

EMA感应模压淬回火工艺改进

□ 艾玛应泰感应科技（北京）有限公司/ Wilfried Goy 曾惠芝 王世成

结合已知的感应加热和压力淬火的优点，本文重点介绍对模压淬、回火的工艺改进。模压淬火通过配置了淬火工装和感应器的淬火机床来实现。在模压淬火和回火之前，通过感应方式对工件进行加热。由于采用在线的感应回火，校正后的工件能够较易从校正模具上脱模，采用此种方式对校正模表面没有任何磨损。



由于生产效率要求的提高，以及减少对淬火后淬硬面的再加工工序，对于热处理后零件的精度要求越来越高，几乎与最终成品的尺寸一致。

EMA感应科技公司对现有的压淬机床进行改进以期望得到更高的生产效率和工件精度。改进后的模压感应加热淬火工艺的主要优势有：热量在工件内部直接产生；没有热量传导的损失；节能；高的生产效率；加热迅速，工艺过程易于控制；校正芯模可进行带镶块设计以满足特殊工件精度要求；较低的频率对滑套进行回火，因为在校正

位置上直接回火，由于热膨胀工件与芯模间产生极小的间隙，能够很轻松地实现脱模；一次可以同时二个工件进行处理；整个工艺过程在保护气氛下进行；无污染。

在保护气氛下进行热处理

过去，黑色金属在空气中加热表面氧化的课题经常被研究，许多证据表明，在加热时表面氧化物会增大、增多。然而这些研究大部分集中在较长时间的加热工艺中，比如锻造前的加热等。

对于感应热处理工艺，基于它极快的升温速率和极短的加热时间等特点。在感应加热下金属表面氧化的研究相对较少。所以，EMA Indutec GmbH公司做此方面的实验，力求弄清温度和时间对金属氧化的影响。

在实验中，喷砂后的工件（材质100Cr6）通过感应加热，以尽可能快的速度达到目标温度，并保持恒定的温度。在不同的温度下，保持设定的时间。然后工件和通常的感应淬火工艺一样，用水基淬火液进行冷却。

实验结果如图1所示。

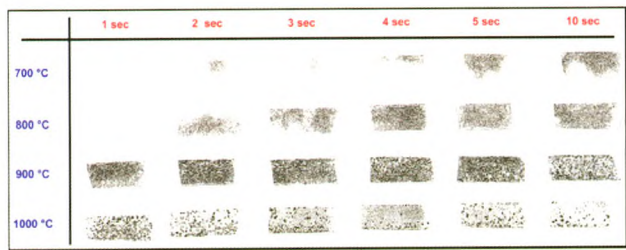


图1 不同时间温度下氧化物

从图中可以看出，在感应加热极快的升温工艺中，工件表面氧化始于700℃，并随着时间的延长，表面氧化物增多。对于常见的感应淬火温度（900℃左右），在前1s就发生了显著的氧化。

在900℃保持5s，出现典型的板片状的氧化物层。在1000℃保持1s，出现相似的结果。氧化层松散的附着在工件的表面，在1000℃保持5s、10s的图示看出，大量的氧化皮被后续的淬火液喷淋带走。

如果在感应热处理后道工序想避免昂贵的再加工费用，惟一的选择是在惰性气体的保护下进行全部热处理工艺。

全封闭带保护气氛罩机床

由于整个热处理过程需要在惰性气体（氮气）保护下进行，EMA开发了带有完全密闭保护气氛罩的专用机床。整个工作区域在机床内部，在热处理前需要充进氮气，随后在每个工艺节拍过程需要补充少量氮气，最终使整个热处理过程在无氧的环境中进行。此类型的机床已经过十几年的不断改良。根据目前的使用反馈，具有柔性高、操作简单、工艺稳定的特点。

当然，当机床换新工装或打开

门维护后，需要重新补充氮气。完全排除密闭罩内的氧气需要几分钟的时间。带有密闭保护气氛罩的机床如题图所示。

机床前部为上下料工位，根据客户要求可集成自动上下料装置。工件放置在特殊的支撑架子上，按下按钮，前端小的密闭罩罩着工件，可以防止机床内部气体的外泄。工件通过可180°旋转的平面转移机构进入机床内部，与此同时，已经加工完成的工件转移到机床外面。

机床内部密闭而且有足够的空间，机床有很高的柔性。可以适用于不同种类规格的需要模压淬火的工件。比如，同步器滑套、同步器齿圈、同步环、锥齿轮、离合器片、齿毂、轴承等需要高精度的工件。

1. 工件堆积淬火

传统的压淬工艺中，可以一次同时压淬多个滑套工件（见图2）。工件采用堆积的方式进行整

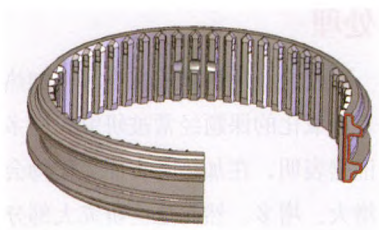


图2 滑套

体加热和压淬。

基于常规的热处理方法，我们考虑的问题是：能否通过感应淬火机床在一个淬火工位上实现多个工件模压淬火？

工件热处理后最终尺寸几何精度要求高，EMA公司开发同时处理两个上下堆积工件的模压工艺。相比较一次处理一个工件，期望得到同样精度结果。

首先，工件内部需要温度尽可能均匀，所以需要选用多匝的感应线圈。在加热和回火过程中，目标是堆积后的工件温度分布一致，回火后，工件能轻松脱模。

和常见的回火工艺一样，在整个工件上温差必须控制在几个开之内。

加热时，工件的热分布如图3所示。

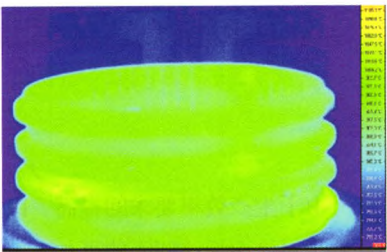


图3 两个上下堆积滑套温度分布

尽管将两个工件同时加热，加热量增加一倍，但无需增加一倍功率来运行工艺。事实上，从电源到感应器，整个回路的能量损耗会增加一点，但不会超过一倍。同时，相比较单匝感应线圈，很明显多匝的感应线圈有更高的效率。

所以，我们在能耗不增加一倍的同时实现产能增加一倍。机床和我们之前介绍的机床一样，只是需要增加在垂直方向的驱动距离。

2. 独立喷淋系统

对于有些需要模压淬火的结构不对称工件，喷淋冷却变形更不易控制。EMA公司考虑到淬火特点，开发了具有4路独立可控的喷淋冷却回路，即上压模喷淋、下支撑模喷淋、外圈主喷淋、芯模向外喷淋，如图4所示。各路喷淋的流量、压力、延迟时间、喷淋时间都可以方便调节。因此，工件可以得到更小收缩变形。

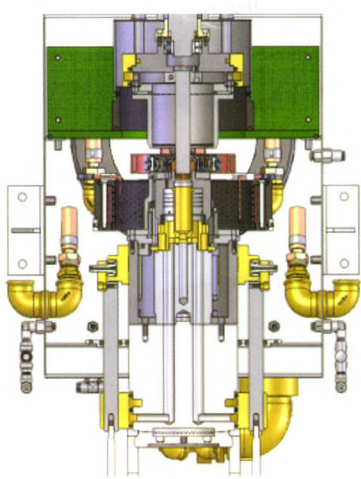


图4 滑套喷淋系统示意

3. 带镶块芯模设计

通常工件加热后，冷却收缩在圆柱棒上进行校正。此时，工件内部没有角度和径向上趋向。现在热处理后的工件，精度要求越来越高，圆度、平面度、垂直度和锥度都需要同时小于0.05mm。

另一方面，工件本身的结构越来越复杂（滑套内花键同时有多对高矮齿、外部轮廓不对称、内花键有连续的缺齿），在热处理后几何尺寸更不易保证。且传统的转炉加热+油压工艺已经不能有效解决此类零件的变形问题。

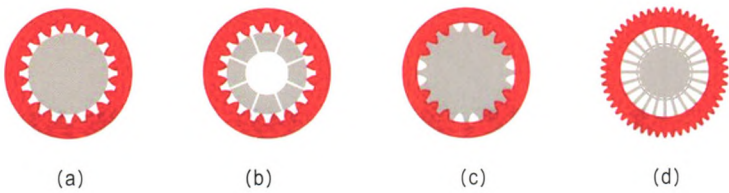


图5 典型芯模设计图示(reference: HEES-website)

EMA公司通过不断的改进，对于此类复杂的工件的模压淬火工艺已经积累了很多经验。其中带镶块芯模的设计是其中一个重要的改进。目前常见芯模设计如图5所示。

目前传统压淬的芯模可以是光滑的圆柱体（见图5a）所示。当然还有芯模在压淬时，可以向外膨胀（见图5b、d）。或带有花键的芯模（见图5c），花键支撑齿面和齿根。最后提及的芯模比较复杂，不易制造。在工艺开发过程中，工件的尺寸需要经过许多步骤调试才能确定。当然这需要昂贵的再加工和耗费大量的时间。同时，上述各种芯模，也不能有效解决连续缺齿区域的变形问题。

在这个背景之下，EMA感应热处理公司开发了带镶块芯模工艺，镶块通过螺栓固定在芯模上，镶块可以轻松装卸，根据实际的工件结构特点，很方便调节。同时，也方便对芯模进行再修正工序（车、磨等）。

镶块的设计主要用于支撑滑套类工件内花键的矮齿和缺齿。当工件冷却收缩在芯模上时，矮齿和缺齿的部分将会抱死在凸出的镶块上得到限形校正。

同样，集成凹槽式设计的镶块可以有效地对滑套内花键高齿部分进行限形。

EMA公司典型芯模示意如图6所示。

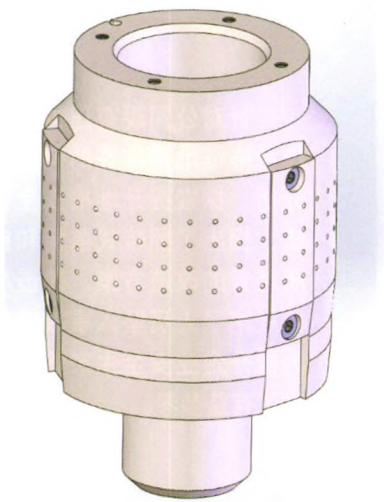


图6 EMA带镶块设计芯模

结语

针对结构复杂且热处理后工件要求精度高的工件，基于上述的工艺改进，开发新的带保护气氛的淬火机床。配置EMA最先进的电源，能够在较快的节拍内，实现淬火、回火、校形工艺。对于工装压淬并回火工艺，避免后续昂贵的再加工，可以说在热后工件精度要求几乎是最终成品的压淬工艺中，具有里程碑的意义。 **AME**