

基于声发射技术的刀具检测虚拟仪器实验研究

单宁

(武警工程学院装备运输系, 陕西, 西安 710086)

摘要: 为保证加工过程中工件加工质量, 降低废品率, 须实时监测刀具的健康状态。本文分析了刀具声发射检测机理, 建立基于声发射技术的刀具实时监测系统, 利用虚拟仪器技术开发了切削加工过程中刀具检测的声发射信号采集和报警软件, 进行了实验研究。结果表明, 该系统能有效实现刀具切削过程中状态变化的非接触监测, 系统软件界面友好, 操作简单, 具有一定的灵活性, 易于扩展功能, 可靠性高, 成本低。

关键词: 声发射技术, 虚拟仪器, 刀具, 健康监测¹

中图分类号: TG115

Experiment Study on Detection Virtual Instrument of Tool Based on Acoustic Emission Technology

Shan Ning

(Department of Equipment and Transportation, Engineering College of CAPF, ShannXi, Xi'an 710086)

Abstract: The health of tool must be real-time monitored in order to assure the machining quality of workpiece and reduce the ratio of waster in the process. In this paper, the detecting theory of tool based on acoustic emission is analyzed. The real-time monitoring system of tool based on acoustic emission is established. The collection and alarm software of acoustic emission signals is developed by adopted the virtual instrument technology. Experimental study is carried through. The results show that the system can monitor the changing state of tool in the machining process efficiently and fast and non-contact. The system software has a friendly interface and simple operation. It has certain flexibility, high reliability, good expansibility and low cost.

Keywords: acoustic emission technology; virtual instrument; tool; health monitoring

1. 引言

随着计算机技术的不断发展, 现代机械制造系统正逐步朝着柔性制造系统和计算机集成制造系统等自动化加工系统发展。而加工系统能自动地对生产过程中出现的故障进行实时、可靠的在线监测和调整是自动化加工系统的一个基本要求。因此, 为了保证机械制造自动化和生产的顺利进行, 需要对加工过程中所出现的故障进行有效检测。刀具是机械加工过程中最基本的加工元素, 刀具破损会导致加工过程中断, 引起工件报废, 增加废品率, 使机床损坏, 降低机床使用率, 增大生产成本, 故在加工过程中对刀具的实时监测已成为制约切削加工发展的一个关键因素^[1-5]。

目前用于刀具实时监测的方法有很多, 大致可分为直接测量法和间接测量法两大类。直接测量法主要有光学法、接触电阻法、放射性法等。间接测量法主要有温度测量法、振动分析法、声发射法、主电机功率或电流监测法等^[6-9]。声发射检测技术具有灵敏度高、响应时间快、使用和安装方便, 不干涉切削加工过程等优点。声发射信号直接来源于切削加工点,

¹第一作者简介: 单宁 (1980—), 男 (汉族), 山东东明人, 武警工程学院讲师, 博士学历, 研究方向为检测技术及自动化。E-mail: ssnn3193@163.com

与刀具破损相关程度高,受切削条件变化影响小,能精确可靠预报刀具破损。声发射信号频率范围远远高于机械振动和环境噪声的频率范围,用高通滤波器很容易得到无干扰信号,接收声发射信号的压电晶体传感器也很容易安装在刀具上,而不影响加工过程。因此,国内外研究结果和实际使用情况普遍显示声发射监测法具有较好的应用前景^[10-13]。

虚拟仪器是随着计算机技术和现代测量技术发展起来的自动测试技术。它用软件取代硬件,克服了硬件化仪器的封闭性、缺乏灵活性、响应速度慢等缺点,具有功能化、模块化、数据共享、体积小、成本低等优点。将虚拟仪器技术应用于刀具检测中,可以使检测仪器小型化、多功能化,缩短开发周期,提高灵活性,实现自动检测等。因此,开发基于虚拟仪器技术的刀具实时健康监测系统具有广阔的应用前景和很大的实用价值^[14-16]。

LabVIEW 是美国国家仪器公司的创新软件产品,也是目前应用广泛,发展迅速,功能强大的图形化软件开发集成环境。LabVIEW 提供了一个交互式的图形化开发环境,不但拥有强大的开发功能,而且简单易用。无论开发人员是在哪个工业领域、具有什么专业背景或编程经验,LabVIEW 都可以提供与其编程经验相匹配的用户界面,从而使开发人员可以迅速地开发应用系统,完成产品设计验证与自动化控制等应用。并且还可以交互式地配置 LabVIEW 中的各种函数,并随时观察配置效果,而无需等到完成整个程序编制时才看。另外,LabVIEW 是建立在功能齐全的编程语言的牢固基础上,因此开发人员可以充分利用功能强大的、用户可自定义的程序组件及构架^[17,18]。

本文建立基于声发射传感技术的检测系统,开发了检测系统的 LabVIEW 虚拟仪器软件,用于刀具在线实时健康监测,实验结果表明该系统能很好的应用于刀具健康监测,操作简单,易于实现,软件界面友好,可扩展性强,具有较高的可靠性。

2. 检测原理

声发射(AE)是材料受到外力或内力作用出现变形、断裂时,在材料局部区域中应变能快速释放而产生的瞬态弹性应力波。在切削加工过程中会产生非常丰富的声发射信号,其信号源主要有:工件的断裂,工件与刀具的磨损,切削变形,刀具的磨损、破损及工件的塑性变形等。由于声发射信号提供了工件、刀具状态变化的相关信息,故可根据其发出的应力波来判断工件、刀具的损伤程度。声发射信号的监测是一种动态无损监测技术,故声发射源往往就是材料破损的位置。

通常刀具的破损检测以突发型声发射信号为对象。用声发射信号检测发射源的位置、强度,从而了解被测对象内部结构的变化情况,实现刀具的状态监测。刀具在加工过程中,受到工件、切屑的摩擦作用,刀具会逐渐磨损或出现其它形式的损坏。刀具磨损的典型曲线如图 1 所示。由图 1 可以看出,刀具的磨损分为三个阶段:初期磨损、正常磨损和急剧磨损。初期磨损由于新刀具的切削刃和后刀面不平整等因素故磨损增长较快;正常磨损为刀具的寿命期,磨损量增长缓慢;刀具处于急剧磨损阶段时,磨损速度很快上升,刀具趋于破损或报废。当刀具急剧磨损或破损时,声发射信号为高幅突发型信号,且信号具有一定脉宽和频率,通过监测声发射信号的变化情况,则可准确评价刀具的状态变化。

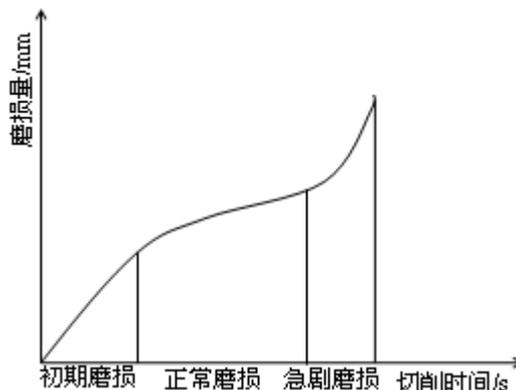


图 1 刀具磨损曲线

Fig.1 tool abrasion curve

3. 实验装置及原理

本文实验装置如图 2 所示。刀具在切削过程中会产生 AE 信号，传感系统检测到这种信号后输出到示波器实时显示，通过分析输出信号即可得到刀具的状态变化。传感系统由功率为 30mw 的 He-Ne 激光光源、1×2 光纤耦合器、光电探测器、信号处理单元构成。光源输出光经单模光纤传输到光纤耦合器，部分透射光由纤芯传输到法-珀腔的两个端面，被声发射信号调制后，返回法-珀腔发生干涉现象，干涉光经耦合器传输到光电探测器，转换成电信号，经放大、滤波处理后进入 TDS2012 双通道数字式示波器。实验中为了使传感光纤便于安装固定，在其末端装有护套。

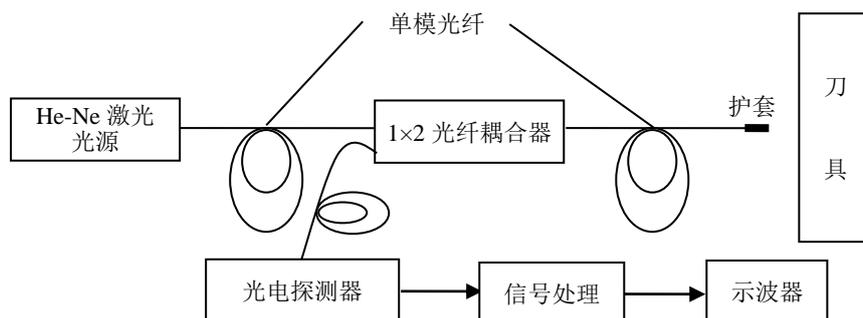


图 2 实验装置

Fig.2 experiment devices

4. 系统软件

根据检测系统原理实验系统的 LabVIEW 软件需要完成的功能主要有：（1）准备工作。驱动数据采集卡，使其处于工作状态；（2）多通道数据采集、显示与传输。实时采集声发射信号，并在计算机屏幕上实时显示波形，传输数据到下位机进行实时通讯，接收、保存传感器采集的信息以便于后续分析。（3）数据处理。对声发射信号进行软件滤波、实时分析其频谱特性，在计算机屏幕上实时显示声发射信号的频率和幅值。（4）报警。监测声发射信号的频谱特性，与设定经验值进行分析比较后，输出报警信号。（5）退出程序。关闭数据采集卡，退出程序。

图 3 为刀具健康监测声发射 LabVIEW 软件的前面板。

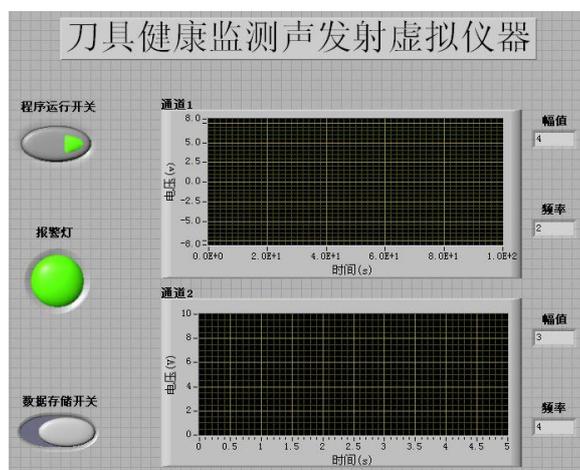


图 3 软件界面

Fig.3 software interface

5. 实验结果及结论

实验中切削刀具在加工一直径为 80mm 轴类零件，主轴转速为 280 转/分，切削深度为 1.0mm，进给量为 0.10mm。图 4 为正常切削信号，图 5 为刀具破损时探测到的声发射信号。计算机屏幕上显示波形为图 4 的正常切削信号时报警灯为暗色。当采集到的声发射信号其频率和幅值超过设定经验值，即为破损声发射信号时，报警灯为亮色。

本文利用虚拟仪器技术构建了切削加工过程中刀具健康监测声发射系统，进行了实验研究。由以上实验结果可以看出，该系统软件能很好的用于切削刀具的健康监测，软件界面友好，实现容易，操作简单，具有一定的灵活性，易于扩展功能，可靠性高，经济成本低，为加工过程中监测刀具状态变化，保证工件加工质量，降低废品率提供了实验基础，具有一定实用价值。

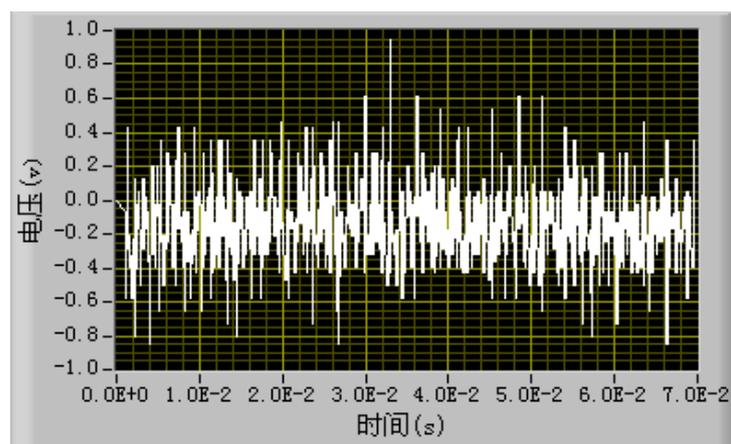


图 4 正常切削信号

Fig.4 cutting signals normality

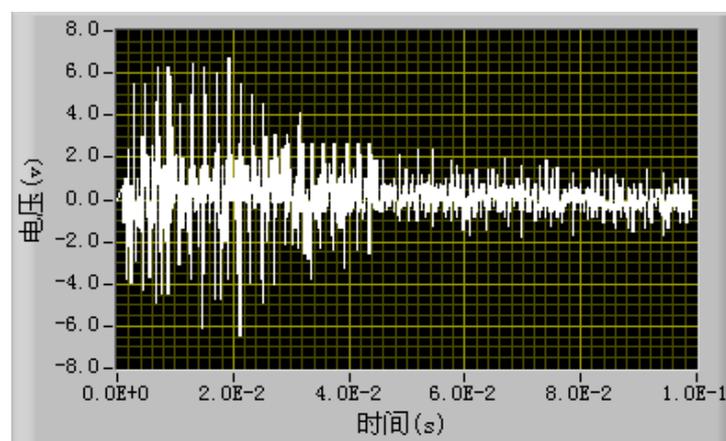


图 5 破损时的切削信号

Fig.5 cutting signals with defect

参考文献:

- [1] 李军民, 王计生, 刀具故障远程监控系统设计与实现[J]. 机床与液压, 2008, 36(8):183~142.
- [2] 杨永, 廖力清, 刀具磨损在线监控系统研究[J]. 制造技术与机床, 2008, 36(6):34~36.
- [3] 刘晓明, 刀具破损监测系统的研究与开发[D]. 西安:电子科技大学, 2005:5~26.
- [4] 冯冀宁, 刘彬, 刁哲军, 基于小波神经网络的刀具状态监测系统的设计[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2003, (10):26~29.

- [5] 黄志刚, 郭厚焜, 基于 VC 的车刀磨损实时监测和补偿系统的设计[J]. 制造技术与机床, 2008, 36(6):49~51.
- [6] 肖露, 曾祥亮, 基于切削力的模糊 PID 控制器的设计与仿真[J]. 制造技术与机床, 2008, 36(10):76~79.
- [7] 欧阳惠斌, 基于功率变化率的刀具破损监测系统[J]. 仪表技术, 2003, (3):20~21.
- [8] 王海丽, 马春翔, 邵华等, 车削过程中刀具磨损和破损状态的自动识别[J]. 上海交通大学学报, 2006, 40(12):2057~2062.
- [9] 孙双花, 曲兴华, 晏彧等, 基于图像测量技术的复杂工件自动检测系统研究[J]. 制造技术与机床, 2007, 35(11):16~20.
- [10] 刘霞, 王三民, 单宁, 基于光纤声发射传感技术的刀具健康监测系统研究[J]. 制造技术与机床, 2009, 37(6):60~62.
- [11] 杨大勇, 王信义, 徐春广等, 加工过程刀具破损的声发射传感监测新技术[J]. 仪器仪表学报, 1999, 20(4):421~423.
- [12] 聂鹏, 王东磊, 王哲峰等, 刀具磨损声发射信号处理中小波基选取的研究[J]. 工具技术, 2009, 43(1):94~97.
- [13] 陈爱弟, 王信义, 王忠民等, 用于监测刀具磨损的声发射特征优选方法[J]. 北京理工大学学报, 2000, 20(3):270~275.
- [14] 冯艳, 罗良玲, 夏林, 基于 LabVIEW 的刀具磨损在线监控系统[J]. 制造技术与机床, 2006, 34(12):17~20.
- [15] 仇成群, 基于 LabVIEW 和 Matlab 设计的虚拟仪器[J]. 制造技术与机床, 2008, 36(10):85~88.
- [16] 腾家绪, 胡仲翔, 霍晓静等, 基于 LabVIEW 开发平台的磨削加工声发射监测系统研究[J]. 新技术新工艺, 2007, 7:61~64.
- [17] Robert H. Bishop, LabVIEW 6i 实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003:20~76.
- [18] 单宁, 混合驱动机构理论与实验研究[D]. 西安:西安理工大学, 2005:30~45.