

底盘零件的高频电阻感应加热技术

高频感应加热技术已有几十年的历史，感应加热具有加热速度快、节省能源、质量可靠、氧化脱碳少、工件变形小、公害少、工艺简单、易实现机械化、自动化和组织流水线生产等特点。本文介绍了高频电阻感应加热淬火工艺技术、实现方法及其在汽车行业中的应用。

高频电阻感应加热原理及特点

近年来，国内外感应加热技术在提高产品质量、发挥材料潜力、降低生产成本和改善设备性能等方面都有了很大进展，在工业上获得广泛的应用。但传统的高频感应加热只是一种单纯的感应加热，感应加热的主要依据是电磁感应（表面效应、邻近效应、环状效应）、“集肤效应”和热传导三项基本原理，对平面类和内孔类零件的加热效率低，硬化层深度不易控制。

高频电阻感应加热技术是在20世纪80年代初美国首先采用的加工方法，开始在汽车发动机缸套内壁上应用。与传统的高频感应加热相比，高频电阻感应加热工件表面电流更集中，密度更大，加热速度也更快。采用这种高频电阻加热淬火，可以获得很高的电流密度，加热的功率密度是传统感应加热的数倍，因此可以对工件表面实施高能密度的热处理，且淬硬层在两块电极之间感应器下方。高频电阻感应局部表面加热设备简单，操作也和传统感应加热一样方便。一般的高频炉可以很方便地改成高频感应电阻局部加热设备。更突出的是感应器可以制成曲线或弯曲面，淬火面可以是平面、弧面或曲面，很适用于某些复杂零件特殊部位的局部表面加热淬火。另外这种淬火有时无需专门冷却介质（加热自冷方式），淬火后可采用

自回火，无需重新加热回火，零件的畸变量小。

应用实例

1.汽车转向齿条的高频淬火

齿轮齿条式转向机构具有结构简单、构件少、质量轻、成本低和传动效率高等优点，现大多数的轿车都采用这种转向机构。而转向齿条是齿条齿轮式转向机构中的一个关键保安主件，每个齿表面与小齿轮的每齿表面产生接触摩擦力，根据服役条件，转向齿条应具有一定的刚度、较高的耐磨性和疲劳强度。传统的转向齿条是用15Cr或20Cr等渗碳合金钢采用整体渗碳淬火的方法，实现转向齿条表面的硬化和强化，使转向齿条具有很高的耐磨性能，但这种方法会导致零件的热处理变形大、校正难度大、效率低、工作环境差以及成本高。现行转向齿条由于高频电阻感应加热技术的应用而采用35Cr、45Cr、40Cr或38Cr材料制造，用高频淬火的方法使齿条齿面齿背部位硬化强化。转向齿条的高频淬火的技术要求为：齿面和齿背包角 $180^{\circ} \pm 20^{\circ}$ 局部高频淬火，表面硬度48~55HRC。齿条齿面的淬火装置如图1所示（齿背包角 $180^{\circ} \pm 20^{\circ}$ 局部淬火装置与之相同）。

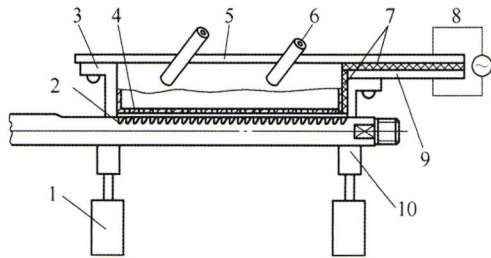


图1 齿条齿面高频淬火装置示意

1.夹紧液压缸 2.齿条齿面 3.铜合金电极 4.感应器 5、9.紫铜电极板
6.冷却水入口 7.绝缘板 8.接高频电源 10.绝缘支撑架

工艺过程如下：转向齿条放在淬火机床的托架上，托架夹紧液压缸上升，齿条淬火电极紧压齿两端的平面（或齿背面），电极、齿条和感应器连成一个回路，感应器与齿面（或齿背）尚有适宜的间隔距离，距离大小可以根据需要进行调节。这样齿面（或齿背）既是受感导体，又是高频电路中的一段导体。加热时高频感应电流和高频电路中的电流汇合在一起，同时对齿面（或齿背）进行加热，加热速度非常快。断电后马上从感应器向齿面（或齿背）喷射淬火介质，进行淬火，加热、冷却时间可以自动控制。整个操作过程通过PLC进行控制。另外通过调整加热速度（加热时间、加热功率）、冷却时间和冷却液的温度、浓度、喷射压力等方法可实现转向齿条的自回火，无需再加热回火。该工艺的特点是：生产效率很高，加热时间4s左右，工作时间加辅助时间在20s以内（振荡功率为100kW的高频电源，生产节拍20s），是齿条加工工序中生产率最高的工序；零件的热处理变形小，表面硬度均匀，硬化层分布合理，工作环境好。

2. 阀套内孔的高频淬火

阀套结构如图2所示，材料45钢，高频淬火的要求： $\phi 22\text{mm} \times 28\text{mm}$ 内孔高频淬火、回火，硬化层深度0.5~1.8mm，表面硬度50~60HRC。

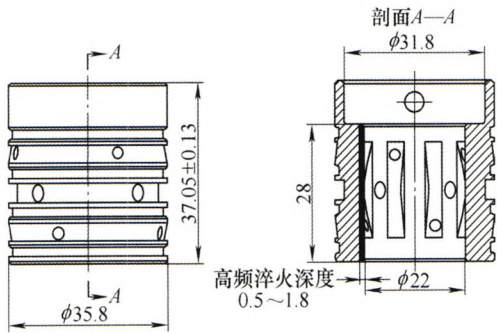


图2 阀套结构

该零件采用传统的高频淬火工艺有以下难度：

- 1) 用线圈加热内孔是靠线圈的外表面加热，加热速度慢。
- 2) 内孔小，线圈只能用较细的铜管制造，当通水量小时，容易烧毁线圈。
- 3) 为了提高感应器的加热效率，增大邻近效应的有利作用，感应器与内壁的距离应尽量小，那么淬火机床和夹具的定位精度高。
- 4) 内孔高频淬火易产生淬硬层深度不均，硬度偏低。

5) 阀套的壁厚小（最薄处不到3mm），加热时间长，外表面温升快，产生回火色，同时淬火时内孔会缩小。

现采用图3所示的装置进行高频淬火，75kW的高频电源加热时间1s左右，速度非常快，硬度高且均匀，硬化层分布均匀，变形量小。

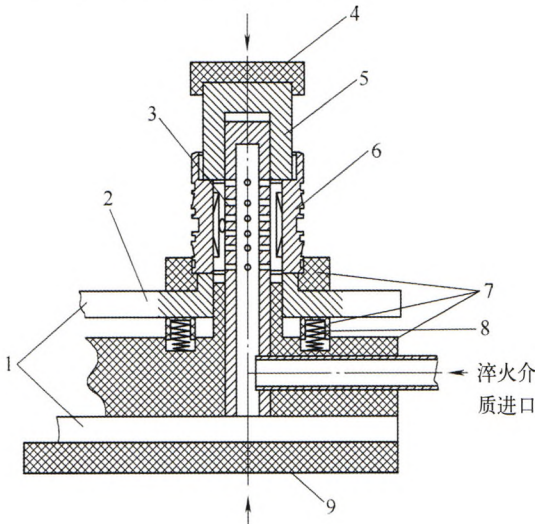


图3 套阀内孔高频淬火装置示意

- 1.接高频电源 2.铜合金下电极 3.紫铜感应器 4、7、10.绝缘体
- 5.铜合金上电极 6.阀套 8.弹簧

高频电阻感应加热淬火工艺的几点说明

- 1) 为提高电极的使用寿命，电极要用具有高温强度的铜铬合金制造。淬火时电极要用淬火介质冷却，否则会降低电极寿命。
- 2) 感应器的形状、与工件表面的间隔距离能够影响淬火硬化层的分布和深度，应高度重视。感应器与零件之间的间隙应尽量小。
- 3) 通过控制加热速度和冷却时间，可以很方便实现工件的自回火。
- 4) 工件的装夹夹紧力没必要加太大，只要保证工件表面与电极接触良好即可。
- 5) 在现有有高频设备上，通过安装专用夹具，可实现高频感应电阻加热。通过更换淬火夹具，可以对各种简单的表面进行热处理，特别是平面类和内孔类淬火效果更佳，其发展前景广阔，是一种很有前途的热处理工艺。

关键词：
高频电阻 感应加热 淬火
(收稿日期20130516)