



模压淬火机床综合了感应热处理和传统的模压式压淬的一整套工艺，适用于圆形、圆盘形零件。

## 齿类零件感应热处理

艾玛应泰感应科技（北京）有限公司总经理 刘平

感应热处理主要应用在表面淬火、模压淬火、保护气氛淬火、退火、回火中。

### 感应模压淬火-回火工艺

随着汽拖制造技术越来越成熟，对零部件的加工要求越来越高，对淬硬层的分布和变形要求更加严格，批量要求变大。零件一般加热到 $900 \sim 950^{\circ}\text{C}$ 时进行淬火，淬火时存在很多的问题：加热膨胀导致变形，淬硬层分布不均匀导致变形，加热时相变引起的体积增加导致变形，工件结构不对称引起的变形，还有就是上述结果的累积导致变形。淬火之前工件机加工时内部会产生应力，淬火时这些应力将释放出来，特别是薄壁类零件，这些问题更加普遍，都将导致变形。

淬火后，为了减少变形，将在精加工工序中花费大量的时间进行矫直、磨削等，对淬

火表面进行精加工。为在根本上解决这些问题，EMA开发了一系列的模压淬火机床，综合了感应热处理和传统的模压式压淬的一整套工艺，适用于圆形、圆盘形零件。比如滑套的模压淬火，如图1所示，先把变形的椭圆零件固定在非导磁定心和夹持装置上（工步1），开始对零件加热（工步2）， $900^{\circ}\text{C}$ 时零件会达到均匀的温

度，这时矫正芯模就位（工步3），即可进行淬火喷淋（工步4），这里矫正芯模的作用就是防止和限制零件变形。之后感应器下移到零件位置开始加热，受热后零件就会膨胀，与矫正芯模之间会产生很小的间隙，芯模会自由脱落，最后把零件冷却下来。

滑套模压淬火过程参数：功率 $100\text{kW}$ ，频率 $20\text{kHz}$ ；淬火

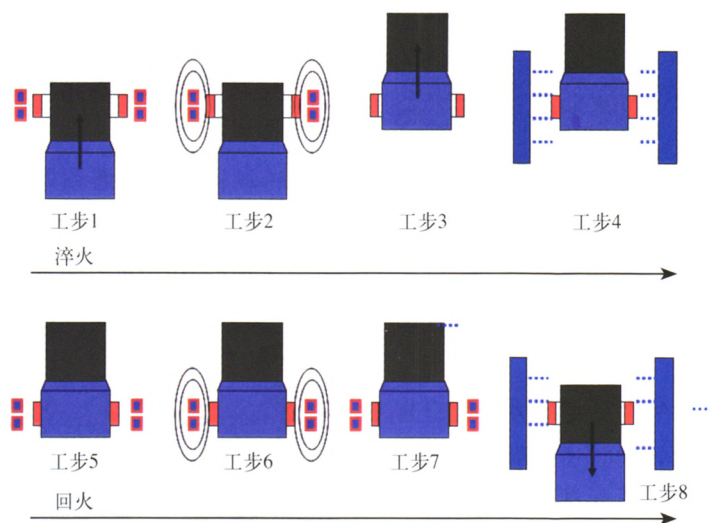


图 1

+回火工艺中，节拍60s，表面硬度为650~720HV1，淬层深度0.3~0.6mm，心部硬度320~420HV1；变形检查结果，圆度<0.05mm，平面度<0.06mm，锥度<0.05mm，热处理能力指数Cpk>1.67。

锥齿轮感应模压淬火如图2所示，在工步3和工步4中多了一个上下压模（绿色部分），作用是牢固地夹持工件进行淬火。锥齿轮模压淬火过程参数：功率250kW，频率10kHz；淬火+回火工艺中，节拍4min，表面硬度680~780HV30，淬层深度0.8~1.2mm，心部硬度350~480HV30；变形检查结果，齿部圆度<0.03mm，法兰部圆度<0.03mm，内径锥度<0.03mm，法兰部平面度<0.05mm。

感应模压淬火工艺的优势：加热后，立即进行模压淬火，变形小；4路单独控制的淬火冷却装置，均匀、高效；芯模几乎没有磨损；加热时间短，能源消耗少；工件尺寸更精确；

淬火参数可重复性好。相比传统的转底炉渗碳或加热压淬系统设备，感应模压淬火系统设备能够直接与生产线集成，淬火、回火共用一套加热电源，不需要回火炉，不需要清洗机，工件传输系统少，还可以进行保护气氛下淬回火，可以二次加热进行模压淬火，不改变硬化层轮廓（深度和分布/全部表面），运行条件更便利，占地面积小。适合感应模压淬火的零件有同步器滑套、同步器齿圈、锥齿轮、离合器片、轴承等高精度工件。

## 大齿轮、齿条感应淬火

利用单齿“齿廓”淬火方法（见图3），我们进行了风电齿轮单齿淬火（见图4a）、矿山机械单齿淬火（见图4b）、模数为63的大的齿板齿条单齿淬火（见图4c）等，单齿切片如图5所示。全齿长的淬硬层均匀分布，决定因素有温度、温度的分布控制、冷却，间隙控制

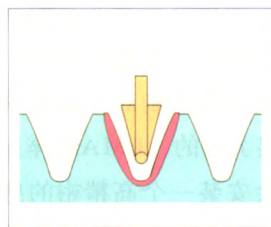
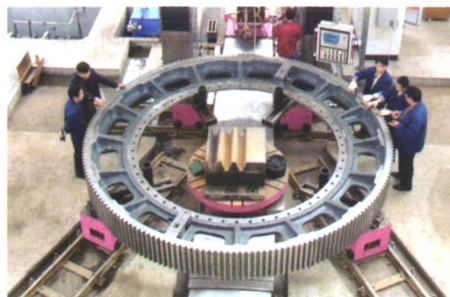


图 3



(a)



(b)



(c)

图 4



图 5

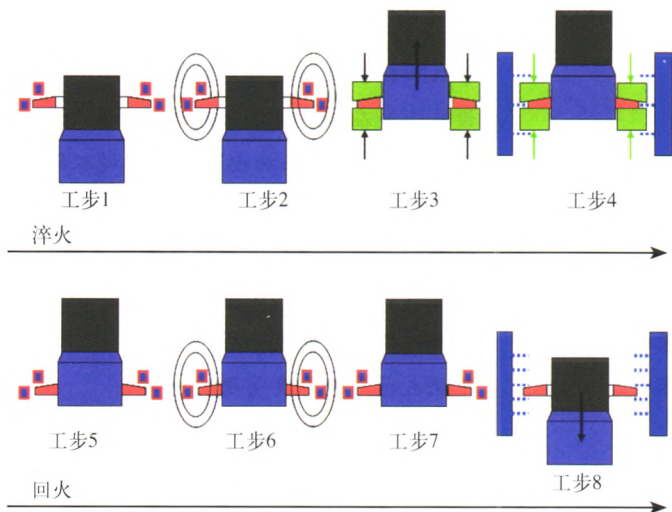


图 2

技术, 加热温度对产品的最终质量起到至关重要的作用, 感应器的间隙控制对于温度的控制是很关键的, EMA的淬火机床都会安装一个高精密的感应探头, 对齿廓进行初始的精确定位, 避免了人工调整感应器间隙带来的误差, 齿轮在加热淬火时会产生变形, 我们采用一套随动系统来适应齿轮的变形, 从而保证感应器的间隙是合适的, 保证淬硬层的分布是均匀的。沿齿长方向的能量均匀分布控制, 连续淬火中, 出口和入口处的棱角会产生端面效应, 造成局部过热或欠热, 轻则导致淬硬层分布不均匀, 重则导致开裂, 因此需要对整个温度进行均匀控制, 由于红外测温法的局限性, 能量法是唯一可行的控制方式, EMA开发了一套沿齿长方向的温度控制系统, 把齿长方向分成若干了微小等分, 系统自动计量每个等分的能量, 小于0.01s后把其显示在操作屏上, 如果采集

的数据落在曲线区域之内就正常, 如果落在区域之外系统就会报警, 之后通过调整功率和速率来控制温度。

EMA的单头淬火机床, 集成带有旋转分度台专用工装就可以对大的零件进行淬火, 目前能加工直径4m的零部件。这种机床如果加上保护气氛罩, 就可以避免工件氧化层的形成, 免掉了抛丸、磨削等工序。特别是对于重载齿轮, 在感应热处理后都需要对整个齿进行硬度检查和裂纹检查, 需要工人花大量的时间把齿轮打磨的很干净后进行着色检查, 如果整个工件在保护气氛下淬火, 这种情况就不会再发生了。这种机床解决了小功率电源对大规格齿轮的淬火, 但是相对于整体淬火效率较低, 尤其是规格较大、齿数较多的齿轮, 加工时间很长, 放到回火炉回火时第一个齿有开裂的倾向。为此, EMA开发了双加热头淬火机床, 大大提高了生

产效率, 降低了齿轮的开裂倾向, 还可以应用到齿条的感应淬火。典型案例就是三峡大坝升船机超大模数齿条的感应淬火工艺, 升船机的提升机构包括4套大齿轮以及4个垂直的总长113m的齿条, 升船机重量将达到34000t。

另外, 齿面淬火方法如图6所示, 用以加工的切片试样如图7所示, 可见淬硬层分布比较

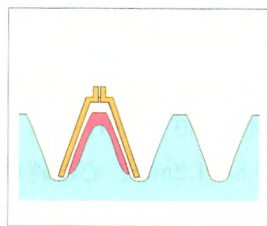


图 6



图 7

均匀。MW (20140122)

## 《金属加工（冷加工）》2014年第3期要目

用户热议先进切削技术应用产业论坛

高品质高效率的螺纹切削刀具方案

圆锥滚子贯穿磨削方法研究

利用三轴铣加工中心加工两轴线相交外圆上的凸台

前半开式叶轮五轴加工

液压缸窜液检测工装

高速大功率车铣电主轴后置圆锥摩擦锁紧机构设计

基于无心转盘加工大圆弧叶片向心孔技术

内孔键槽对刀工装

数控高效车削蜗杆的加工方法

以车代磨工艺在加工同一外圆不同硬度产品中的应用

宏程序加工抛物面零件

卧式四轴机床的五轴应用实例

设备连线在加工自动化过程中的应用

西门子840D SL系统垂直轴抱闸的双路控制

旋转凸轮在汽车覆盖件模具中的应用

模具加工中提高曲面编程效率的技巧

小模数齿轮测量的原理和方法

丝杠精度测量误差分析

可调式两用轴承负荷块的设计

自定心卡盘精度的维修

凸轮磨削产生小平面问题分析及处理

镗削逐层扫描加工的扩展应用

复杂薄壁曲面钣金零件成形分析及加工