

# 双工位磁粉探伤机的研制

王晓梅<sup>1</sup>, 王恒迪<sup>2</sup>, 王阳川<sup>3</sup>

(1. 重庆科技学院 机械工程学院, 重庆 401331; 2. 河南科技大学 机电工程学院, 洛阳 471003;  
3. 淄博华盛矿产实业有限公司, 淄博 276300)

**摘要:**介绍了一种适用于小型杆状零件的双工位磁粉探伤机。该机采用复合磁化方法进行探伤检查, 其中周向磁化利用交流电完成, 纵向磁化利用两个磁化线圈中通入的脉冲直流电实现。详细说明了该机的机械结构和磁化电流调整线路。实际使用时可根据需要选择复合磁化、周向磁化或纵向磁化。该机可通过调节控制面板上的电位器, 方便地调节磁化电流。试验表明, 该机能够高效地实现杆状零件的探伤检查, 满足探伤规范要求, 保证检查结果可靠性。

**关键词:**磁粉探伤机; 仪器研制; 双工位

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2009)02-0147-03

## Duplex Working Positioned Magnetic Particle Testing Machine

WANG Xiao-Mei<sup>1</sup>, WANG Heng-Di<sup>2</sup>, WANG Yang-Chuan<sup>3</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Chongqing University of Science & Technology, Chongqing 401331, China;  
2. School of Mechatronics Engineering, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China;  
3. Huasheng Mineral Production Industrial Co Ltd, Yinan 276300, China)

**Abstract:** A kind of duplex working positioned magnetic particle testing machine for miniature rod-shaped parts was introduced, where composite magnetization method was used. Circumferential magnetization was completed by the alternating current, while longitudinal magnetization was completed by the rectified alternating current in two magnetizing coils. The characters of its mechanical structure and magnetization current regulation circuitry were described in detail. Magnetization method should be selected among composite magnetization, circumferential magnetization and longitudinal magnetization according to the demands. Magnetization current could be regulated conveniently by the potentiometers in the control panel. Experiments had proved that the inspection of rod-shaped parts by the machine was efficient, meanwhile, the inspection met the requirements of magnetic particle testing and guaranteed the reliability.

**Keywords:** Magnetic particle testing; Equipment development; Duplex working positioned

发动机中的一些关键保安装件, 如连杆螺栓和气门等, 由于材料、加工或热处理的原因, 会有少部分零件存在各种缺陷, 这些缺陷大部分凭肉眼难以检测, 但会对发动机的正常工作带来安全隐患。因此实际生产中要求对这些零件进行 100% 磁粉探伤。由于零件的生产特点是时间比较集中, 数量较大, 相应地磁粉探伤机必须具备检测效率高、可靠性好的特点。笔者研制了一种双工位磁粉探伤机, 以进行

小型杆状零件的磁粉探伤。

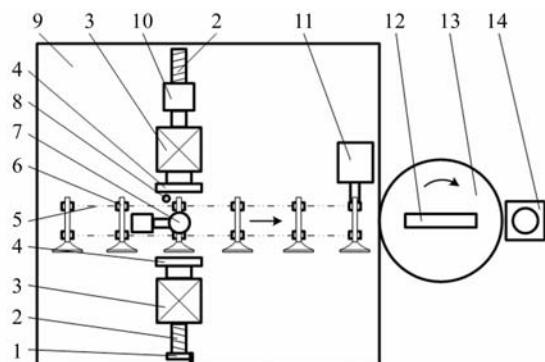
### 1 机械结构

双工位磁粉探伤机的机械部分结构如图 1 所示。整机由磁化工位和观察工位两部分组成。

工作时, 将被检零件放置在托架上, 托架固定在传动链条上。槽轮分度机构在减速机的带动下可使链条按图 1 中箭头所指方向运动。考虑到分度机构的节拍对工作效率的影响, 槽轮机构的间歇时间设计为运动 1 s, 停止 2 s, 以满足零件的生产效率, 而

收稿日期: 2008-04-14

作者简介: 王晓梅(1972—), 女, 硕士, 研究方向为测控技术。



1. 手轮 2. 左右旋丝杠 3. 磁化线圈 4. 磁化夹头  
5. 传动链条 6. 被检零件及托架 7. 磁悬液喷淋系统  
8. 接近开关 9. 床身 10. 夹紧气缸 11. 驱动及槽轮分度机构 12. 紫外线灯 13. 观察台 14. 退磁线圈

图 1 双工位磁粉探伤机机械结构示意图

且在链条停止运动时,被检零件正好位于两个磁化夹头之间(磁化工位),利用这 2s 可完成零件的磁化和喷洒磁悬液等工作。

零件的探伤工艺要求采用连续法检查,应保证在磁化结束前停止喷洒磁悬液。设计时将磁悬液喷淋头固定在气缸的活塞杆端部,喷淋头可前后移动。同时在磁化夹头的下面安装有接近开关,在链条上固定间距安装有金属片。当零件接近磁化工位时,接近开关感应到金属片,信号输入到控制系统中,可启动喷液泵和电磁阀,在磁化之前可使喷淋头前伸,同时喷洒磁悬液。磁化结束前停止喷液泵和电磁阀的供电,则喷淋头收回,同时停止喷洒磁悬液。

磁化夹头、磁化线圈和夹紧气缸等安装在矩形导轨上,导轨由左右旋丝杠带动。左右旋丝杠的一端为左旋螺纹,另一端为右旋螺纹,向不同的方向转动手轮,可增大或减小两个磁化夹头之间的距离,同时托架可根据被检零件的不同,加工成不同的结构。调整磁化夹头之间的距离或更换托架,可满足不同型号、不同种类零件的检测需求,提高了探伤机的适用性。

磁化时夹紧气缸前伸,带动一端的磁化夹头伸出并夹紧被检零件,然后磁化线圈和两个磁化夹头同时通电,完成零件的磁化。实际工作中发现有的零件,例如气门的端面也会存在缺陷,为此将夹头设计成细网格状,可使磁悬液遍布整个零件,提高检测的可靠性。

磁化结束后零件通过料道滚落至观察台上,由人工进行磁痕观察和判断。由于被检零件,如气门、连杆螺栓等两端的直径均不相同,因此下料过程不

会对磁痕造成影响。这里使用荧光磁粉配置磁悬液,因此观察光源为冷光源紫外灯,相对于传统热光源紫外线灯,冷光源紫外线灯具有启动迅速、故障率低、观察范围大以及电源电压适应范围广等优点。最后对合格零件进行退磁,整个探伤过程结束。

## 2 磁化方法

本机采用连续法复合磁化进行检测<sup>[1]</sup>,选用油基荧光磁粉配制磁悬液。其中周向磁化利用磁化夹头直接通交流电完成,周向磁化电流经过电缆线、磁化夹头和零件构成闭合回路。在两个磁化线圈中通入脉冲直流电可实现纵向磁化,纵向磁化的磁场通过与磁化夹头连接的心轴、零件、导轨和床身构成闭合磁路<sup>[2,3]</sup>。实验证明,该磁路设计可大大提高纵向磁场的强度,对长轴类零件的探伤检测尤为有利。

实际工作时,应根据灵敏度试片和有缺陷的零件,综合调整两路磁化电流,以保证满足磁化规范。

## 3 电气控制部分

整机动作由 PLC 控制,根据连续法探伤的工艺流程,在 PLC 里面编制有相应的程序,一次按键,可以完成喷液、夹紧和磁化等操作。为满足不同的需要,还可以单步执行每一步操作。

控制部分的核心是磁化电流调整电路,采用反向并联大功率可控硅模块作为调整元件。调整晶闸管的导通角可改变电压,最终达到调节磁化电流的目的,该调整方式得到的磁化电流是非正弦交流电。周向磁化利用降压变压器实现,变压器的初级电压为交流 380 V,与晶闸管模块串联,次级输出经电缆线和磁化夹头与零件导通。纵向磁化的电源电压为交流 220 V,经晶闸管调压后还需进行全桥整流,变成脉冲直流电后送入磁化线圈。

晶闸管导通角调整电路以 TCA785 集成触发器为核心<sup>[4]</sup>,其由德国西门子公司研制生产,内部集成有同步检波、移相脉冲和过流过压保护等电路,是一种锯齿波移相触发器。由它构成的晶闸管触发线路具有功耗小、抗干扰性能好、移相范围宽、外围器件少和调整方便等优点。

TCA785 常见的封装形式为 DIP16,其主要引脚功能为:1 脚接地,16 脚接直流电源。5 脚为同步信号输入端,同步信号经鉴零电路送至锯齿波发生器,在每个正弦信号的过零点锯齿波发生器迅速放电并从 0 初始值开始充电,改变 10 脚外接的电容值

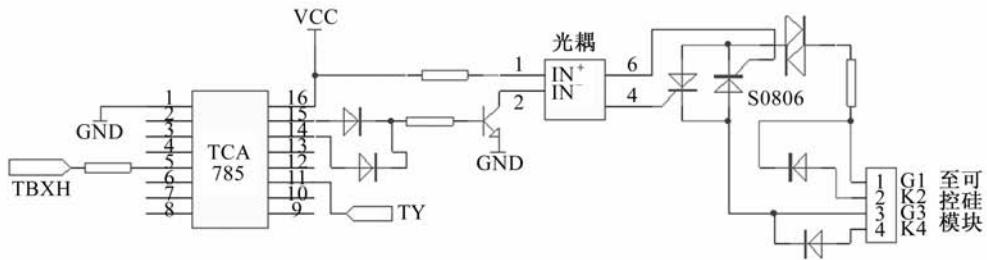


图3 磁化电流调整原理图

或9脚外接的电阻值即可改变锯齿波的斜率。锯齿波电压与11脚的控制电压 $V_{11}$ 进行比较,当锯齿波电压达到 $V_{11}$ 的幅度时产生一脉冲,生成控制信号送至脉冲形成及分配环节。14脚和15脚分别为正负半周对应的脉冲输出端,4脚和2脚分别为14脚和15脚的反相脉冲输出端,脉冲宽度分别由12脚和13脚外接的电容值决定,实际使用时触发脉冲应该宽一些,否则不能可靠触发大容量的感应负载。6脚为脉冲封锁端,当6脚为低电平时,封锁触发脉冲输出;当6脚为高电平时,解除封锁,该引脚可用于过流、过压保护或其它控制。图2所示为TCA785主要引脚的波形图。

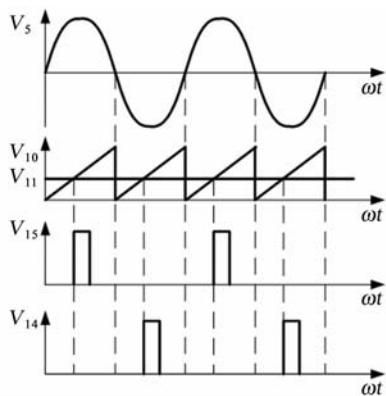


图2 TCA785 主要引脚波形图

从图2可以看出,改变控制电压 $V_{11}$ 的幅值大小,可以改变触发脉冲的相位,进而控制晶闸管的导通角,实现磁化电流大小的连续调节。

图3所示为调整磁化电流的原理图。36 V交流电经电阻送入TCA785的5脚,作为同步信号。调压信号经操作面板上的电位器接至TCA785的11脚,通过改变11脚调压信号电平的高低,就可以

(上接第95页)

- images based on least squares estimation [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1999, 18(4): 345.  
 [4] 刘航, 郁道银, 杜吉, 等. 广角成像系统光学畸变的数字校正方法 [J]. 光学学报, 1998, 18(8): 1108—

使触发脉冲在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 内移相。14脚和15脚输出的触发脉冲经过“或”运算后利用三极管放大,再通过光耦隔离,触发两个反向并联的晶闸管S0806,小功率晶闸管S0806最终驱动大功率晶闸管模块,实现磁化电流的连续可调。

#### 4 主要技术参数

设备周向磁化电流为 $0 \sim 4000$  A连续可调,纵向磁化势为 $0 \sim 15000$  安匝连续可调,其中磁化电流最大为5 A,线圈为3 000匝。正确调节磁化参数后,在零件上使用15/50 A1型灵敏度试片(根据零件的探伤规范进行选择)做试验,其圆形和十字形人工缺陷显示完整清晰。利用厂家提供的有缺陷零件做试验,其缺陷也能够清晰显示。退磁后,工件的剩磁 $<2 \times 10^{-4}$  T。

该探伤机采用复合磁化的方法,适用于小型杆状零件的探伤检查。操作时可根据需要选择复合磁化、周向磁化或纵向磁化,通过调节控制面板上的电位器,可方便地调节磁化电流。可连续运行所有操作,也可单步操作。整机结构较简单,自动化程度和探伤效率较高,同时具有较高的灵敏度和可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 中国机械工程学会无损检测分会. 磁粉探伤 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.  
 [2] 叶代平. 磁粉探伤中的磁路分析 [J]. 无损检测, 2004, 26(10): 514—516.  
 [3] 邱志宇, 杨剑. 闭合磁路线圈法在磁粉检测中的应用 [J]. 无损探伤, 2005, 29(1): 39—41.  
 [4] 黄东强, 孙新民, 刘学东. 单相单脉冲触发电路设计 [J]. 河北理工学院学报, 2007, 29(1): 43—44.  
 [5] Smith E, Vakil N, Maislin S A. Correction of distortion in endoscope images [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1992, 11(1): 117—122.  
 [6] 李湘宁. 工程光学 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.