

S辊是退火处理生产线中常用设备，按工作模式，它分为速度基准S辊和张力S辊。速度基准S辊的任务是控制该生产段带材移动的线速度；如果生产段很长，一组S辊拉不动全段的带材，就需要增设S辊。一个生产段中有几组S辊后，就出现S辊间转速协调和负荷分配问题，所以新增设的S辊都采用张力控制，它们的任务是使带材张力 F_T 等于其给定值，转速则取决于速度基准S辊 V ，这类S辊为张力S辊，如图3所示。

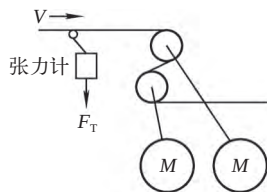


图3 张力S辊示意图

由于张力S辊用于长的生产段，在两组S辊之间的带材会有一定下垂量，转速微小变化引起下垂量变化，有一定转速变化空间，因此张力S辊也可以采用通过转速给定控制张力的S辊直接张力控制系统，如图4所示。

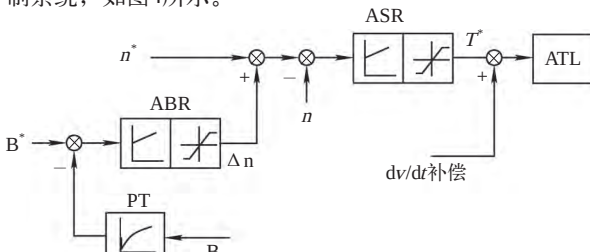


图4 直接张力控制系统框图

直接张力控制需要有投入环节，只有在工件已绷紧及张力已建立后才能把这转速自动修正环节投入，并要限制 $\Delta n_{a.x}^*$ 的最大修正范围（10%左右），否则会带来振荡。另外在工件即将过去时，还需设置张力控制的退出环节，防止工件过去后，张力突然消失，给调速系统带来的冲击。

(2) 间接张力系统

开卷、卷取在开始生产前，先要上料和穿带，这时处于单动工作状态，调速系统是双闭环转速控制系统。建张后，转入联动工作状态，加速至工作速度，这时调速系统是只有转矩环的张力控制系统，转速调节器退出控制。生产结束后，又改回单动双闭环控制系统。

调速系能满足上述要求的通过转矩给定控制

张力调速系统框图如图5所示，它也是由转矩内环ATL和转速外环ASR构成的双环系统，其特点是张力控制的转矩给定信号不是直接送至ATL输入，而是从转速调节器ASR正限幅 T^* 输入。

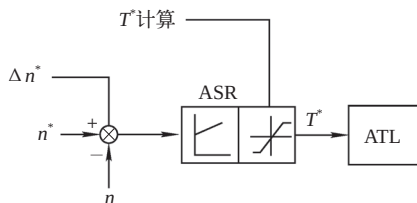


图5 间接张力控制系统框图

在单动时，附加转速给定 $\Delta n^* = 0$ ，ASR限幅值为固定值20%，这时的调速系统是标准双环转速控制系统。穿带完成后，发出联动指令，施加附加转速给定 $\Delta n^* = 5\% \sim 10\%$ 到ASR输入，卷取电动机低速爬行绷紧带材。在带材绷紧后，转速 $n < n^*$ ，ASR正向饱和，这时ATL的转矩给定输入 T^* 等于ASR的正限幅值 $T^*_{\max}$ ，从而实现从转速控制到张力控制的平滑过渡，张力大小通过改变 $T^*_{\max}$ 来控制。在联动期间，主转速给定 n^* 按满足带材以线速度 V 来设定，调速系统按张力控制模式工作。

应用实例

某厂的一套40万t退火处理线系统采用西门子SINIMACS S120整流回馈单元为逆变器供电的公用直流母线方案。由于处理线在线设备有些工作在电动状态，有些工作在发电状态，利用公用直流母线可以大大节能，所需馈电电源容量远低于电动机总装机容量。

系统中，所有在线的调速电动机均采用西门子SINAMICS S120的DC/AC多轴传动模块控制。SINAMICS S120是一种高性能、高精度的驱动器。硬件上具有模块化的结构设计，安装、维护简单易行；同时具有强大的软件功能，使其适用于各种复杂应用的场合。既能做伺服控制，也能做矢量控制；能实现速度控制，转矩控制，位置控制多种控制方式，同时能满足运动控制的要求。SINAMICS S120多轴驱动由控制单元CU320-2和电源模块、电动机模块组成。CU320-2控制单元自身能够处理一般的工艺任务。控制单元和功率单元之间使用新的通信链接DRIVE-CLIQ。

该系统全线装机容量为3 156 kW，设有两段直流母线；一段由一台800 kW整流回馈单元供电；另一段炉内的炉辊由一台315 kW整流回馈单

元供电，由于炉内炉辊的特殊供电需要，进线电源由柴油机和动力电源双路提供。

线上所有控制主电动机均为互相独立的速度控制系统，正常生产时，入口、工艺和出口段速度通过入、出口活套互相独立又互相关联，系统通过3个活套分割成4段，有4个速度基准。入口速度基准为1#S辊，出口速度基准为9#S辊，前工艺速度基准为4#S辊，后工艺段速度基准为5#S辊。其中三辊S辊（1#-2#热张辊4#S辊）和四辊S辊（1#、5#和9#S辊）为一主二从和三从工作方式。入口活套正常工作时为满套量位，入口换卷时，工艺段速度不变，入口活套放套，入口段完成焊接操作后，以高于工艺段速度充套，当套量为满套位时，入口段速度与工艺段一致，入口活套套量保持不变。出口活套正常工作时为空套量位，出口换卷时，工艺段速度不变，出口活套充套；出口段完成卷取操作后，以高于工艺段速度放套；当套量为空套位时，出口段速度与工艺段一致，出口活套套量保持不变。2#、3#和6#张力辊、光整机、热张辊及活套为直接张力控制，通过张力计检测带钢实际张力，调节各自速度，实现各段张力恒定。

活套套量检测通过轴端编码器实现，上电后具有记忆功能，断电后重新恢复生产需套量校正。控制系统根据入、出口活套套量，自动平衡入口段与工艺段、工艺段与出口段运行速度。活套系统有多个光电检测开关，当活套处于不同位置时，自动化系统自动调节各段运行速度，并在活套极限位提供急停保护。

为了保证带钢在炉内张力恒定，在炉子入口处，设张力计，通过检测炉内带钢张力，自动调节3#张力辊和热张辊速度，实现炉内带钢恒张力控制。由于张力调节器具有一定的滞后特性，因此对于速度较高时和厚度在0.2 mm以下时单纯依靠张力反馈控制进炉带钢张力具有较大困难，在炉前增加具有阻尼作用的跳动辊，跳动辊由电机控制，跳动辊装有位置检测装置。这样可以通过计算跳动辊位置得出带钢张力，控制跳动辊位置和扭矩达到在入口换卷时使炉内张力达到控制要求。

为保证炉内各段张力稳定，消除因炉辊速度偏差造成张力偏差，根据炉内各段张力变化调节成段调节（微调）炉辊速度，保证炉内本段张力稳定。

（下转第84页）

为激励员工学习主动性,由原来单一培训模式转变为“培训、交流、考试”三步走的新模式,通过测评中心,员工可进行自测或统一测试,了解自己对课程的掌握情况,通过员工学习时长、学习课件和考试成绩等对比分析,进行各岗位、各部门员工学习和考试的排行榜,如图4所示。人力资源管理部门可通过定期调取员工的学习情况并结合考试,对青年员工进行督促和考核,激发员工学习积极性。



图4 测评中心

结束语

本文在总结公司培训建设现状及岗位实际工作需要的基础上,进行培训内容及应用研究的创新和应用研究,以提高新员工的岗位适用能力、技术实践能力、持续学习能力和工作创新能力为重点,以企业发展和岗位需求为导向,建立统一规范的培训管理体系,加快高素质技能队伍的建设,有效整理、整合和评估各类培训资源,建立形式丰富、实用落地的培训资源库。建立“岗位—能力—课件”模型体系,优化培训资源的针对性,发挥实际指导功能。由原来单一培训模式转变为“培训、交流和考试三步走”的新模式,实现完整闭环的培训考核管理,建立健全培训考核管理制度。

该模式贴合供电公司岗位技能培训的需要,调动青年员工学习的主动性,高效利用零散时间学习,具有实用性强、灵活性高、针对性强且对培训的时间空间条件要求低等优点,特别适合当前社会生活的时代背景,这种培训模式对技能型人才的成长具有促进作用。EA

(收稿日期: 2019.06.26)

(编辑: 朱金凤)

(上接第78页)

炉辊运转特性对炉内带钢张力同样具有较大影响,在要求炉辊机械具有高准确度力学性能条件下,炉辊在控制上采用DROOP特性工作,如图6所示,这样可消除炉辊和炉辊间对带钢产生附加张力。

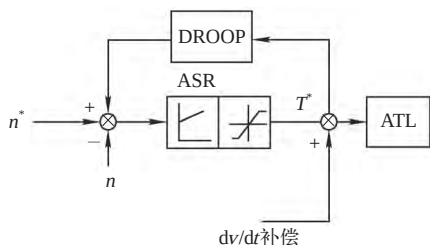


图6 炉辊控制框图

炉内热张辊采用直接张力闭环控制方式,其中1#热张辊调节冷却段张力,2#热张辊保证快冷段张力。

连续退火线张力控制的关键在于机组加、减速过程中各段张力的波动需控制在设定张力的 $\pm 5\%$ 以内,控制动态过程张力的变化靠张力调节

无法实现,在实际应用中采取补偿机械转动惯量的方法实现张力的准确控制。

开卷、卷取机、7#S辊和8#S辊为间接张力控制,在速度环加一个附加速度给定,使速度环处于饱和状态,根据张力设定要求,自动设定电动机输出力矩,实现张力控制的目的。由于开卷和卷取系统为变卷径控制设备,通过CU320-2的DCC功能块进行卷径计算、张力控制、动态补偿和断带保护。

结束语

自该退火处理线调试完成投入生产后,多年来电控设备运行良好,故障率极低,运行稳定;加减速时速度、张力准确度均在要求范围之内。实践证明,该系统完全能够达到产品质量和产量的要求,达到预期的控制目的。EA

(收稿日期: 2018.11.15)

(编辑: 朱金凤)