

光栅刻划机金刚石刀具抬落机构控制系统

Control System of Lifting and Lowering Ruling Diamond Mechanism of Grating Ruling Engine

(长春光学精密机械与物理研究所) 宋莹
SONG Ying

摘要: 为了改善传统机械式光栅刻划机的刻划性能,提出了一种新型光栅刻划机金刚石刀具抬落机构。介绍了光栅刻划机及抬落刀机构结构组成,并根据需求分析选用压电陶瓷平台作为执行器件。搭建了一套抬落刀控制系统并完成硬件设计,针对光栅刻划工艺需求,设计抬落刀控制系统软件。系统采用总线通信方式,制定串口通信协议。结果表明,该新型机构机械结构简单、可实时控制、精度高、无振动和发热,提高了刻划光栅的质量和刻划效率。

关键词: 光栅刻划机; 抬落刀机构; 压电陶瓷平台; 串口通信
中图分类号: TP29 文献标识码: A

技
术
创
新

Abstract: In order to improve the ruling performance of the traditional grating ruling engine, a novel lifting and lowering ruling diamond mechanism is presented. The grating ruling engine and the mechanical structure of the lifting and lowering ruling diamond mechanism are introduced. The piezoelectric-driven stage is chosen as the actuator. A control system of the mechanism is established, and the hardware design is accomplished. Based on the demands of the grating ruling process, the software of the control system is designed. The system carries out communication through serial bus, and the serial communication protocol is devised. The practical results indicate that the mechanism is of simple structure, real time control, high precision, and doesn't bring in any vibration and heat. The quality of the ruling grating and efficiency of the ruling process are improved.

Key words: Grating Ruling Engine; Lifting and lowering mechanism; Piezoelectric-driven stage; Serial communication protocol

1 引言

光栅刻划机号称“精密机械之王”,它的主要工作原理是利用金刚石刻刀在光栅基底的铝膜上刻划出具有一定形状的槽型阵列。它包括两个正交方向的运动,光栅基底的运行方向(分度方向)和金刚石刻刀的运行方向(刻划方向)。两个方向的运动通过精密的配合,最终形成周期性的刻槽,工作过程示意图如图1所示。

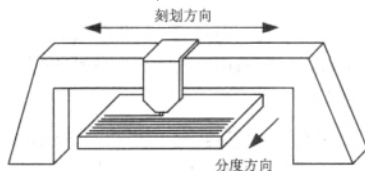


图1 光栅刻划机工作过程示意图

在光栅刻划的过程中,配合光栅基底的运动,金刚石刀具需要在指定的时刻不断的抬起和落下,抬落刀过程需尽可能的保持运行稳定性,否则,将会引起光栅基底和刻划导轨的振动,导致光栅刻划线条质量变差。抬落刀速度和高度应根据工艺要求实时可调,落刀位置应达到微米级精度。另外,在刻划之前,根据光栅刻划工艺的要求,需进行金刚石刀具的调整准备工作,该调整工作由工艺师完成,这要求抬落刀机构可以手动控制。

传统的光栅刻划机采用机械式的抬落刀机构,存在着稳定性差、机械结构复杂、操作不便、精度低等缺点,直接影响了刻划光栅的质量和生产效率。对于新一代引入自动控制系统的光栅刻划机,提出了一种新的金刚石刀具抬落机构(以下简称抬落刀

机构),并设计了相应的抬落刀控制系统。

2 抬落刀执行机构

抬落刀执行机构示意图2所示,其中1为金刚石刀具,它安装在刀架2上,刀架2通过弹簧钢片3连结在刻划导轨滑块4上。在刻划过程中,导轨滑块4沿着刻划导轨运动,同时带动金刚石刀具,完成刻划方向的运动。当需要抬刀时,抬刀钩6上移,带动刀架左侧抬高,弹簧钢片将发生形变,使金刚石刀具上移,脱离光栅表面;当需要落刀时,抬刀钩下移,弹簧钢片恢复形变,金刚石刀具下降,恢复到刻划高度。

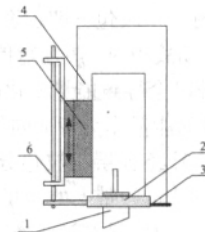


图2 抬落刀执行机构示意图

根据需求,金刚石刀具与刀架的总重量不超过100g,最大的抬刀距离不超过400 μ m,抬落刀精度要达到微米级,抬落刀位置和速度可以实时调节,且运行平稳,以保证光栅刻划工艺的要求。为维持刻划间的温度稳定性,要求抬落刀机构不发热,另外还要满足无噪声、结构简单等要求。根据上述需求,选用jena公司的小型一维运动平台PX 400 HL,该款运动平台体积小,便于机械设计,内部采用多层压电陶瓷作为出力器件,具有不发热、无噪声、无振动等特点。输入控制电压,上平板可以平行于底

宋莹: 硕士 研究实习员

板产生一维运动,将底板与导轨滑块固定,上平板与抬刀钩固定,即可方便的控制金刚石刀具的抬落。上图中5即为PX 400 HL,其主要参数如表2,从表中可以看出该款器件满足需求。

另外,为配合PX 400 HL选用,选用jena公司配套的放大器E-103-18放大器,该放大器可将0-10V的输入控制电压转化为0-150V的输出电压。

表1 PX 400 HL 主要参数

| | |
|-----------|----------------|
| 运动范围 | 400μm |
| 最大负载 | 10N |
| 开环分辨率 | 0.53nm |
| 工作最大电压 | 150V |
| 尺寸(长*宽*高) | 52mm*48mm*22mm |

3 抬落刀机构控制器硬件设计

整个刻划机控制系统包括主控制器和若干的从控制器,如图3所示。其中主控制器由工控机实现,向各从控制器发出控制指令,实现各部分的协调运转。从控制器接到指令后,完成控制功能的实现。由于各从控制器实现任务的实时性要求不同,在整个控制系统的主控制器和从控制器之间,存在2种通信方式。对于实时性要求较高的任务,采用CAN通信方式,对于实时性要求较低的任务,采用RS232通信方式。由于抬落刀任务相对实时性要求不高,采用RS232通信方式。

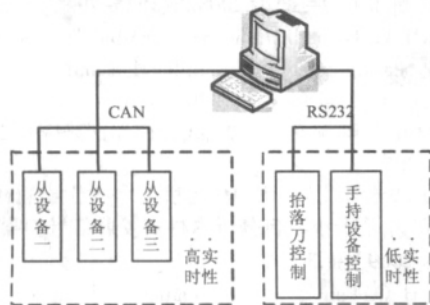


图3 刻划机控制系统网络构成

抬落刀机构控制器做为从控制器之一,实现的主要功能是对抬落刀移动平台PX 400 HL控制电压的控制,进而完成对金刚石刀具抬落的控制。它主要包括以下几个部分:控制芯片,DA转换芯片,基准电压源,通信模块。其中,通信模块用于接收主控制器发送的抬落刀指令,并传递给控制芯片,进行指令解析、数据处理,并将数据发送给DA芯片,转化为模拟信号,发送给电压放大器,驱动运动平台带动抬刀钩完成抬落刀运动,如图4所示。DA芯片选择16bit转换芯片AD669,该款芯片输出电压范围为0-10V,与运动平台控制电压匹配。

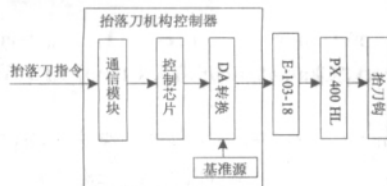


图4 抬落刀机构控制系统框图

4 抬落刀机构控制器软件设计

抬落刀机构控制器软件设计主要包括抬落刀通信协议和控制芯片软件设计。

4.1 抬落刀通信协议

抬落刀控制指令的通信协议要保证主控制器可以实时控制抬落刀控制器,并在通信协议中指示抬落刀相关信息,并由抬落刀控制器在任务完成后给出应答信息。其中主控制器发送给抬落刀控制器的指令信息如下表所示。

表2 抬落刀控制指令协议

| | | | | | | |
|-----|-------|-----------|---------|-----|-----|-----|
| 字节1 | 字节2 | 字节3 | 字节4 | 字节5 | 字节6 | 字节7 |
| 协议头 | 抬刀/落刀 | 抬刀/落刀终点位置 | 抬刀/落刀时间 | 校验 | | |

该指令包含了抬落刀所需的全部信息,第一个字节协议头用于表示该条指令为主控制器发送的抬落刀指令,字节2指示是抬刀还是落刀指令,字节3和字节4用于指定抬落刀的终点位置,其中当抬刀钩运动到最低点时为位移零点,用0表示,抬刀钩运动到最高点时,为位移最大点,用0xFFFF表示,位移的分辨率为6.1nm,字节5和字节6用于指示完成抬落刀所需要的时间,根据需要进行调整,以ms为单位,最后一个字节为校验字节,为前面包括指令头在内所有字节的异或操作。

当完成抬落刀动作后,抬落刀控制器将给出应答信息,告知主控制器,若接受到的指令长度错误或校验失败,也将给出应答信息,再次请求抬落刀指令,这两种应答主要通过协议头区分,如下表所示。

表3 抬落刀执行完成应答协议

| | | |
|-----|-----------|-----|
| 字节1 | 字节2 | 字节3 |
| 协议头 | 抬刀/落刀执行完成 | 校验 |

表4 指令接受失败协议

| | | |
|-----|------|-----|
| 字节1 | 字节2 | 字节3 |
| 协议头 | 接收失败 | 校验 |

4.2 抬落刀控制芯片软件设计

选用的控制芯片内部含有串口通信模块,数据的接受通过串口中断完成,在主程序中判断是否成功接收到抬落刀指令,然后解析抬落刀指令,并通过数据总线传输给DA,进行数模转换,完成抬落刀控制。

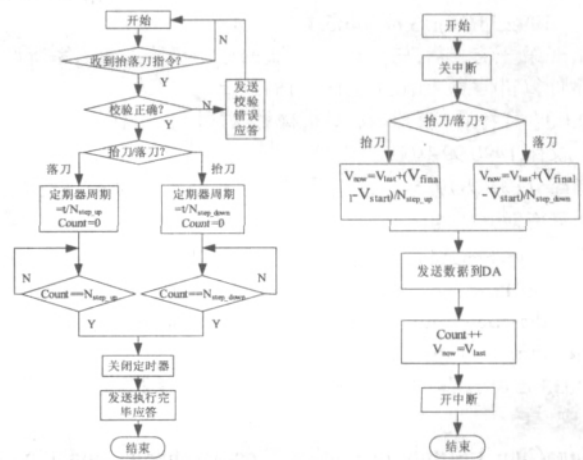


图5 控制芯片软件流程图

由于光栅刻划工艺的需要,要求抬刀钩的动作缓慢稳定,避免引起刻划导轨、导轨滑块或光栅基底的振动,落刀时金刚石刀刃将直接与光栅基底接触,这对抬刀钩的下落动作提出了更高的要求。为解决这个问题,将抬刀和落刀过程分为若干步,使位移平台的控制电压以阶梯型上升或下降到终点位置对应的电压值,通过控制芯片的定时器中断完成这个功能,实际中抬刀动作作为200步,落刀分为500步。软件流程图如图5所示,其中t

为拾落刀时间, $N_{\text{step_up}}$ 为拾刀步数, $N_{\text{step_down}}$ 为落刀步数, V_{final} 为终点位置对应的数值, V_{start} 为起始位置对应的数值。

5 结 论

设计了一套新的光栅刻划机拾落刀机构控制系统, 引入了新型的压电陶瓷一维运动平台作为拾落刀执行机构, 完成了控制器的软硬件设计。目前该套系统已实际应用于新的光栅刻划机中, 实践证明, 该套系统机械结构简单、不引起振动、不引入热源, 拾落刀速度和位置可以实时调节, 操作方便, 便于实现刻划前的调节工作, 易于实现低刻线密度的拾落刀控制, 确保了光栅工艺的要求, 提高了刻划光栅的质量和刻划效率。

本文作者创新点: 提出一种新型的光栅刻划机金刚石刀具拾落刀机构, 完成控制系统设计, 该机构提高了刻划光栅的质量和刻划效率。

作者对本文版权全权负责, 无抄袭。

参考文献

- [1]李燕青, 郝德阜. 长春理工大学学报[J], 2003, 26(1):66-68.
- [2]G. R. Harrison. The production of diffraction gratings I: development of the ruling art[J]. Journal of the Optical Society of America, 1949, 36(6) :413-426.
- [3]祝绍箕, 邹海兴, 包学诚等. 衍射光栅[M]. 北京:机械工业出版社, 1986:193-204
- [4]J.Strong. The Johns Hopkins University and diffraction grating [J]. Journal of the Optical Society of America, 1960, 50 (12):1148-1152.
- [5]Hongzhong Liu, Bingheng Lu, Yucheng Ding, Yiping Tang, Dichen Li. A motor-piezo actuator for nano-scale positioning based on dual servo loop and nonlinearity compensation[J]. Journal of Micromechanics and Microengineering, 2003, 13:295-299.
- [6]Toshiaki Kita, Tatsuo Harada. Ruling engine using a piezoelectric device for large and high-groove density gratings[J]. Applied Optics, 1992, 31(10):1399-1406.
- [7]张富深, 王志良等. 基于 CAN 总线的移动机器人通信系统设计[J]. 微计算机信息. 2010, 5-2:151-153.
- [8]M.C. 哈雷特著, 贾惟义, 秦小梅译. 衍射光栅[M]. 贵阳:贵州人民出版社, 1990:99-100.

作者简介:宋莹(1985-), 女(汉族), 黑龙江人, 硕士, 研究实习员, 主要从事衍射光栅的制造与应用技术研究。

Biography: Song Ying (1985-), Female, Han nationality, Heilongjiang Province, Master, Research assistant, The main research directions are the fabrication and application technology of the diffraction grating.

(130033 吉林长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所) 宋 莹

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, the Chinese Academy of Sciences, Chang-chun 130033, China) SONG Ying

通讯地址:(130033 吉林长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所) 宋 莹

(收稿日期:2011.02.18)(修稿日期:2011.05.18)

(上接第 33 页)

作为对比实验, 取相同的声发射信号, 选用 BP 神经网络分类器进行故障分类, 得到不同训练样本的 BP 神经网络分类结

果见表 3

表 3 不同训练样本的 BP 神经网络分类结果图

| 训练样本数 | 测试样本数 | 错误识别数 | 结果精度 |
|-------|-------|-------|-------|
| 3 | 30 | 8 | 73.3% |
| 6 | 30 | 7 | 76.7% |
| 9 | 30 | 4 | 86.7% |
| 12 | 30 | 3 | 90.0% |
| 15 | 30 | 3 | 90.0% |

通过对对比实验知, SVM 分类算法优于 BP 神经网络。在实际系统中, 使用 SVM 分类算法有效的实现了轴承状态的精确检测。

5 结 论

与传统的停机检修和对车的安全监控体系不同, 本文设计的在线智能诊断系统是对重载货运列车安全检测在线模式的探索。本文将小波包分析与 SVM 两者融合, 提供故障诊断预警功能。在模拟列车运行实验台上验证了该系统的有效性和实用性, 并提供了 BP 神经网络的对比实验, 验证了 SVM 算法的优越性。下一步考虑对故障信息进一步细化, 使系统能有效检测出多种类型故障。

本文无抄袭, 作者全权负责版权事宜。

参考文献

- [1]郝如江, 卢文秀, 褚福磊. 声发射检测技术用于滚动轴承故障诊断的研究综述[J]. 振动与冲击, 2008, 27(3):75-79
 - [2]Abdullah.M.AI-Ghamdi, D.Zhechkov, D.Mba. The use of acoustic emission for bearing defect [C]. Identification and estimation of defect size EWGAE 2004 Lecture 38:397-406.
 - [3]孙利民, 李建新, 陈渝, 朱红松. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社, 2005
 - [4]刘明才. 小波分析及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
 - [5]赵东, 朱红娟. 基于小波包分析木材声发射信号消噪处理[J]. 微计算机信息, 2009, 3-1:302-303
 - [6]Krelel U H G. Pair wise classification and support vector machines [M]. Scholkopf B, Burges C J C, Smola A J. Advances in Kernel Methods: Support Vector Learning. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1999:255-268.
 - [7]边肇祺, 张学工等. 模式识别[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- 作者简介:刘浩(1986-), 男(汉族), 湖南省益阳市人, 硕士研究生(中南大学), 主要研究领域为列车轴承故障诊断。

Biography: LIU Hao (1986-), male (Han), Yiyang City in Hunan Province, Master (Central South University), Research area: Rolling bearing fault diagnosis.

(410075 湖南长沙 中南大学信息科学与工程学院) 刘 浩 鲁五一

(College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410075, China) LIU Hao

LU Wu-yi

通讯地址:(410075 湖南省长沙市铁道学院电子楼) 刘 浩

(收稿日期:2011.02.18)(修稿日期:2011.05.18)

《现场总线技术应用 200 例》已出版,
每册定价 55 元(含邮资), 汇至

地址:北京市海淀区中关村南大街乙 12 号天作 1 号楼 B 座 812 室 微计算机信息 邮编:100081
电话:010-62132436 010-82168297(T/F)