

花键轴类零件感应淬火工艺

东风德纳车桥有限公司十堰工厂 (湖北 442051) 谭向阳

某零件(见图1)材料为QT600-3A,轴颈部位要求感应淬火(包括圆角),表面硬度要达45HRC以上。硬化层深:圆角1.5~4mm(45°方向),光杆部5~8mm,花键齿底1.5~4mm(模数 $m=2$,齿高约5mm),如图2所示。



图1 花键轴实物

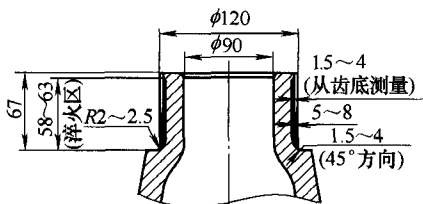


图2 淬火区域示意

1. 复合导磁体环形感应器设计

现场采用环形连续淬火感应器。感应器有效圈为纯铜车削后焊接而成,横截面为去掉一部分的(下端面外侧30°)中空菱形(中通冷却水),相对工件中心方向外偏30°。喷水圈采用矩形铜管,钻三排孔,孔与工件中心呈50°角(见图3)。一般连续淬火用环形感应器结构只有一种导磁体,基于工件为小圆角、大直径结构考虑,如果导磁体朝向端面则杆部加热慢,将导致移动速度慢,效率低,如果导磁体朝向杆部,则圆角加热效果差,将导致圆角未淬硬或圆角(法兰)加热停留时间过长。为平衡圆角淬火效果及杆部移动速度,本感应器创造性地

设计了两种导磁体,一种朝向杆部,另一种朝向端面,两种导磁体分区间隔安装在有效圈上(见图4)。

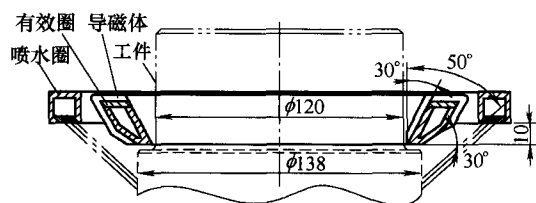
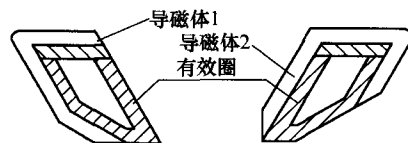


图3 环形感应器结构



(a)导磁体1卡法向杆部 (b)导磁体2卡法向端面

图4 复合导磁体安装示意

2. 花键轴连续淬火工艺

该花键轴感应淬火在数控立式淬火机床上进行。该淬火机床主控制采用三菱E60数控系统,运动方式为感应器固定不动,主轴(零件)旋转移动。主轴(下工作台)旋转由交流变频电动机控制,可实现无级调速。交流伺服电动机带动机床部件(下工作台、上顶尖)升降,移动速度由三菱E60系统设定,可以无级调速。淬火机床电源为全固态中频感应加热电源IGBT250KW/4-10kHz,与三菱E60系统结合,可以实现模拟调试(通过设置中频电压S值)来实现输出不同的加热功率。

采用复合导磁体环形感应器(见图5)连续加热淬火工艺,喷液冷却方式。利用淬火机床的三菱E60系统进行编程,通过理论计算及经验估算先预设工艺参数,调试中观察热形及对淬火试样进行解剖检验,修改工艺参数,最终淬火程序如附表所示(单件时间约90s)。



图5 复合磁体环形感应器实物照片

淬火后,按 JB/T 9205—1999《珠光体球墨铸铁
零件感应淬火金相检验》、Q/EQY—05—2002《感应

淬火零件淬硬深度的测定》检验。经纵向切开腐蚀
后,宏观照片如图6所示,感应淬火层连续圆滑,
圆角深度2.4mm,直线段深6.9mm,花键齿根深
2.2mm,圆角及光杆部表面硬度53~56HRC,花键
硬度48~52HRC,淬火组织为细针状马氏体+球状石

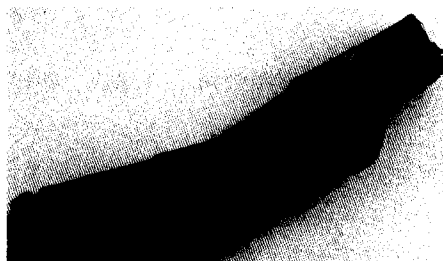


图6 试样解剖实物照片

零件淬火程序

行次	程 序	解 析
1	N100 G90 G1 X -10.00 F3000	X 轴(下工作台)快速定位到绝对位置-10.0(上料位置),移动速度2500mm/min
2	N102 M11	吊装工件,等待门关闭(门开关1)
3	N104 M17	上顶尖(气动)伸出,工件夹紧
	N106 G04 X0.5	延时0.5s
4	N108 G90 G1 X292.5 F2000	X 轴(工件)移动(上升)到绝对位置292.5(此时工件圆角贴近感应器下端面,间隙1.5~3mm),移动速度2000mm/min(加热开始位置)
5	N110 M3	X 轴(工件)旋转
6	N112 G04 X0.5	延时0.5s
7	M114 M25 S280	加热启动,圆角(法兰)处模拟调功S280(中频电压280V,实际加热功率约50kW)
8	N116 G04 X15.0	加热延时,圆角(法兰)停留15s
9	N118 G91 G1 X -10.00 F300	S280保持,X 轴(工件)相对向下运动(下降)10mm,速度300mm/min
10	N120 M08	喷液冷却开启
11	N122 G91 G1 X -12.00 F160	S280保持,X 轴(工件)相对向下运动(下降)12mm,移动速度(光杆及花键尾)速度160mm/min
12	N124 M03 S500	旋转保持,变功率,花键模拟调功S500(中频电压500V,实际加热功率约90kW)
13	N126 G91 G1 X -35.00 F310	S500(中频电压500V)保持,X 轴(工件)相对向下运动(下降)35mm,速度260mm/min,花键最高位置(加热停止位置)
14	N128 M26	加热停
15	N130 G91 G1 X -30.00 F1000	X 轴相对向下运动30mm,速度1000mm/min,延冷位置(顶端喷液冷却)
16	N132 G04 X0.5	延时0.5s
17	N134 M09	喷液冷却停
18	N136 G40 X4.0	延时4s(甩水)
19	N138 M5	旋转停
20	N140 G90 G1 X -10.0 F2000	X 轴(工件)快速移动到绝对位置-10.0(下料位置),移动速度2000mm/min
21	N142 G04 X0.5	延时0.5s
22	N144 M18	上顶尖(气动)缩回(夹紧松开)
23	N146 M10	等待门完全打开(门开关2)
24	N148 M2	程序结束

感应加热淬火感应器的设计原则

大江信达车辆股份有限公司 (重庆 401321) 李芝明

感应加热淬火感应器是利用涡流原理来完成零件表面淬火、表面强化的关键加热元件。进行表面加热的零件种类很多,形状差异很大,因此感应器的设计形态各异,一般对感应器的尺寸主要考虑感应圈的直径、高度、截面形状、冷却水路及喷水孔等,其设计思路如下。

1. 感应器的直径

感应器的形状是根据加热零件的表面轮廓来确定的,要求感应圈与零件之间必须有一定的间隙,而且各处应均匀一致。

对外圆加热时,感应器的内径 $D_{内} = D_0 + 2a$; 对内孔加热时,感应器的外径 $D_{外} = D_0 - 2a$ 。其中, D_0 为工件的外圆直径或内孔直径, a 为二者之间的间隙(对轴类零件取 1.5 ~ 3.5mm, 齿轮零件取 1.5 ~ 4.5mm, 内孔零件取 1 ~ 2mm。如进行中频感应加热淬火,则间隙略有不同,一般轴类零件为 2.5 ~ 3mm, 内孔为 2 ~ 3mm)。

2. 感应器的高度

感应器的高度主要根据加热设备的功率 P_0 、工件的直径 D 和所确定的比功率 $P_{设}$ 来确定:

~~~~~  
墨,评为5级。前几批次约100件零件经荧光磁粉无损检测,无裂纹。该零件从2011年9月以来,已批量生产约2000件,质量稳定可靠。

## 3. 结语

(1) 对于小圆角、大直径零件来说,复合导磁体连续感应器很好地兼顾了圆角淬火质量及杆部加热效率两者之间的关系,现场实际使用效果良好,有较大推广价值。

(2) 数控淬火机床的可编程、变功率,以及变移动速度等功能,使感应淬火技术得到进步,产品质量更加稳定可靠。MW (20120612)

(1) 对于短轴类零件一次加热,为防止尖角过热,感应圈的高度应小于零件的高度。

(2) 长轴类零件一次加热局部冷却时,感应圈的高度为需要淬火区长度的 1.05 ~ 1.2 倍。

(3) 单匝感应圈高度太高时,工件表面的加热不均匀,中间温度比两边的温度高出许多,频率越高则越明显,故多采用双匝或多匝感应圈来代替。

## 3. 感应圈的截面形状

感应圈的截面形状较多,如圆形、正方形、矩形、板形(外焊冷却水管)等,当淬火面积相同时,弯制成矩形截面感应圈最省料,而且透热层均匀。圆形截面最差,但易于弯制。选用的材料多为黄铜管或纯铜管,高频感应圈壁厚为 0.5mm,中频感应圈为 1.5mm。

## 4. 冷却水路与喷水孔

考虑到因涡流损耗而发热,故各组成部分需要通水冷却,对于铜管可直接通水冷却,铜板制造部分可做成夹层或外焊铜管组成冷却水路;高频连续或同时加热采用自喷冷却时,感应圈喷水孔的直径多为 0.8 ~ 1.0mm,中频感应加热为 1 ~ 2mm;连续加热淬火感应圈喷水孔的角度为 35° ~ 45°,孔距为 3 ~ 5mm。同时加热淬火喷水孔应交错排列,孔距布置均匀,一般喷水孔的总面积应小于进水管的面积,以确保喷水的压力和进水压力符合要求。

需要注意的是,为解决内孔加热的环形效应,可在感应圈上卡上铁氧(高频感应淬火)或硅钢片(中频感应淬火),制成“门字形”导磁体,驱使电流沿导磁体的缺口(感应圈的外层)流过。为防止不该硬化的部分被加热,可采用钢环或软磁材料制成磁短路环屏蔽。另外感应加热时,对于感应圈靠近尖角部分的间隙应适当加大,以防局部过热。

MW (20120506)