

工程陶瓷高效深磨声发射实验研究

李波¹ 银翔¹ 郭力²

湖南大学电气与信息工程学院¹ (410082)

湖南大学机械与汽车工程学院² (410082)

摘要 通过对部分稳定氧化锆(PSZ)和 Al_2O_3 两种工程陶瓷材料进行高效深磨声发射实验研究,分析了两种材料在高效深磨过程中随不同的砂轮线速度、工作台速度和磨削深度声发射信号变化的规律,也分析了在同一磨削参数下两种材料对声发射信号的影响。分析了高效深磨过程中声发射信号的频谱分布范围。实验研究结果表明,声发射信号与磨削过程有着良好的对应关系,可以利用磨削过程中声发射信号的变化规律实现对磨削过程的监测和控制。

关键词 声发射检测 高效深磨 工程陶瓷 监测

工程陶瓷材料在超高速磨削和高效深磨过程中,对其磨削过程(包括砂轮的磨损和工件表面质量等)的监测是人们一直所关注的对象。本文旨在通过对工程陶瓷高效深磨过程中声发射信号的实验研究,揭示磨削过程的状态和磨削参数与声发射信号的变化规律,研究如何利用声发射技术对磨削过程进行监测,进而对磨削接触、砂轮磨损以及工件表面质量进行监测。这对于提高生产效率、降低生产成本和保证加工质量有着重要的意义,也有助于声发射技术在磨削加工领域广泛的应用。

1 声发射信号检测系统及实验方案

1.1 磨削过程中的声发射源

磨削过程是一个很复杂的过程,磨削区具有相当高的变形率和摩擦磨损以及金属相变、冲击、砂粒的崩碎、切削液的冲击等现象,这些都是强烈的声发射源。Hundt W.等学者在文献^[2]中研究了磨削过程中产生的各种声发射源(见图1),指出当砂轮



图1 磨削过程中的声发射源^[1]

与工件弹性接触、砂轮粘接剂破裂、砂轮磨粒崩碎、砂轮磨粒与工件摩擦、工件表面裂纹等均可发射出弹性波。这些因素和工件材料、磨削条件、砂轮表面的状态等因素都有着密切的关系。这些因素的改变必然会引起声发射信号的幅值、频谱等方面发生变化,这就使得我们可以通过检测声发射信号的变化来对磨削状态进行判别。

1.2 声发射虚拟仪器采集系统

1) 声发射信号的检测

由于声发射信号的频率范围很宽,可在几赫兹到数十兆赫兹,这就要求对声发射信号检测时,声发射检测系统具有高响应速度、高灵敏度、高增益、宽动态范围,强阻塞恢复能力和频率检测窗口可以选择等性能。由于在高效深磨实验中,声发射是在强的机械噪声、电气噪声和液体噪声的环境中进行,所以要求系统具有很强的抗干扰能力和排除噪声能力。

目前的声发射仪器大体可分为两个基本类型,即单通道声发射检测仪和多通道声发射检测系统。一般来说,发射检测系统都由三个基本部分组成:传感器、放大器和分析系统。如图2所示。

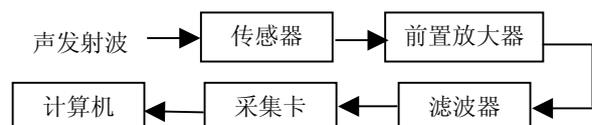


图2 声发射信号检测系统框图

2) 声发射信号采集硬件装置

(1) 声发射传感器

声发射传感器就是把声发射应力波转换为电信号的一种检测器,是声发射检测系统的重要组成部分之一。构成传感器的材料大体上可分为压电材料和非压电材料。在实践中,非压电材料制成的传感器灵敏度低、效果差,因此采用了压电材料研制传感器。

当一个声发射波作用到压电陶瓷片上,就能输出与声发射波的幅度成比例的电信号。图3为本实验中采用 Kistler 8152B2 压电声发射传感器,频率范围为 100 ~ 900 kHz。



图3 Kistler 8152B2 压电声发射传感器

(2) 信号预处理器

AE 传感器具有较高的容抗和阻抗,传感器输出的声发射信号有时低至十几微伏,这样微弱的信号如果经过长电缆传输可能使信噪比变得很低。需要设置前置放大器以实现阻抗匹配,提高信噪比。提高对微弱信号检测的抗干扰能力。AE 传感器在接收声发射信号时也会接收到噪声。需要设置滤波器来抑制噪声。

实验采用 Kistler 的 AE 压电连接器,型号为 5125B,其主要功能包括三个部分:前置放大、低通和高通滤波及进行了 RMS 的转换。前置放大的比例(Gain)设置为 20 dB,高通截至频率为 50 kHz,低通截至频率为 1000 kHz。

RMS 计算公式:

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} U_{AE}^2 dt}$$

式中: U_{RMS} —RMS 转换后的电压

U_{AE} —滤波后的电压

τ —时间常量

实验时需要为 AE 压电连接器提供 15 ~ 36 V 的直流电压,实验时直流电压为 28 V。

(3) 采集卡及其附件

在本实验中采集卡选用美国 NI 公司的数据采集卡,型号 PCI6115。具有 4 个模拟输入通道,单通道采样频率达到 10 MS/s,每个通道有独立的 A/D 转换器,可以实现多通道同步采样。还采用了 NI 公司的 BNC-2110 型多路采样通道盒,可同时采集多路传感器的信号。

3) 声发射信号虚拟仪器采集软件设计

(1) 虚拟仪器及 LabVIEW

虚拟仪器(Virtual Instrument,简称 VI)是基于计算机系统的数字化测量测试仪器,它充分利用现有计算机资源,并配以独特设计的仪器硬件和专用软件,常被称作“软件仪器”。它利用数据采集模块完成一般测量测试仪器的数据采集功能,利用计算机系统完成一般测量测试仪器的数据分析和输出显示等功能。虚拟仪器是计算机技术、现代测量技术共同发展的结晶,代表着当今仪器发展的最新趋势^[6]。

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 是实验室虚拟仪器集成环境的简称,是美国国家仪器公司(NATIONAL INSTRUMENTS 简称 NI)推出的虚拟仪器领域中最具有代表性的图形化编程开发平台,是目前国际上首推并应用最广的数据采集和控制开发环境之一,主要应用于仪器控制、数据采集、数据分析、数据显示等领域,并适用于多种不同的操作系统平台。与传统程序语言不同,LabVIEW 采用强大的图形化语言(G 语言)编程,面向测试工程师而非专业程序员,编程非常方便,人机交互界面直观友好,具有强大的数据可视化分析和仪器控制能力等特点。

在 LabVIEW 环境下开发的应用程序称之为 VI (Virtual Instrument)。VI 是 LabVIEW 的核心,由一个人机的界面——前面板(Front Panel)和相当于源代码功能的框图程序——后面板(Diagram)组成。前面板是程序的界面,在这一界面上有控制量和显示量两类对象。控制量模拟了仪器的输入装置并把数据提供给 VI 的框图程序;显示量则是模拟了仪器的输出装置并显示由框图程序获得或产生的数据。后面板又称代码窗口或流程图,是 VI 图形化的源程序,在流程图中对 VI 编程,以控制和操纵定义在前面板上的输入和输出功能。

(2) 声发射采集程序的编写

① 程序的主要功能

利用虚拟仪器开发平台 LabVIEW 强有力的测试功能和良好的图形化用户操作界面,综合国内外有关磨床磨削过程的虚拟仪器系统的使用特点和功能特点,开发磨削加工声发射虚拟仪器采集程序。其具体功能如下:

a. 信息采集与数据传输功能。系统可实时多通道采集环境参数设置,接收采集卡采集的数据,并将之传输到计算机。这是本系统的重要任务,也是后续数据信号处理工作的基础。

b. 数据显示功能。系统可方便地与外界交换信息,如监测数据的动态显示、历史数据的图形显示等。

c. 数据的存储功能。能把采集到数据用合适文件格式保存到计算机中,方便以后的分析和处理。

② 程序的实现过程

a. 后面板设计

1. 数据采集功能

LabVIEW7.1 开发环境安装时,会自动安装 NI-DAQ7.4 软件,它包含两个驱动程序:传统 NI-DAQ 和 NI-DAQmx,这两个驱动程序各自有单独的应用程序编程接口 API,形成了两套独立的数据采集系统。由于 DAQmx 实现了新的多线程支持,使系统性能在一定程度上得到了提高^[4]。又由于 AE 信号采样频率要求比较高,故程序的采集部分使用 DAQmx 方法编写,以提高采集信号的效率。主要包括 DAQmx Create Channel (AI-Voltage-Basic).vi、DAQmx Timing (Sample Clock).vi、DAQmx Start Task.vi、DAQmx Read (Analog 2D DBL Nchan Nsamp).vi、DAQmx Clear Task.vi 5 个子 VI。完成创建物理通道、设置采样频率、控制采集的开始和结束等子功能。可在前面板输入需要的参数。

2. 数据的存储功能

LabVIEW 有低层文件操作函数和高层文件操作函数之分。本程序采用低层文件操作函数,因为使用低层文件操作函数可以极大的提高程序执行效率。主要子 VI 包括 Open/Create/Replace File.vi、Write File+(string).vi、Close File+.vi。还有 2 个数据格式转换函数 Transpose 2D Array 和 Array To Spreadsheet String。采集到的数据矩阵经过 Transpose 2D Array 的转置处理,再通过 Array To Spreadsheet String 数据格式的转换为字符串数

据,再由 Write File+(string).vi 将采集到的数据读取到 Open/Create/Replace File.vi 指定的文件路径。采集完所有数据后由 Close File+.vi 关闭文件。文件保存的路径可在前面板输入。

3. 数据的显示

直接将采集到数据连接到 Waveform Gragh 控件,将采集到信号实时显示出来。

b. 前面板设计

前面板大致分为两个区域,左侧为信号显示区,右侧为控制操作区,符合大部分用户的右手操作习惯。在右侧的控制区,可以设置采样物理通道号、采样率、单通道 1 次采样数和文件保存路径。

1.3 实验材料及其力学性能

本实验中采用材料物理机械性能相差较大的较易磨削的部分稳定氧化锆 (PSZ)和较难磨削的 Al₂O₃ 两种典型工程陶瓷材料来进行磨削实验。部分稳定氧化锆试件的尺寸大小为 50 mm×15 mm×10 mm, Al₂O₃ 试件的尺寸大小为 45 mm×20 mm×6.7 mm。磨削在工件 50 mm×10 mm 的平面内沿纵向(50 mm)进行。材料的力学性能参数如表 1 所示。

表 1 材料的力学性能参数

材料参数	99.5% Al ₂ O ₃	PSZ
试件规格/mm	45×20×6.7	50×15×10
晶粒尺寸/μm	2~5	≤1
烧结方式	常压烧结	常压烧结
密度 ρ/g·cm ⁻³	3.9	6
抗弯强度 σ _b /Mpa	250	946
微观硬度 HV/MPa	1559×9.8	1172×9.8
断裂韧性 K _{IC} /MPa·m ⁻²	4.99	8.1
弹性模量 E/G·Pa	320	205

1.4 声发射实验系统框图

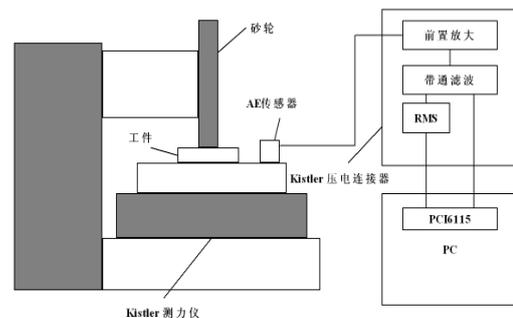


图 5 声发射实验系统框

声发射实验框图见图5。磨削过程产生的大量声发射信号,信号传播到Kistler 8152B2压电声发射传感器并被接收,然后经过Kistler 5125B AE压电连接器的前置放大、带通滤波和RMS转换,经过Kistler 5125B AE压电连接器得到两路信号:滤波后声发射信号和经过RMS转换后声发射信号有效值,将它们输出到PCI6115采集卡。采集卡执行LabVIEW采集程序的指令进行采集,并输入到计算机进行保存,采集到的数据信号等待后续的处理。

1.5 实验工艺方案

实验中,磨削方式采用平面顺磨,冷却液为水基冷却液,供液压力为8MPa。考虑到高效深磨工艺的特点,总共进行了3轮实验,前2轮实验主要是PSZ的工艺实验和砂轮修整前后的对比实验。第3轮实验是 Al_2O_3 的工艺实验。

第1轮实验方案如表2所示,考虑砂轮线速度、工作台速度和磨削切深与声发射信号之间关系。

表2 PSZ 实验方案一

序号	砂轮线速度 $V_s/m \cdot s^{-1}$	工作台速度 $V_w/mm \cdot min^{-1}$	磨削深度 a_p/mm
1	40 90 120 160	2400	1
2	120	600 1200 2400 4800 6000	0.5
3	120	2400	0.5 1 1.5 2 2.5

第2轮实验方案如表3所示,这轮实验是在砂轮修整后进行的,可以与第1轮实验结果进行对比分析,比较修整前后声发射信号的不同。

表3 PSZ 实验方案二

序号	砂轮线速度 $V_s/m \cdot s^{-1}$	工作台速度 $V_w/mm \cdot min^{-1}$	磨削深度 a_p/mm
1	120	600 1200 2400 3600 4800 6000	0.5

第3轮实验方案如表4所示,分析了工作台速度和磨削切深与声发射信号之间的关系,也考虑了砂轮线速度与声发射信号之间的关系。

表4 Al_2O_3 实验方案三

序号	砂轮线速度 $V_s/m \cdot s^{-1}$	工作台速度 $V_w/mm \cdot min^{-1}$	磨削深度 a_p/mm
1	40 90 120 140 160	2400	1
2	120	600 1200 1800 2400 3600 4800 6000	0.5
3	120	2400	0.5 0.8 1 1.5 2

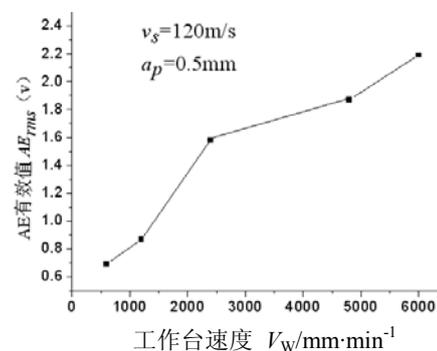
2 工程陶瓷高效深磨过程声发射实验结果分析

2.1 磨削参数及材料对声发射信号的影响

磨削过程中影响声发射信号的因素很多,其中包括磨削参数、工件材料特性及砂轮状态等。研究磨削三参数:砂轮线速度、工作台速度和磨削深度,以及工件材料对声发射信号的影响,对揭示磨削过程声发射信号的规律,以及利用声发射信号监控磨削过程有着重要的指导作用。实验由AE传感器等硬件装置采集得到了两路信号,即滤波后的声发射信号和声发射信号的有效值电压值(AE_{rms})。进行具体分析时,主要讨论砂轮线速度、工作台速度及磨削深度与有效值电压值 AE_{rms} 的关系,比较两种材料PSZ和 Al_2O_3 在高速深磨过程中 AE_{rms} 的大小。

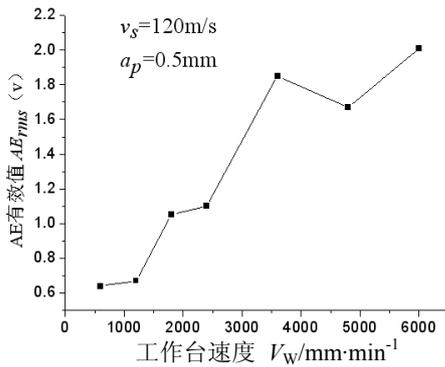
1) 工作台速度对声发射信号的影响

图6分别表示了三轮实验在砂轮线速度为120 m/s、磨削深度为0.5 mm磨削条件下,随工作台速度变化曲线。由图8所示,随着工作台速度的增大而明显增大,PSZ和 Al_2O_3 两种材料的 AE_{rms} 随工作台速度呈现基本相同的变化规律。

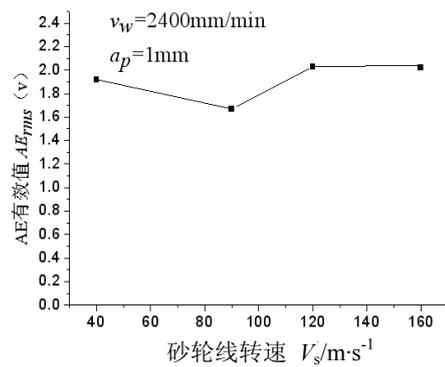


第1轮PSZ实验 AE_{rms} 随 v_w 变化情况

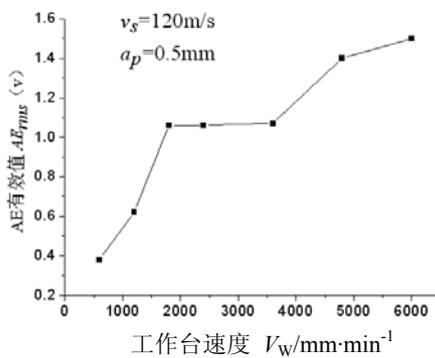
图6 AE信号有效值随工作台速度变化规律



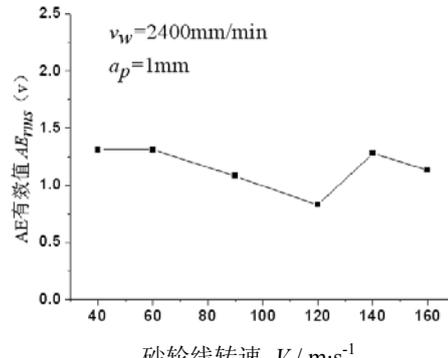
第 2 轮 PSZ 实验 AE_{rms} 随 V_w 变化情况



第 1 轮 PSZ 实验 AE_{rms} 随 V_s 变化情况



第 3 轮 Al₂O₃ 实验 AE_{rms} 随 V_w 变化情况



第 3 轮 Al₂O₃ 实验 AE_{rms} 随 V_s 变化情况

图 6 AE 信号有效值随工作台速度变化规律 (续)

图 7 AE 信号有效值随砂轮速度变化规律

这是由于在磨削过程中，材料所释放的声发射能量是与材料应变率成比例的，材料应变率越大，所产生的声发射信号越强。随着工作台速度的增大，单位工件材料切除量(Zw')也随之增大，切削变形变大。另外，随着工作台速度的增大，磨削力也越来越大，砂轮与工件的弹性接触越发紧密，且相互间的摩擦作用更加强烈，因而声发射信号也表现为增大的趋势。由分析图形可知声发射信号有效值的大小与工作台速度有着很好的对应关系。

2) 砂轮线速度对声发射信号的影响

图 7 所示为第 1 轮 PSZ 实验和第 3 轮 Al₂O₃ 实验在工作台速度为 2 400 mm/min、磨削深度为 10 mm 磨削条件下声发射信号有效值与砂轮线速度的关系曲线。从中可以看出 AE_{rms} 有先减小后增大的趋势。PSZ 的 AE_{rms} 在砂轮线速度达到 90 m/s 时达到最小，Al₂O₃ 的 AE_{rms} 在砂轮线速度达到 120 m/s 时，达到最小。

这可以从两个方面来解释。一方面，磨削加工中，工程陶瓷材料塑性去除方式比脆性去除方式要释放更多的声发射能量^[5]。随着砂轮速度的提高，最大未变形切屑厚度减小，当磨削 PSZ 的砂轮转速达到 90 m/s 或者磨削 Al₂O₃ 的砂轮转速达到 120 m/s 时，材料中有一部分开始以塑性方式去除，并且随着砂轮转速的进一步提高，材料中塑性方式去除的部分增加，故声发射信号有随着转速增大变大的趋势；另一方面，砂轮速度提高，最大未变形切屑厚度减小，切屑变形变小，材料应变率变小，声发射信号有减小的趋势；同时，随着最大未变形切屑厚度减小，磨削力也会变小，工件与砂轮的弹性接触和摩擦作用变弱，声发射信号有减小的趋势。基于这两方面的因素，在 AE_{rms} 减小阶段，提高砂轮速度，切屑变形和磨削力的影响起主导作用，声发射信号逐渐变小；在 AE_{rms} 增大阶段，材料塑性去除机理的影响起主要作用，声发射信号逐渐变大。

3) 磨削深度对声发射信号的影响

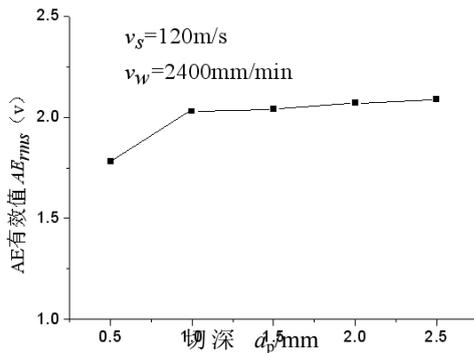
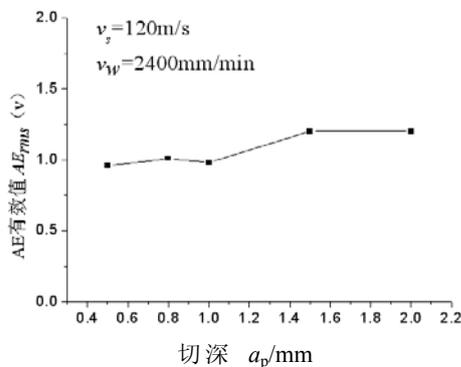
第 1 轮 PSZ 实验 AE_{rms} 随 a_p 变化情况第 3 轮 PSZ 实验 AE_{rms} 随 a_p 变化情况

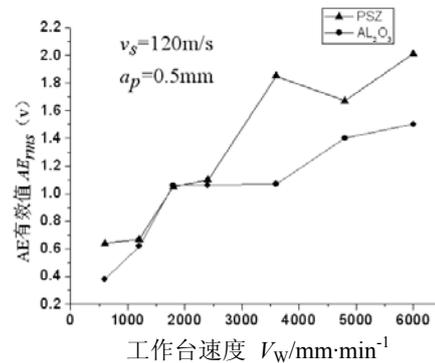
图 8 AE 信号有效值随磨削深度变化规律

图 8 是第 1 轮 PSZ 实验和第 3 轮 Al_2O_3 实验。在砂轮线速度为 120 m/s、工作台速度为 2400 mm/min 磨削条件下声发射信号有效值与磨削深度的关系曲线。可以看出声发射信号随着磨削深度增大稍微有增大的趋势，但不如工作台速度影响明显。

随着磨削深度的增加,一方面由于单位材料切除率的增加,使得切屑变形有增加的趋势,另一方面,由于磨削加工中的尺寸效应,使得切屑变形有减小的趋势,二者相互作用,使得磨削深度对声发射信号的影响不显著,总体上表现出稍微增大的趋势。

2.2 两种材料声发射信号的比较

图 9 是第 2 轮 PSZ 实验和第 3 轮 Al_2O_3 实验在砂轮线速度为 120 m/s、磨削深度为 0.5 mm 磨削条件下声发射信号有效值与工作台速度变化的关系曲线,对比两种材料声发射信号有效值变化规,由图可以看出, Al_2O_3 声发射信号有效值要小于 PSZ 的声发射信号有效值。

图 9 PSZ 和 Al_2O_3 两种材料声发射信号比较

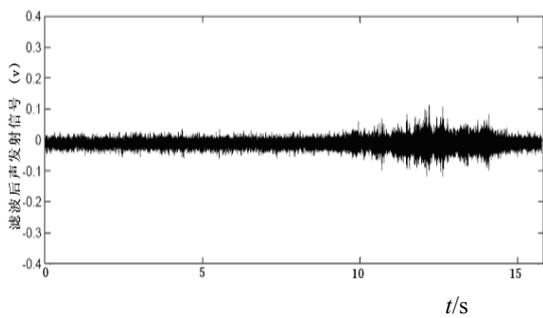
比较两种材料的物理特性: Al_2O_3 的破坏韧性值小,磨削时容易生成龟裂破碎型切屑,形成晶界破坏,磨削切除率较高;PSZ 的破坏韧性值大,抵抗龟裂进展的能力大,产生塑性流动与龟裂破碎型混合形的破损,磨削切除率低[6]。磨削切除率的降低会使最大未变形切屑尺寸减小,导致更多的塑性变形,更少的脆性断裂。磨削过程中,PSZ 的塑性去除的部分要多于 Al_2O_3 。塑性变形要比脆性断裂释放更多的声发射能量,故表现在声发射信号上,PSZ 的声发射信号有效值要大于 Al_2O_3 的声发射信号有效值。根据工程陶瓷材料去除机理研究,陶瓷材料去除时所消耗的磨削能量主要在塑性变形,这一结论与上述结果有着一定的对应关系。

2.3 磨削接触声发射实验分析

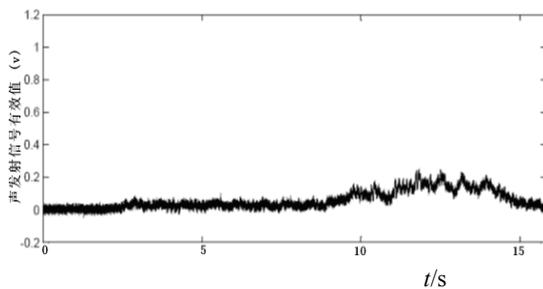
利用声发射信号来检测磨削接触极为安全和方便。砂轮与工件接触后,由于砂轮与工件弹性接触、砂轮粘接剂破裂、砂轮磨粒崩碎、砂轮磨粒与工件摩擦必然导致磨削区域发出丰富的声发射信号,用仪器检测出这种信号的变化,就可以对砂轮与陶瓷工件的磨削接触进行判别。为了能检测到信号,要求声发射信号在砂轮与工件磨削接触前后的变化大到可以检测的程度,若砂轮与工件磨削接触声发射信号的变化显著,就可以用声发射信号的变化作为检测砂轮与工件磨削接触的标志。

图 11 所示是磨床启动液压系统和砂轮后空运行(砂轮不与工件接触)过程采集到的背景信号。图 12 所示是砂轮和工件磨削接触时所产生的声发射信号。空运行过程中,从图 11 可以看出,在工件进入磨削区时,有一定的声发射信号,这主要是由于冷却液(冷却液供液压力 8 Mpa)对工作台的

冲击作用所造成的。声发射信号有效值变化趋势先是缓慢增大到一定数值后，然后慢慢降低，声发射信号有效值峰值比较低。当砂轮和工件接触时，由图 12 可以看出，砂轮与工件接触后，产生强烈的声发射信号。声发射信号有效值变化趋势为：在砂轮与工件接触时陡然增大，中间的平稳磨削过程稍有降低，离开工件时声发射信号有效值很快增大后，也很快降低为背景噪声水平，砂轮与工件磨削接触时的声发射信号有效值峰值比背景信号的声发射信号有效值峰值高出 300%。

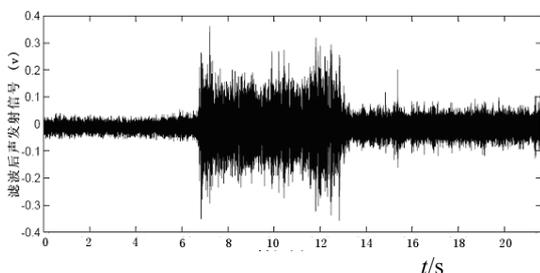


a) 空运行过程声发射信号

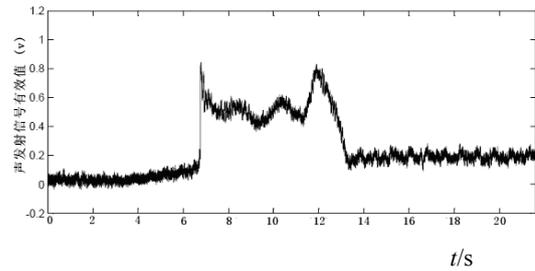


b) 空运行过程声发射信号有效值

图 11 空运行过程



a) 磨削接触过程声发射信号



b) 磨削接触过程声发射信号有效值

图 12 磨削接触过程

上述分析说明，在磨削加工中砂轮与工件接触时，声发射信号有效值比背景噪声增加很大，随着加工的进行，当砂轮与工件脱离后声发射信号有效值比脱离前幅值减少很多，声发射信号的变化非常明显。因此，可以通过对磨削接触前的噪声信号进行采样，根据采样结果，设定合适的阈值，并以声发射信号有效值幅值的变化作为判断磨削是否接触的标志。

2.4 工程陶瓷材料高效深磨声发射信号频谱分析

频谱分析的特点是在频域上提取声发射信号的各种特征，其中，频谱分析技术中最基本、最主要的方法就是 FFT 方法。

离散傅里叶变换(DFT) 的定义为^[7]：

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j2\pi nk/N} \quad (2)$$

$$k = 0, 1, \dots, N-1$$

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j2\pi nk/N} \quad (3)$$

$$n = 0, 1, \dots, N-1$$

式中： $X(k)$ ——离散频谱的第 k 个值

$x(n)$ ——时域采样的第 n 个值。

直接的 DFT 运算，对 N 个采样点要作 N^2 次

运算。FFT 算法把 N^2 次步运算减少为

$(N/2) \log_2 N$ 步，极大地提高了运算速度，给数字信号处理带来了革命的进步，而精度没有任何损失。

FFT 算法将时域的数字信号迅速地变换为它在频域所对应的频谱，从频谱中便可以得到关于信号的各种特征。

图 13 为 PSZ 和 Al_2O_3 声发射信号的频谱分析,反映了两种材料在同一磨削参数条件下频率分布的情况。由图可以看出,频谱的能量主要集中在 100 ~ 500 kHz 的低频段,大于 500 kHz 的频谱能量比较弱。100 ~ 500 kHz 低频段声发射源主要来自砂轮与工件的弹性接触和摩擦、去除陶瓷材料工件时裂纹的扩展以及磨粒的微裂纹。比较两种材料声发射信号频谱能量,在相同磨削参数下,PSZ 的频谱能要大于 Al_2O_3 的频谱能,与前面声发射信号有效值分析结果相同,在高效深磨工艺条件下,PSZ 部分为塑性去除, Al_2O_3 基本上为脆性去除。

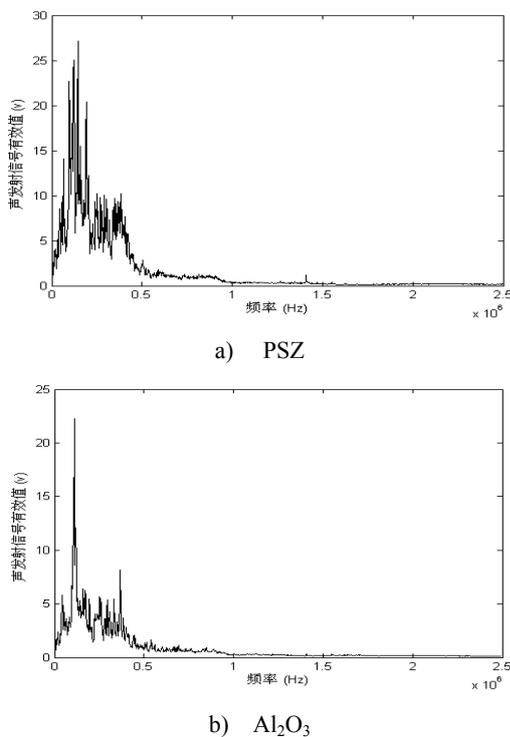


图 13 两种材料的频谱分析

3 结论

(1) 通过研究三个磨削参数及工件材料与声发射信号的关系,工程陶瓷材料的切削变形、去除机理,砂轮与工件的接触程度、砂轮与工件的摩擦以及磨削加工中的尺寸效应等因素对声发射信号的综合影响下,工作台速度和陶瓷工件材料对声发射信号有效值影响最为明显,随工作台速度的增大,声发射信号有效值明显增大; Al_2O_3 声发射信号有效值要小于 PSZ 的声发射信号有效值。声发射信号有效值随磨削深度略微有增大;随砂轮线速度的增大,声发射信号有效值呈现先减小、后增大的趋势。

(2) 通过对比空运行和实际磨削接触两种磨削状态下声发射信号的特点,得知在空运行时产生的声发射信号较微弱,而砂轮磨削接触过程产生幅值大的声发射信号,磨削接触时声发射信号有效值幅值的峰值要比空运行时的背景噪声高 300%。声发射信号变化显著,可以通过设置合适的阈值用声发射信号对磨削接触过程进行监测。

(3) 通过对比砂轮修整前后,在相同磨削参数下声发射信号有效值,修整前声发射信号有效值比修整后的要高。揭示了砂轮的表面形貌、磨损状态与声发射信号有效值有着一定的对应关系。在磨削加工过程中,可以用声发射信号实现对砂轮的表面形貌、磨损状态进行在线监测。

(4) 通过对 PSZ 和 Al_2O_3 的频谱分析,其结果都显示,其能量主要集中在 100 ~ 500 kHz。相同磨削参数下,材料的去除机理不同,即 PSZ 主要为塑性去除, Al_2O_3 主要为脆性去除,表现在频谱能量分布上,PSZ 的频谱能要大于 Al_2O_3 的频谱能。

(5) 用声发射信号三个特征参数:声发射信号有效值、FFT 峰值、声发射信号标准差,采用 BP 神经网络的方法对高效深磨加工过的陶瓷工件表面粗糙度进行了预测。通过调整隐含层神经元个数、使用更多的实验数据对神经网络进行训练可以提高预测的精度。这是声发射技术实现对工件表面粗糙度监测的有益尝试。

参考文献

- [1] 刘贵杰, 巩亚东, 王宛山. 声发射技术在磨削加工中的应用. 机械工程师, 2001, (12): 4-6
- [2] Hundt W, Leuenberger D, Rehsteiner F. An approach to monitoring of the grinding process using acoustic emission (AE) technique. Annals of the CIRP, 1994, 43(1):295-298
- [3] 邓焱, 王磊. LabVIEW 7.1 测试技术与仪器应用. 北京: 机械工业出版社, 2004, 163-166
- [4] 雷振山. LabVIEW 7 Express 实用技术教程. 北京: 中国铁道出版社, 2004, 243-270
- [5] 陈友良, 柯宏发, 张耀辉. 声发射技术辨别陶瓷的加工机理. 湖南大学学报, 1998, 25(3): 36-40
- [6] 张伯霖, 杨庆东, 陈长年. 高速切削技术及应用. 机电工程技术, 2003, 32(4): 85-86
- [7] 卢文祥, 杜润生. 机械工程测试 信息 信号分析. 武汉: 华中科技大学出版社, 1999, 160-190.

工程陶瓷高效深磨声发射实验研究

作者: [李波](#), [银翔](#), [郭力](#), [Li Bo](#), [Yin Xiang](#), [Guo Li](#)
作者单位: [李波, 银翔, Li Bo, Yin Xiang \(湖南大学电气与信息工程学院, 410082\)](#), [郭力, Guo Li \(湖南大学机械与汽车工程学院, 410082\)](#)
刊名: [精密制造与自动化](#) 
英文刊名: [PRECISE MANUFACTURING & AUTOMATION](#)
年, 卷(期): 2007, ""(1)
引用次数: 2次

参考文献(7条)

1. [刘贵杰, 巩亚东, 王宛山](#) [声发射技术在磨削加工中的应用](#) [期刊论文]-[机械工程师](#) 2001(12)
2. [Hundt W, Leuenberger D, Rehsteiner F](#) [An approach to monitoring of the grinding process using acoustic emission \(AE\) technique](#) 1994(01)
3. [邓焱, 王磊](#) [LabVIEW 7.1测试技术与仪器应用](#) 2004
4. [雷振山](#) [LabVIEW 7 Express实用技术教程](#) 2004
5. [陈友良, 柯宏发, 张耀辉](#) [声发射技术辨别陶瓷的加工机理](#) 1998(03)
6. [张伯霖, 杨庆东, 陈长年](#) [高速切削技术及应用](#) [期刊论文]-[机电工程技术](#) 2003(04)
7. [卢文祥, 杜润生](#) [机械工程测试信息信号分析](#) 1999

相似文献(0条)

引证文献(2条)

1. [李波, 郭力](#) [基于BP神经网络的表面粗糙度声发射预测](#) [期刊论文]-[精密制造与自动化](#) 2009(1)
2. [郭力](#) [基于BP神经网络的高效深磨工程陶瓷工件表面粗糙度的声发射预测](#) [期刊论文]-[湖南文理学院学报\(自然科学版\)](#) 2008(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jmzzyzdh200701005.aspx

下载时间: 2010年5月27日