

制动盘高频感应淬火及感应器设计

田栋栋, 刘林强, 李开秋

山东普利森集团有限公司 山东德州 253076

摘要: 介绍了一种制动盘高频感应淬火处理方法, 针对制动盘的使用要求确定淬火方式, 再根据表面淬火的特点设计感应器, 并设计工装实现工件的装夹, 成功完成了对制动盘的感应淬火。

关键词: 高频感应淬火; 感应圈结构; 淬火软带; 回转工装

Brake disc high frequency induction hardening and sensor design

TIAN Dongdong, LIU Linqiang, LI Kaiqiu

Shandong Precion Group Co., Ltd., Dezhou 253076, Shandong, China

Abstract: This paper introduces a high frequency induction hardening treatment method for brake disc. According to the application requirements of brake disc, the quenching method is determined, and then the sensor is designed according to the characteristics of surface quenching, and the workpiece is designed to achieve the induction hardening of brake disc.

Keywords: high-frequency induction hardening; induction coil structure; hardening soft belt; rotary fixture

1 序言

我公司以前制动盘的热处理方法是在盐炉中靠人工回转着局部淬火, 费事费力, 且盐炉污染严重, 已经关停。后来试验整体淬火, 但因为各种因素的影响, 在使用过程中经常开裂, 保留制动盘心部的韧性显得尤为重要, 所以整体淬火不可取。因此, 为满足制动盘的技术要求, 本文就制动盘的高频感应淬火感应器设计进行探讨。

2 制动盘高频感应淬火方案确定

制动盘的结构如图1所示。

制动盘外缘部分(双点划线处)是很容易磨损的部位。实践表明, 运行时发生磨损的钢制零件, 其磨损量在很大程度上取决于硬度^[1]。

为增加制动盘外缘部分的耐磨性, 同时保留心

部的韧性, 外缘部分拟采用高频表面淬火。同样的材料, 采用高频表面淬火时耐磨性比普通淬火高很多。在采用正确的表面淬火工艺和获得合理的硬化层分布时, 可以显著提高工件的抗疲劳性能。

制动盘工件材质为45钢, 采用T235-G48淬火工艺, 即整体调质, 制动盘外缘部分两面(双点划线处)高频淬火。根据零件的服役条件, 要求淬硬层深度 $\geq 1.5\text{mm}$, 再加上精车加工余量 0.25mm (单边 0.25mm , 两面共留 0.5mm), 故要求有效淬硬层深度 1.8mm 左右。我公司轴类淬火机床的规格为 $200\text{kW}/50\text{Hz}$, 淬火频率为 $30\sim 40\text{kHz}$, 频率根据工件尺寸及淬火间隙自动匹配。

由于原高频感应淬火感应器只能先淬一面, 翻转后再淬另一面, 外缘部分一般厚度约 10mm , 两面互为热影响区, 会影响淬火硬度, 因此无法达到设

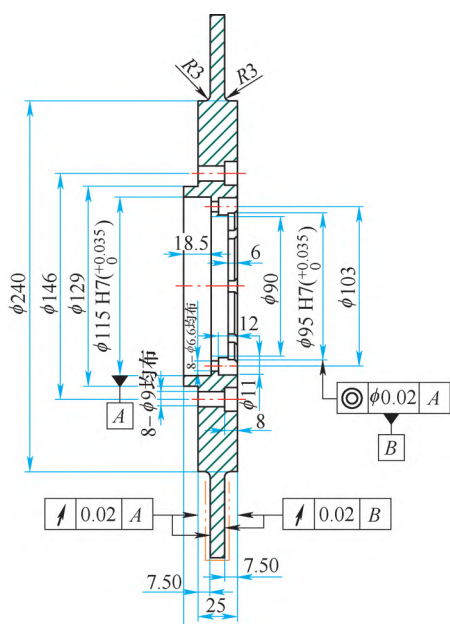


图1 制动盘结构

计要求。

基于以上情况,需要设计一款专用的高频淬火感应器,可以同时完成外缘部分两侧面同时淬火。根据邻近效应,相邻两根铜管中要通反向电流,这样最大磁场强度在导体表面的内侧,对零件表面进行集中加热^[1]。根据这个原理优化设计,高频电流的轨迹如图2所示。同时根据环状效应,加热平面与内孔时,为提高加热效率,需设置导磁体。通过这些要求,设计出感应圈结构,如图3所示,用纯铜管

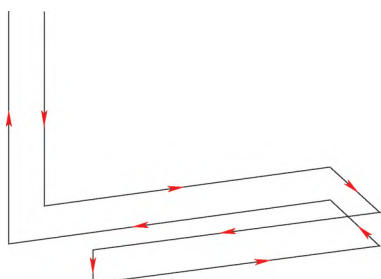


图2 高频电流轨迹

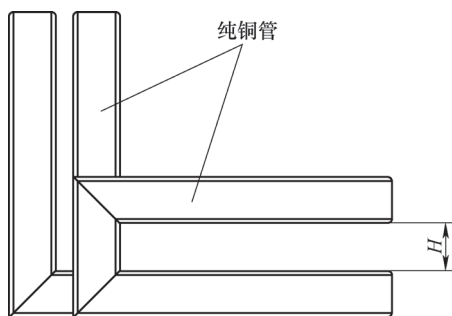


图3 淬火感应圈结构

绕制而成。

查阅相关资料及根据平时的淬火经验,感应器与淬火表面间隙一般控制在 $0.5 \sim 1.5 \text{ mm}$,间隙越小,电效率越高,加热内孔和平面时,因热效率低,应尽可能地采用较小的间隙。同时间隙太小会对机械加工要求和淬火的操作要求太高,故此次选择间隙 1 mm 。在制动盘半精车时控制工件外缘部分厚度尺寸至 $(10.5 \pm 0.05) \text{ mm}$,因此感应圈的距离 H 控制在 $(12.5 \pm 0.1) \text{ mm}$ 。

3 感应器设计与制作

3.1 感应器结构

整体感应器淬火装置如图4所示。该装置由淬火感应圈、汇流排、冷却板、供水管接头及冷却管等组成。将淬火感应圈两端分别钎焊在两块汇流排上,两块汇流排平行排列,中间有绝缘板,端面上钎焊连接板,连接电极。汇流排上钻6个通孔,穿入绝缘隔套,绝缘隔套中间有通孔,穿入螺栓、螺母紧固,增加感应器的整体刚性^[2]。

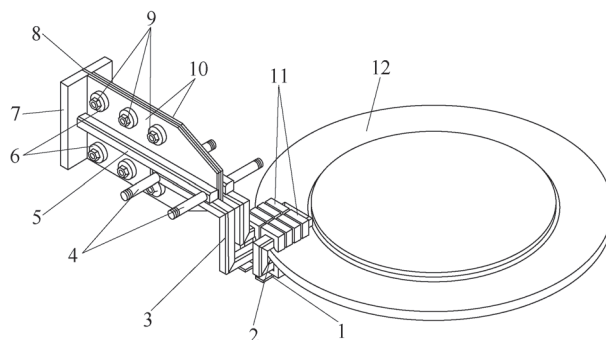


图4 淬火感应器三维结构

- 1—托板 2—喷水孔 3—淬火感应圈 4—供水管接头
5—冷却管 6—绝缘隔套 7—连接板 8—绝缘板
9—连接螺栓及螺母 10—汇流排
11—导磁体 12—制动盘外缘部分

3.2 感应器制作与作用

1) 淬火感应圈由纯铜管连续绕制而成(见图3),将制动盘外缘部分上下两面包起来,控制感应圈与工件的合理间隙,随着制动盘的回转,可以同时完成制动盘外缘部分上下两面的淬火。

2) 加热平面与内孔时感应圈的电效率较低,在感应圈淬火部位上放置导磁体,使能量集中,提高淬火效率。

3) 为保证下面的导磁体不会掉落松动改变位置,在感应器下面焊接两个小托板,托住导磁体。

4) 在汇流排上增加冷却管,降低连接部分的温度,保护感应器及电路部分。

5) 汇流排中间加绝缘板,保证两相电极绝缘良好。

6) 感应圈绕成双匝,使温度更均匀,后排感应圈均钻一排斜后45°方向的喷水孔,使淬火部位快速冷却,完成淬火。

3.3 淬火软带的处理

上述高频淬火方式,回转一圈后与开始淬火位置的接头处会有软带,从而降低此处的疲劳强度,加剧磨损,长期使用容易在此处形成磨损坑洼,降低使用寿命,影响传动稳定性及传动精度。针对这个问题,通过调整感应圈的角度,使感应器与制动盘形成一定角度,如图5所示,这样形成的软带就是斜的,软带区域将不同时受力,从而减少软带的有害作用。

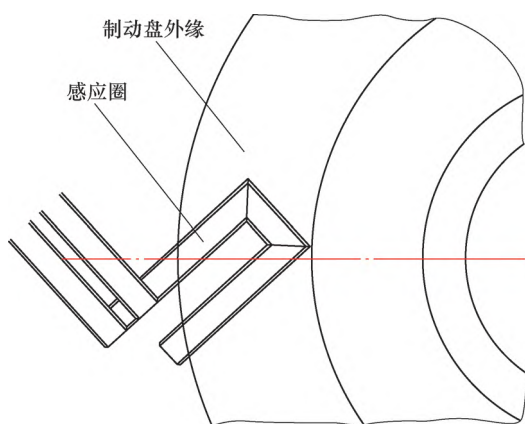


图5 感应圈转角度

4 装夹工装设计与使用

我公司的立式轴类淬火机一般采用连续淬火方式,即工件回转的同时上下移动,完成外圆表面或内孔的淬火。零件的支承和转动是通过下顶尖带动的。针对这种盘类零件无法装夹,同时也无法传动转动扭矩。为完成制动盘的淬火,制作了一个用于工件回转的工装,如图6、图7所示。根据常见支承结构^[3],此工装回转套通过深沟球轴承和推力球轴承固定在芯轴上,使回转套及拨杆等件与芯轴可以相对回转。

淬火时,将回转工装平放在平台上固定,将工件放到工装上,通过3根转动拨杆支承住工件。将工

件找正后,用夹紧套固定住工件,手动转动拨杆,使工件以一定速度回转,完成淬火

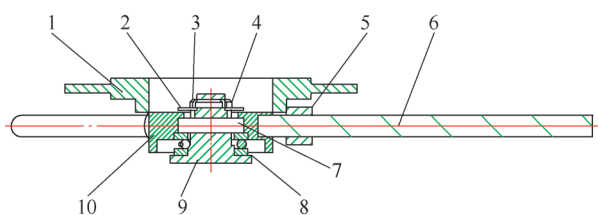


图6 回转工装结构

- 1—制动盘 2—盖板 3—圆螺母 4—盖板
5—夹紧套及紧定螺钉 6—转动拨杆 7—深沟球轴承
8—推力球轴承 9—芯轴 10—回转套

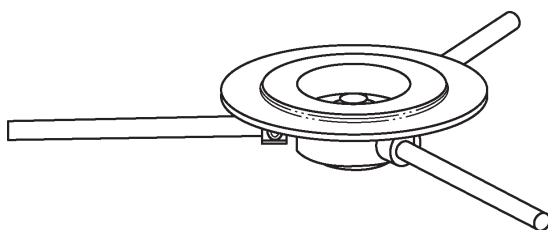


图7 回转工装外形

5 结束语

淬火时,找正外圆及轴向圆跳动0.1mm以内,固定住工件。将工件调整好后,控制上下面与感应器的间隙保持一致。调整淬火频率、电压、电流等参数,手动转动拨杆,使工件以一定速度回转,完成淬火。

通过多次调整淬火参数,硬度控制在48~50HRC,满足了图样技术要求,且在后续用户的使用过程中表现良好,使用寿命明显提高。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会热处理学会. 热处理手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [2] 山东普利森集团有限公司. 一种刹车盘的淬火处理感应器: CN218666141U[P]. 2023-03-21.
- [3] 现代实用机床设计手册编委会. 现代实用机床设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

MW 20240722