步进式货叉热处理线的设计及应用

安徽合力股份有限公司 （合肥 230601） 于廉晶 李华东

目前，国内部分货叉企业已经由型材叉代替了锻造叉，开始走向规模化生产。以前货叉的热处理大多采用电加热台车炉，不利于大规模批量生产。产品的质量也因人员的操作水平不同而存在较大差别，不利于产品的质量均一性和稳定性。另外，能耗较大，也不符合节能减排的需求，成本高。为此，为降低热处理能耗，减少运营成本，更好地提升产品质量，以及适应大规模批量化生产的需求，必须对货叉的传统热处理方式进行革新。步进式货叉热处理线的设计和投入使用取得了良好效果。

一、货叉热处理调质线组成及工艺流程

1. 产能设计要求

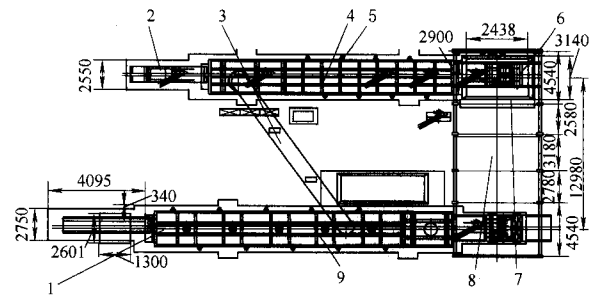
货叉工件材质为35CrMo，典型尺寸为（900～1550）mm×（700～520）mm，每件平均重量约90kg。日产量480～720件，生产效率1900kg/h，生产节拍4.5～20min（可调）。

2. 调质线的组成

该步进式调质生产线主要由步进进料机构、淬火加热炉、淬火水槽、自动淬火机构、货叉转移机构、步进式回火炉、二次喷淋冷却机构、步进式转移卸料机构，以及液压站、智能控制系统等组成。为了节约空间，便于组成U形流水线，我们将其设计成U形结构，如附图所示。

3. 调质线的工艺流程

此调质线的工艺流程包括人工+辅助上料→液压步进机送料→步进式加热炉前室预热→步进式加热炉加热→自动淬火机构出料→淬火水槽淬火→货叉转移→移动小车送料→步进式回火炉前室预热→步进式回火炉回火→步进机出料→二次喷淋冷却→步进机送料→卸料台卸料。



步进式调质生产线

1. 步进卸料机构 2. 上料结构 3. 余热回收风管 4. 步进加热炉 5. 燃烧嘴 6. 淬火机构 7. 淬火水槽 8. 货叉转移机构 9. 步进回火炉

二、主要机构设计简介

以下着重介绍步进机构、加热炉、回火炉、物料自动淬火与货叉转移机构等几项设计内容。

1. 步进机构

由于货叉为“L形”，长短不一，在步进时容易出现翘头等现象，因此采用两立柱四梁支撑，有效地克服了重心不稳的问题，而且将炉底开孔和水槽数量都降到最低，减少了热量散失，提高了热效率和炉温均匀性。

炉内步进固定梁、活动梁等构件采用耐热钢ZG40Cr25Ni20铸造而成。为保证应力变化，将固定梁、活动梁在炉内分为多段进行安装。导轨的一端固定安装，另一端为自由膨胀端。升降与水平机构带动其上的步进底做上下前后运动，还可按要求实现逆循环和踏步动作，步进底的运行轨迹为矩形。

2. 加热炉设计

步进式加热炉分为前室和主加热保温区两大部分，前室的作用主要是利用烟气余热对冷工件进行预热，主加热保温区主要是对预热后的工件进行加热保温。炉体侧墙、炉顶为全纤维结构，具有蓄热量小，升温速度快，保温效果好，以及节能等

优点，达到平衡时空炉损耗功率约为加热总功率的25%，符合国家炉窑节能标准。炉底采用重质高铝砖、轻质粘土砖和轻质保温砖砌筑，保温砖和炉底壳间加一层硅酸铝纤维毯。

为使工件加热均匀，选用SIO80HB型高速烧嘴和连续调节燃烧的方式来加热。高速烧嘴喷出70m/s的高温烟气，搅动炉内空气流动，以获得均匀的温度场。该设备共有8套独立烧嘴，每套烧嘴设有自动点火、火焰检测、熄火报警等功能。

3. 回火炉设计

步进式回火炉整体机构同加热炉结构基本相同，在出料口处增加二次喷淋冷却机构。考虑到炉温均匀性要求高，以及中低温状态热量主要靠传导传热的特点，设置了5套热风循环系统。

就低温燃气加热炉而言，我们设置了5套独立的SIO80HB低速燃烧器，传热以对流形式为主。

4. 物料自动淬火与货叉转移机构设计

淬火机构采用液压式油缸升降机构和变频电动机，料叉取料。采用两套转移机构，确保转移时间在生产节拍内。

三、节能措施

（1）合理选择炉体的隔热和保温材料。选择蓄热量小、升温速度快、绝热性能好的材料，同时增加一层硅酸铝纤维毡，保护耐火层和改善加热条件，比粘土质隔热耐火砖NG-1.3炉衬节能约20%。

（2）减少炉底的热量散失。选择两立柱四梁代替最初设计的三立柱三梁结构，减少了因炉底开孔和水密封槽数多而造成的热量散失。

（3）充分回收和利用余热。烟气带走的热量占燃烧热量的30%～65%，充分利用烟气余热是节能的主要路径。方法有：①利用余热对加热炉前室冷工件进行预热。②将淬火加热炉燃烧产生的高温烟气分两路排放，一路经过排烟口送至回火炉进行余热利用，另一路与回火炉的外排烟气一起用来助燃空气，将外排烟气温度降到最低。

（4）燃烧控制系统和烧嘴的合理布置。通过比较热电偶检测温度与温控表的设定温度，PID运算输出相应信号可自动调节空燃比，精确控制炉温，提高热效率。

（5）根据工件的不同，调整生产节拍，合理选择加热时间。1～3.5t的货叉截面厚度存在一定区别，选择合理的加热时间是其节能的一个方面。

四、应用情况分析

1. 工艺与使用性分析

步进式货叉热处理调质线具有如下优点：

（1）相对电加热炉，燃气燃烧产生的气体促进炉内气流循环，温度均匀性能达到±5℃，能很好地满足了工艺需要。

（2）升温快，生产效率高，产品的氧化皮较少。

（3）相对台车炉，产品的质量性能稳定，可减少对产品的过程检查，对工人的技能水平要求也略低。

（4）大幅降低劳动强度，节省劳动力和生产所需要的空间，生产布局更合理。

（5）与台车炉码放相比，每个工件间留有间隙，加热后高温炉料不会相互粘连，有利于缩短加热时间和减少工件氧化、脱碳。

（6）采用步进炉热处理生产的工件，变形较传统的台车炉处理工件要小得多，产品校正的工作量大幅下降。

2. 经济性分析

（1）投资成本　如采用电加热台车炉，则至少需要320kW台车炉5台。与电加热炉比，其投资优势包括：节约电力设备的投资；节省淬火行车的投资；节约淬火水槽的投资；设备占地面积小，节约空间。总体计算下来调质线与台车炉投资成本相比要小得多。

（2）运行成本　调质线自动化程度高，只需要1～2人辅助上料即可，节省人力投资。设备采用了多项节能技术，每吨货叉能源消耗成本与公司以前的电加热台车炉实际相比节约近60%。生产不受电网用电负荷的影响。

五、结语

步进式热处理调质线虽在其他行业早已使用，但在我国货叉行业还尚属首次。经过投产使用证明，该设备在自动化水平、产品质量、能源消耗及环境改善等方面都达到了非常好的效果。

MW（20120516）