

文章编号: 1001-3806(2012)05-0704-04

基于运动控制卡的激光喷丸数控系统设计

殷苏民, 刘金亮, 周建忠, 鲍红力, 张建刚, 吉斌彬
(江苏大学 机械工程学院, 镇江 212013)

摘要: 为了实现对激光器和工作台的一体化控制, 提供操作上的便利, 提出了一种基于运动控制卡的开放式激光喷丸强化数控系统的控制方案。PC机完成喷丸强化控制系统的核心处理部分, 运动控制卡和单片机完成控制的细节, 阐述了硬件结构原理以及软件模块的划分和实现。结果表明, 该系统操作方便、开放, 便于扩展。

关键词: 激光技术; 数控系统; 运动控制; 喷丸强化

中图分类号: TP273 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1001-3806.2012.05.033

Design of laser peening CNC systems based on motion control card

YIN Su-min, LIU Jin-liang, ZHOU Jian-zhong, BAO Hong-li, ZHANG Jian-gang, JI Bin-bin
(School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: To realize the electromechanical integration of the laser and operating platform and bring convenience to the user, a design of computerized numerical control system for laser peening based on motion control card was presented. PC achieved the control to the core part of system, the motion control card and the single-chip microcomputer achieved the control to the details. Then the structure of the hardware and the partition of the software were reviewed. The system is proved to be flexible, open and easy for expansion by experiments.

Key words: laser technique; numerical control system; motion control; shot peening

引言

激光喷丸强化(laser shock peening, LSP)技术是利用高功率密度、短脉冲的强激光穿过透明约束层作用于覆盖在金属零件表面能量吸收层上, 吸收层吸收能量而气化, 气化后的蒸气吸收激光能量并形成等离子体而爆炸, 形成向金属内部传播的强应力波, 使得金属表面产生高密度均匀稳定的位错和残余压应力, 从而提高了材料的强度、硬度和抗疲劳性能^[1-2]。

近年来, 随着工业计算机性能的快速发展, 数控+计算机的运动控制系统因为其能将计算机的信息处理能力、软硬件资源和强大的技术优势与运动控制器的运动轨迹控制能力有机地结合而得到越来越广泛的应用^[2-4]。

现阶段的激光加工系统绝大部分为工作台运动控制和激光器控制分开操作, 这给使用者带来了极大的不便, 设计中充分考虑实际操作中出现的种种不便, 最

大化地实现工作台和激光器间的协同运动, 为实际操作带来便利。

1 系统硬件结构

控制策略采用工控机作为上位机, 控制卡MPC08SP 插在上位机主板上作为下位机构成主从式控制结构, 用这种方式的控制系统具有信息处理能力强、开放程度高、运动轨迹控制精确、通用性好等优点, 因而能最大化的满足激光喷丸控制系统的要求。系统的硬件结构如图1所示, 实物图如图2所示。PC机负责人机交互界面的管理和控制系统的实时监控等方面的工作(例如键盘和鼠标的管理、系统状态的显示、控制指令的发送、外部信号的监控等等); MPC08SP卡通过步进电机驱动器完成对三坐标轴位移平台运动控制的所有细节(包括脉冲和方向信号的输出、自动升降速的处理、原点和限位等信号的检测等)^[4]。然而激光器输入信号为两路具有一定相位差且频率可调的矩形波^[1], 但是控制卡并不能实现该形式的信号输出。因此, 本次设计需要采用单片机作为辅助以产生矩形波从而实现对激光器的控制, 其中控制内容包括脉冲能量、激光器启停、激光器喷丸方式选择等。

基金项目: 镇江市工业科技支撑资助项目(SGY20090026)

作者简介: 殷苏民(1956-), 男, 教授, 从事激光加工与检测技术、机电系统控制方面的研究。

E-mail: smyin@ujs.edu.cn

收稿日期: 2011-12-28; 收到修改稿日期: 2012-03-02

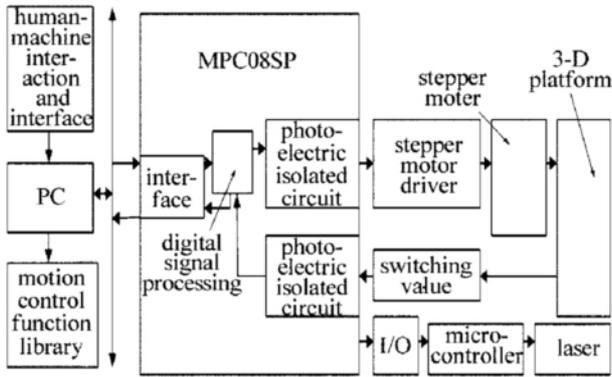


Fig. 1 Hardware of the control system

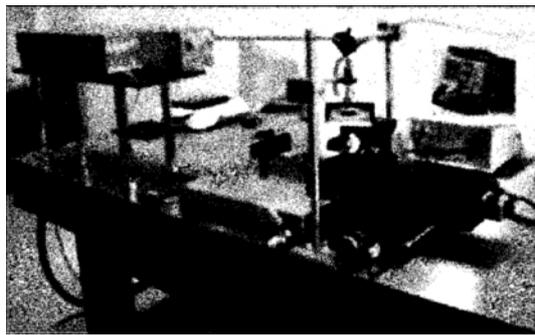


Fig. 2 SpitLight2000 experimental setup of LSP

1.1 激光器

本次设计中采用激光器为德国 SpitLight Nd:YAG 激光器,采用调 Q 技术最大脉冲能量可达到 2000mJ,重复频率达到 100Hz^[5]。

该激光器所采用的调 Q 技术是在共振腔内引入一个快速光电开关 Q 开关,它在闪光灯被触发抽运开始后的一段时间内处于“关闭”,此时腔内不能形成振荡而粒子数反转不断得到增强;在粒子数反转程度达到最大时,腔内 Q 开关突然处于“接通”状态,即 Q 开关被触发,从而在腔内形成瞬时的强激光振荡,并产生所谓的调 Q 激光脉冲输出到腔外。

为实现上述要求,需要两路矩形波分别用来触发闪光灯和电光开关,由于控制卡并不能实现对矩形波的编程输出,因此需要采用单片机做辅助来实现控制要求。通过控制两脉冲的时间差就可以实现不同的激光器能量的输出要求。其中两脉冲的相位差决定了激光器能量的大小,经过试验验证相位差在 215μs 时脉冲的能量为最大。两脉冲形式^[1]如图 3 所示(其中第 1 路脉冲为触发闪光灯,第 2 路脉冲式用来触发打开

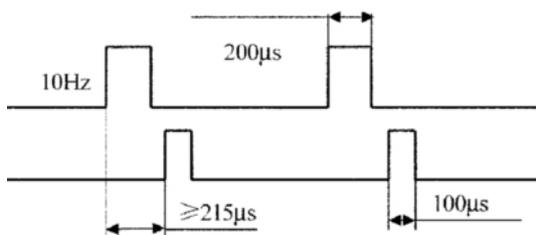


Fig. 3 Form of the pulse for controlling the laser

Q 开关) ,第 2 路脉冲频率值可变^[5]。

1.2 关于 C8051F 系列单片机

设计中采用 C8051F020 单片机,是因为 C8051F 系列单片机具有丰富的硬件资源,其中包括 5 个通用的 16 位定时器、5 个捕捉/比较模块的可编程计数器/定时器阵列可以充分满足系统需要重复定时多次且需要多个定时器的需求,片内看门狗定时器、VDD 监视器等资源可以满足系统的稳定性需求, JTAG 接口方便的进行全速的非侵入式调试,同时该单片机指令执行速度更快,使得系统实时性更好。取 MPC08SP 控制卡扩展的 16 路通用输出中的 8 路作为单片机输入,控制卡扩展板和单片机之间的其中一路的接口电路如图 4 所示,其中控制卡均为漏极开路输出,通过判断 8 路高低电平的状态,单片机输出具有不同相位差和频率的脉冲信号以触发闪光灯和 Q 开关,进而得到不同的脉冲能量。

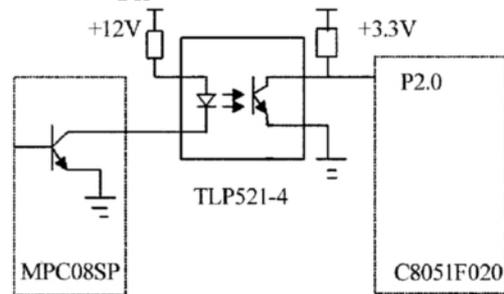


Fig. 4 One of the interface circuits of the control card

1.3 MPC08SP

MPC08SP 控制卡是基于 PC 机 PCI 总线的步进电机或数字式伺服电机的上位控制单元,它与 PC 机构成主从式控制结构。MPC08SP 配备了功能强大、内容丰富的 Windows 驱动程序、DLL 函数库,用户只要用 VC++ 或 VisualBasic 等支持 Windows 标准 32 位动态链接库(DLL) 调用的开发工具编制所需的用户界面程序,并把它与 MPC08SP 运动库链接起来,就可以开发出自己的运动控制系统。根据用户需要,可扩展 16 路通用输入和 16 路通用输出接口,这时需要增加通用 I/O 扩展板 EA1616,外部可配 P37-05 转接板,方便用户接线。通用输入输出可以作为伺服系统的输入开关信号(伺服-ON、偏差计数器清零)或驱动光电耦合器^[6]。

2 系统的软件结构

软件是整个运动控制系统关键,它采用模块化设计,主要实现工作台的参量设置、运动控制、激光器的控制等^[7-8],如图 5 所示,根据需要将软件主要划分为运动控制模块、译码模块、激光器控制模块。

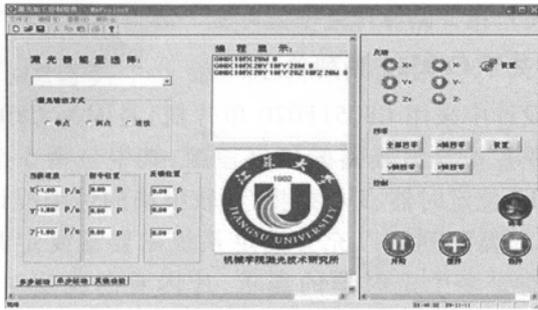


Fig. 5 Whole part of the software

2.1 运动控制模块

运动控制模块主要完成对 MPC08SP 控制卡的操作, 以实现三坐标轴工作台的控制, 如运动方式选择、运动的参量设置、每个轴的启停等。

2.2 译码模块

本控制平台可实现多种运动方式, 如单轴常速点位运动、双轴常速直线插补运动、三轴快速直线插补运动。当选择多步运动时可在通过如图 6 所示的窗口选择运动形式, 并设置该运动的参量, 最后在点击添加时将运动显示在编程显示窗口, 在用户点击主界面开始按钮时, 平台将按着编程显示窗口的简单数控指令。如若用户选择添加常速单轴点位运动(默认为 x) 则在主操作界面显示编程代码为 G00X10F2M5 50MJ 表示 x 轴以速率为 2mm/s 运动 10mm, 运动延迟的时间为 5s。

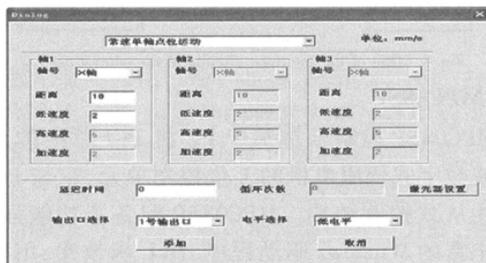


Fig. 6 Added window of multi-step motion

在开始按钮的鼠标单击响应函数中会有以下代码:

```
while( end_time. GetTotalSeconds() < jilu [j] [12] )
{ MSG    msg;
  GetMessage( &msg ,NULL 0 0) ;
  TranslateMessage( &msg) ;
  DispatchMessage( &msg) ;
  end_time = COleDateTime:: GetCurrentTime() -start
_time; }
m_cDll. set_conspped( ch1 jilu [j] [1] );
m_cDll. con_pmmove( ch1 jilu [j] [0] );
m_cDll. outport_byte( 1 02) ;
```

其中, $jilu [j] [12]$ 中存储的是此次运动开启之前的延迟时间, 即为 5s; $jilu [j] [1]$ 中存储内容为该次运动的

速率, 即为 2mm/s; $jilu [j] [0]$ 为运动的距离, 即为 10mm; $ch1$ 存储内容为运动的轴号, 即为 x 轴; 同时通过 $m_cDll. outport_byte(1, F2)$ 设置激光器能量为 50mJ, 单次喷丸, 且频率为 10Hz。

2.3 激光器控制模块

激光器的控制内容主要包括: (1) 激光器的启停; (2) 激光器的能量选择; (3) 激光器的喷丸方式选择; (4) 激光喷丸的频率选择。如图 7 所示。

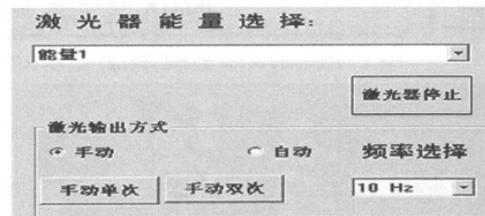


Fig. 7 Control contents of the laser

通过调用动态链接库函数 $outport_byte(int card-no, int bytedata)$ 可设置控制卡扩展板通用输入输出状态, 例如调用函数 $outport_byte(1, 02)$ 则表示设置一卡通用输出口 2 为 1, 其余口为 0, $outport_byte(1, 0F)$ 则表示设置一卡通用输出口 1 2 3 4 输出 1, 其余口为 0。本次设计取通用输出 1 2 3 4 5 6 7 8 作为单片机的输入信号, 其中 1 2 3 4 口组合出 16 种状态, 分别对应激光器的 16 种能量输出。5 口作为激光器的开启信号, 6 口作为激光器的喷丸方式选择信号, 7 口和 8 口作为激光器喷丸频率选择信号。同时通用输出状态显示在操作界面上。如图 8 所示。

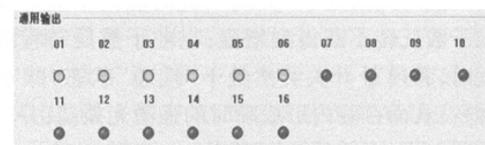


Fig. 8 Output status of the control card

2.4 实验验证

实验中采用材料为纯铜, 激光脉冲能量分别选择 50mJ, 70mJ, 90mJ 对材料进行激光喷丸强化, 能量吸收层为铝箔, 约束层 K9 玻璃, 光斑直径为 $380\mu\text{m}$, 喷丸间距为 1mm^[9]。通过设置激光器参量, 选择激光器输出频率为 1Hz, 工作台运动速度即需设置为 1mm/s, 编

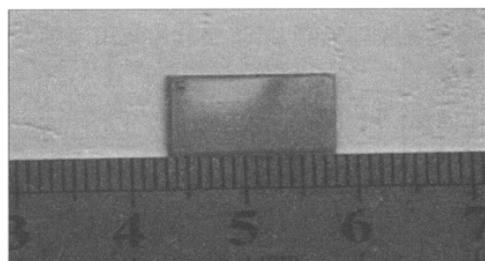


Fig. 9 A pure Cu workpiece under single impact of LSP

程输入为 G00X15F1M0 50MJ G00Y5F5M0 0MJ G00X-15F1M0 70MJ G00Y5F5M0 0MJ G00X15F1M0 90MJ, 冲击后试样如图9所示。通过显微镜放大200倍得其表面形貌如图10所示。由图可看出随着激光器能量的加大,材料表面的塑性变形明显加大,当然材料的力学性能也得到显著提高^[10]。

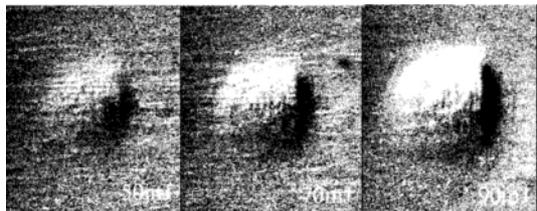


Fig. 10 Surface morphology of single LSP impact

3 结论

通过对用户需求和客观实际的了解,搭建了基于PC和运动控制卡的激光喷丸数控系统,该系统具有开放性,给用户提供了很大的开发空间。

用户通过操作界面可以很方便地实现激光器和工作台的集成控制,同时系统不需要编程,可以使使用者很快上手,给操作者提供了便利,体现了系统开发的价值。

参考文献

- [1] HONG L, WU G. Technology basis of laser manufacture [M]. Beijing: China Communications Press 2007: 60-63 (in Chinese).
- [2] LI Y, TAN L X, ZHANG W K. Open motion control system based on PC and motor control card [J]. Instrumentation Technology 2007, 14 (4): 43-47 (in Chinese).
- [3] ZHAO Ch H, QIN X Sh, TANG H. Research on open-CNC system based on PC [J]. Mechanical Science and Technology 2005, 24 (9): 1108-1113 (in Chinese).
- [4] SUN B, YANG R Q. The present situation and trend of numerical control system based on PC [J]. Machine Tool & Hydraulics 2001, 29 (4): 3-5 (in Chinese).
- [5] InnoLas. Table of contents of spitLight 1200 and 1500 Nd:YAG laser system [M]. Munich: InnoLas 2008: 67-70.
- [6] Step-servo Co. Ltd. Operation manual of motor control card named MPC08SP [M]. Chengdu: Step-servo Co. Ltd. 2002: 1-110 (in Chinese).
- [7] HILL M R, RANKIN J, HACKEL L, et al. Engineering and economic considerations for life-extension by laser peening [C]//Aging Aircraft Conference. Washington DC, USA: NASA 2002: 50-53.
- [8] CHEN J M, BAO Y, XIAO R Sh. Auto-programming system for 3D laser processing [J]. Laser Technology 2001, 25 (3): 218-220 (in Chinese).
- [9] XI J M, LAO G H. Open-architecture motion control system based on PC [J]. Machine Tool & Hydraulics 2008, 36 (11): 91-94 (in Chinese).
- [10] GAO X G, ZHOU J Z, YUAN G D. Orthogonal optimum design of laser peen forming based on finite element simulation [J]. Laser Technology 2007, 31 (6): 656-658 (in Chinese).