

文章编号: 1672-6146(2008)02-0078-07

工程陶瓷高效深切磨削加工中声发射的实验研究

郭力^{1,2}

(1. 湖南大学 国家高效磨削工程技术研究中心, 湖南 长沙, 410082;
2. 湖南大学 机械与汽车工程学院, 湖南 长沙, 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切磨削加工中声发射的实验研究, 分析了这两种材料在高效深磨过程中, 在不同的砂轮线速度、工作台速度和磨削深度的条件下声发射信号变化的规律; 同时也分析了在同一磨削参数下这两种材料对声发射信号的影响, 还分析了砂轮修整前后声发射信号的变化。进一步在时域分析的基础上, 对声发射信号进行了频谱分析, 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工程陶瓷材料高效深磨削过程的监测和控制。

关键词: 声发射; 高效深磨; 工程陶瓷; 监测

中图分类号: TQ 164; TP 273

文献标识码: A

磨削是工程陶瓷材料最常用的加工技术, 为了提高磨削加工的效率、降低加工成本, 采用高效磨削加工陶瓷为大势所趋。目前, 以砂轮高速度、工件高进给速度和大切深为标志的高效深切磨削(high efficiency deep grinding, HEDG)技术正在国际上迅猛发展, 它既可以获得与普通磨削相近的表面粗糙度, 又可获得极大的材料磨除率。采用高速高效磨削是实现工程陶瓷材料加工的一个经济有效的方法^[1]。工程陶瓷材料在高效深切磨削过程中, 对其磨削过程(包括砂轮的磨损和工件表面质量等)的监测是人们非常关注的对象。而声发射(acoustic emission, AE)技术作为一种在线智能无损监测方法, 自从1984年被引入磨削研究领域以来, 利用它来监测磨削质量(主要包括磨削裂纹和磨削烧伤)、磨削过程(包括砂轮磨损、砂轮与工件接触等)以及砂轮参数的测定(砂轮修整质量参数和砂轮硬度等), 取得了令人满意的效果^[2]。

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, 而且有助于推动声发射技术在磨削加工领域更为广泛和深入的应用。

1 实验设计

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^[3]研究了磨削过程中产生的各种声发射源(见图1), 指出当砂轮与工件弹性接触、砂轮粘剂剂破裂、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。

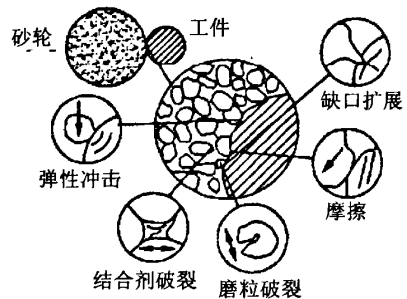


图1 磨削过程中的声发射源

1.2 超高速磨削实验台

实验采用由湖南大学国家高效磨削工程技术研究中心自己制造的数控超高速磨削实验台, 机床应用计算机数控技术、电主轴技术和超高速磨削工艺, 技术先进。机床主机为卧轴矩台拖板移动式, 磨头体固定不动, 横向进给机构固定于工作台, 垂直进

给机构固定于横向进给机构上面,采用西门子802D四轴数控系统,能对机床的三个直线轴和磨头主轴(即X轴:工作台纵向驱动,Y轴:拖板横向移动,Z轴:台面垂直进给,SP轴:磨头主轴)进行单独控制或联动.磨削时能实现自动磨削循环,自动补偿砂轮修整量,砂轮有恒线速控制.机床实现了机电一体化.主机的左侧为冷却液净化供给系统,后面为给电主轴提供冷却的液冷机,右后侧为电气控制系统.右侧靠近操作者有移动式操作台,并采用LED显示.机床的主要参数有,工作台面尺寸(宽×长):150×350 mm,电主轴功率为40 kW,转速为300~20 000 rpm,机床总功率约为80 kW.

1.3 砂轮及其修整

由于工程陶瓷材料属难加工材料,实验中采用郑州富莱特超硬材料有限公司提供树脂结合剂金刚石砂轮,砂轮参数如表1所示.

表1 砂轮参数

磨料	外径/mm	宽度/mm	粒度	浓度	结合剂
金刚石	348	6	120/140#	100	B

磨削过程中,砂轮工作表面的磨粒会逐渐磨钝,砂轮磨钝后磨削力增大,磨削温度上升,发生颤振与烧伤,使被加工零件的表面完整性受到极大影响.同时,砂轮的磨钝也会使砂轮工作表面丧失正确的几何形状,使加工精度降低.因此,为了使砂轮在使用中能保持正确的形状和锐利性,就有必要定期对砂轮进行修整.

对结合剂密实型超硬磨粒砂轮(如树脂或金属结合剂金刚石砂轮等)的修整,须分为整形和修锐两个工序,整形是对砂轮进行微量切削,使砂轮达到所要求的几何形状精度,并使磨料尖端细微破碎,形成锋利磨刃.修锐是去除磨粒间的结合剂,使磨粒间有一定的容屑空间,并使磨刃突出结合剂外,形成切削刃.

实验时,采用80#碳化硅制动式修整器对树脂结合剂金刚石砂轮进行修整,修整参数如表2所示.当修整至砂轮外圆跳动约为10 μm,再用200#氧化铝砂条对砂轮修锐.

1.4 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(PSZ)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3所示.

表2 砂轮修整参数

修整参数	修整步骤
修整器	80#碳化硅制动式修整器
砂轮线速度/(m·s ⁻¹)	4.5
修整滚轮线速度/(m·s ⁻¹)	0.4(固定值)
工作台速度/(mm·min ⁻¹)	200
进给量/μm	5 μm、3 μm、2 μm (从砂轮两侧轮流进给)
进给次数	60

表3 材料的力学性能参数

材料	试件规格	晶粒尺寸/μm	烧结方式	密度ρ/(g·cm ⁻³)	抗弯强度σ _b /MPa	微观硬度HV/MPa	断裂韧性K _{IC} /MPa m ^{1/2}	弹性模量E/GPa
99.5%Al ₂ O ₃	45 mm×20 mm×6.7 mm	2-5	常压	3.9	250	1 559×9.8	4.99	320
PSZ	50 mm×15 mm×10 mm	≤1	常压	6	946	1 172×9.8	8.1	205

1.5 声发射实验系统框图

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、带通滤波和有效值(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,并输入到计算机保存,采集到的数据信号等待后续的处理.声发射实验系统框图见图2.

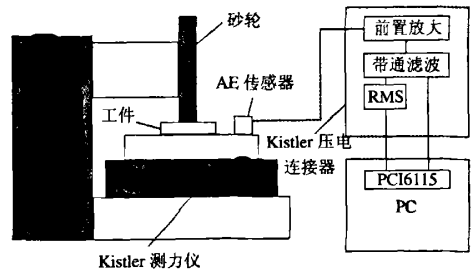
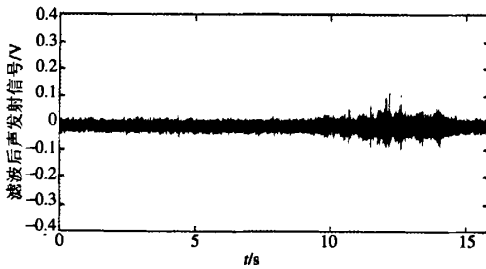


图2 声发射实验系统框图

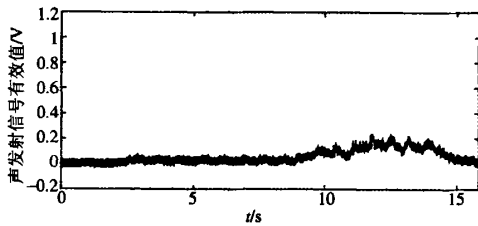
1.6 磨削接触声发射实验分析

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等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.为了检测到砂轮与工件磨削接触,要求声发射信号在砂轮与工件磨削接触前后的变化有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,就可以使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.

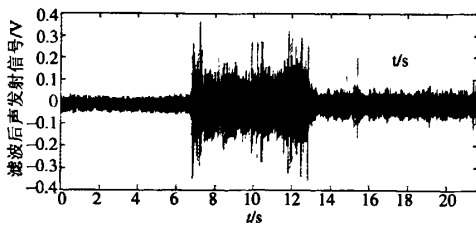


(a) 空运行过程声发射信号

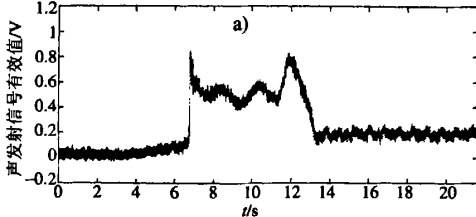


(b) 空运行过程声发射信号有效值

图3 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4 磨削接触过程

图3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4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3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4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: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%.

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多.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.

1.7 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 8 MPa.考虑到高效深磨工艺的特点,砂轮线速度选用 40 m/s、90 m/s、120 m/s、160 m/s 4 种速度;工作台速度为 600 mm/min、1 200 mm/min、2 400 mm/min、3 600 mm/min、4 800 mm/min、6 000 mm/min 6 种速度;磨削深度为 0.5 mm、0.8 mm、1.0 mm、1.5 mm、2.0 mm、2.5 mm.

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 Al₂O₃ 的工艺实验.

第 1 轮实验方案如表 4 所示,考虑了砂轮线速度、工作台速度和磨削切深与声发射信号之间的关系.

表 4 PSZ 实验方案一

序号	砂轮线速度 / (m·s ⁻¹)	工作台速度 / (mm·min ⁻¹)	磨削深度 / mm
1	40, 90, 120, 160	2 400	1
2	120	600, 1 200, 2 400, 4 800, 6 000	0.5
3	120	2 400	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5

第 2 轮实验方案如表 5 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, 比较砂轮修整前后声发射信号的不同。

第3轮实验方案如表6所示。

表5 PSZ 实验方案二

序号	砂轮线速度 / $m \cdot s^{-1}$	工作台速度 / $(mm \cdot min^{-1})$	磨削深度 / mm
1	120	600, 1 200, 2 400, 3 600, 4 800, 6,000	0.5

表6 Al_2O_3 实验方案三

序号	砂轮线速度 / $(m \cdot s^{-1})$	工作台速度 / $(mm \cdot min^{-1})$	磨削深度 / mm
1	40, 90, 120, 140, 160	2 400	1
2	120	600, 1 200, 1 800, 2 400, 3 600, 4 800, 6 000	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

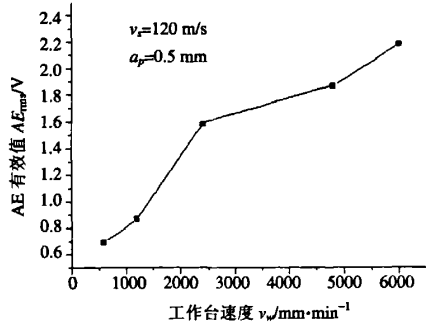
2.1 磨削参数及材料对声发射信号的影响

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})。进行具体数据分析时, 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 在高效深磨过程中 AE_{rms} 的大小。

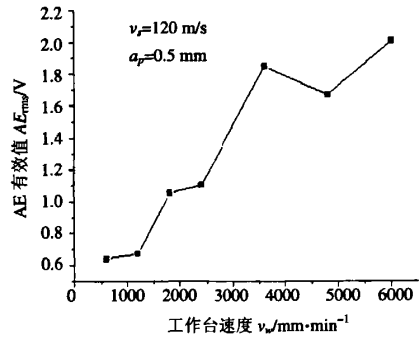
2.1.1 工作台速度对声发射信号的影响

图5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, AE_{rms} 随工作台速度变化曲线。由图5所示, AE_{rms} 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。

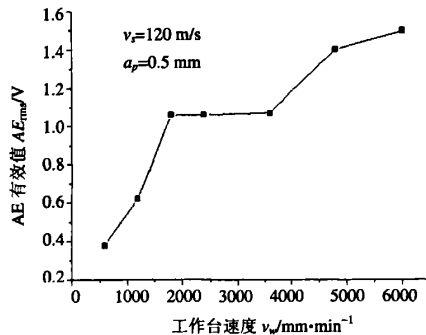
这是由于在磨削过程中, 材料所释放的声发射能量是与材料应变率成比例的, 材料应变率越大时, 所产生的声发射信号越强。随着工作台速度的增大, 单位工件材料切除量也随之增大, 切削变形变大。另外, 随着工作台速度的增大, 磨削力也越来越大, 砂轮与工件的弹性接触越发紧密, 且相互间的摩擦作用更加强烈, 因而声发射信号也表现为增大的趋势。由分析图形可知声发射信号有效值的大小与工作台速度有着很好的对应关系。



(a) 第1轮PSZ实验 AE_{rms} 随 v_w 变化情况



(b) 第2轮PSZ实验 AE_{rms} 随 v_w 变化情况



(c) 第3轮 Al_2O_3 实验 AE_{rms} 随 v_w 变化情况

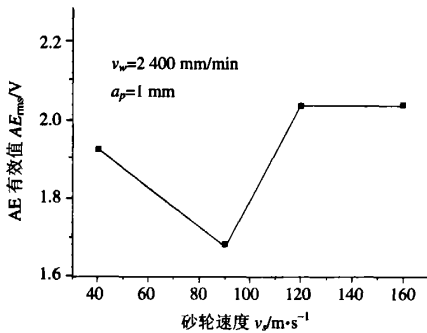
图5 AE信号有效值随工作台速度变化规律

2.1.2 砂轮线速度对声发射信号的影响

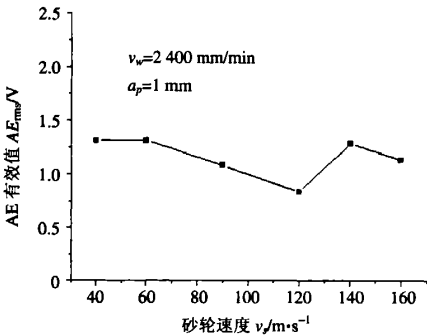
图6所示为第1轮PSZ实验和第3轮 Al_2O_3 实验在工作台速度为2 400 mm/min、磨削深度为1.0 mm的磨削条件下声发射信号有效值与砂轮线速度的关系曲线。从图6可以看出 AE_{rms} 有先减小, 后增大的趋势。PSZ的 AE_{rms} 在砂轮线速度达到90 m/s时, AE_{rms} 达到最小, Al_2O_3 的 AE_{rms} 在砂轮线速度达到120 m/s时, 达到最小。

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^[1,4]。随着砂轮速度的提高,最大未变形切屑厚度减小,当磨削PSZ的砂轮速度达到90 m/s 或者磨削Al₂O₃的砂轮速度达到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,故随着转速增大,声发射信号有变大的趋势;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,材料塑性去除的机理的影响起主要作用,声发射信号逐渐变大。



(a) 第1轮PSZ实验 AE_{rms} 随v_s变化情况



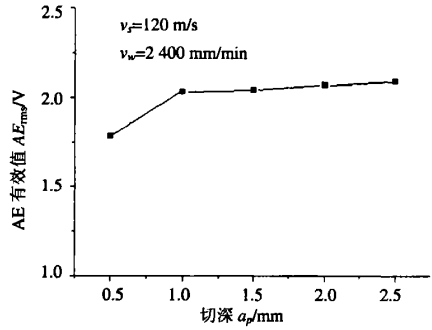
(b) 第3轮Al₂O₃实验 AE_{rms} 随v_s变化情况

图6 AE信号有效值随砂轮线速度变化规律

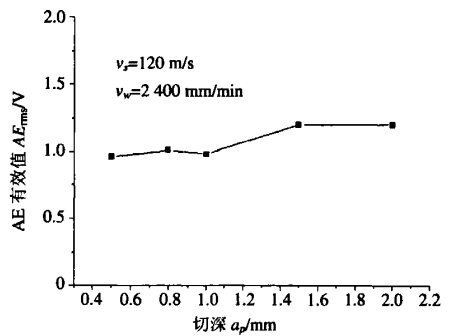
2.1.3 磨削深度对声发射信号的影响

图7是第1轮PSZ实验和第3轮Al₂O₃实验在砂轮线速度为120 m/s、工作台速度为2 400 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。从图7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,但是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。



(a) 第1轮PSZ实验 AE_{rms} 随a_p变化情况



(b) 第3轮Al₂O₃实验 AE_{rms} 随a_p变化情况

图7 AE信号有效值随磨削深度变化规律

2.2 两种材料声发射信号的比较

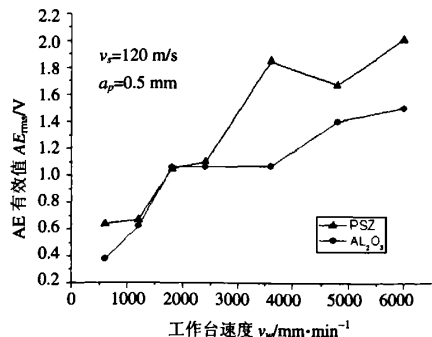


图8 PSZ和Al₂O₃两种材料声发射信号比较

图8是第2轮PSZ实验和第3轮Al₂O₃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律,由图8可以看出,Al₂O₃声发射信号有效值要小于PSZ的声发射信号有效值。

比较两种材料的物理特性:Al₂O₃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^[1]。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Al₂O₃,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Al₂O₃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 砂轮修整前后声发射实验分析

在磨削加工中,随着磨削时间的增长,砂轮的磨粒会逐渐钝化,砂轮的表面形貌发生变化;在多数情况下,磨削力将增大,磨削温度升高,磨削的弹塑性变形增大,磨削表面的加工质量将严重恶化,如果对这种情况不能及时检查出来,必然会引起磨削烧伤和颤振,造成工件和砂轮的损坏,影响工件表面质量和降低加工效率。所以砂轮磨损的检测就变得非常重要。本实验主要分析了砂轮修整前后声发射信号的变化,以研究声发射技术在砂轮磨损监测中的应用。

图9是第1轮PSZ实验和第2轮PSZ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的关系曲线,显示了修整前后工程陶瓷材料声发射信号有效值变化规律,可以从图9看出,修整后的声发射信号有效值小于修整前。

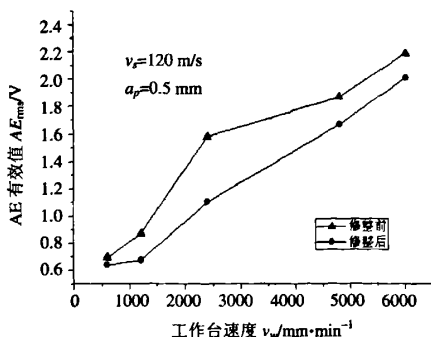


图9 砂轮修整前后声发射信号比较

完成第1轮实验以后,砂轮已经磨损到一定的程度,用千分表测出砂轮的圆跳动达到18 μm。然后经过砂轮整形和修锐后,测得砂轮的圆跳动小于10 μm,这之后才进行第2轮实验。比较前后2轮实验在相同加工参数下的声发射信号特征值,修整后砂轮的声发射信号特征值要明显小于修整前的,这表明砂轮磨损大时声发射信号特征值也要随之变大。这主要是由于砂轮表面的堵塞和磨损越严重,耕犁和滑擦作用增强,磨削力与温度升高,砂轮与工件之间的弹性接触和摩擦增强,从而导致声发射信号有效值幅值的增大。

实验证明,在高效深磨过程中,当加工对象和磨削加工参数不变时,声发射信号有效值的幅值和砂轮表面的状态有很好的对应关系,因此,通过设定合适的阈值,通过监测声发射信号有效值的幅值变化来监测砂轮的钝化程度。

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、最主要的方法就是快速傅里叶变换(FFT)方法。

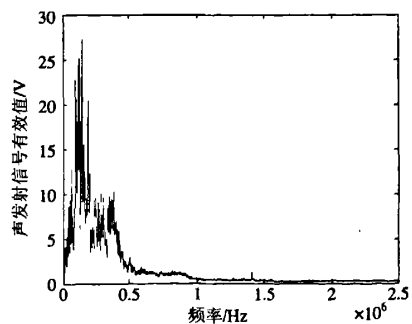
离散傅里叶变换(DFT)的定义为^[5]:

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

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

式中: $X(k)$ 为离散频谱的第 k 个值; $x(n)$ 为时域采样的第 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 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性的进步,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。



(a) PSZ

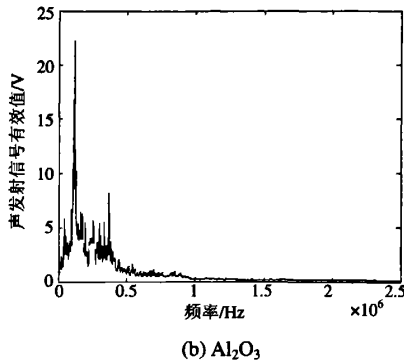


图10 两种材料的频谱分析

图10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于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。这与前面声发射信号有效值分析结果相同,由于这两种材料去除机理存在不同,在高效深磨工艺条件下,PSZ有一部分为塑性去除,而 Al_2O_3 基本上为脆性去除。

3 结论

1) 通过深入研究三个磨削参数及工件材料与声发射信号的关系,高效深磨过程中,在工程陶瓷材料的切削变形、工程陶瓷材料的去除机理、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,发现工作台速度和工程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。随砂轮线速度的增大,声发射信号有效值呈现出先减小、后增大的趋势。声发射信号有效值随磨削深度略微有增大。

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%。可见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,频谱的能量主要集中在100~500 kHz的低频段。相同磨削参数下,由于工程陶瓷材料的去除机理不同,即PSZ主要为塑性去除, Al_2O_3 的主要为脆性去除。表现在频谱能量分布规律上,PSZ的频谱能要大于 Al_2O_3 的频谱能。

参考文献:

- [1] 郭力,盛晓敏,黄含,等. 工程陶瓷磨削温度研究的进展[J]. 中国机械工程, 2007, 18(19): 2388-2393.
- [2] 刘贵杰,巩亚东,王宛山. 声发射技术在磨削加工中监测的应用[J]. 机械工程师, 2001(12): 4-6.
- [3] Hundt W, Leuenberger D, Rehsteiner F. An approach to monitoring of the grinding process using acoustic emission (AE) technique[J]. Annals of the CIRP, 1994, 43(1): 295-298.
- [4] 陈友良,柯宏发,张耀辉. 声发射技术辨别陶瓷的加工机理[J]. 湖南大学学报, 1998, 25(3): 36-40.
- [5] 卢文祥,杜润生. 机械工程测试·信息·信号分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1999. 160-190.

Acoustic emission experiment of high efficiency deep grinding with engineering ceramic materials

GUO Li^{1,2}

- (1. College of Mechanical and Automotive Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan, 410082;
2. National Engineering Research Center for High Efficiency Grinding, Hunan University, Changsha, Hunan, 410082)

Abstract: This paper carries on the experimental study of acoustic emission (AE) about two kinds of engineering ceramic materials: Partially Stabilized Zirconia (PSZ) and Al_2O_3 , in high efficiency deep grinding (HEDG). Through the results of experimental study, the paper analyzes the change rules of AE signals with different grinding wheel speeds, workpeeds, depths of cut in the grinding of the PSZ and the Al_2O_3 , and analyzes the influences of the two kinds of materials on(下转第90页)

术, 以及以 80C196KC 为核心的单片机技术, 将系统的响应速度提升到毫秒级, 而这种响应速度可与电流变液体的流变行为响应速度相匹配, 符合电流变技术的快速响应性能。

参考文献:

- [1] 魏宸官. 电流变技术—机理、材料、工程应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000.
- [2] 陈光祖. 电流变技术将引发汽车传统机械的技术革命[N]. 中国汽车报, 2001-11-28(7).
- [3] Wendt E, Klaus K W. A new type of hydraulic actuator using electrorheological fluids[J]. International J. Modern Physics B, 1999(14): 2 176-2 182.
- [4] C Stiebel, H Janocha. 6kV power amplifier designed for actuators with electrorheological (ER) fluids [C]. Bremen: Actuator 2000, Proceedings 7th International Conference on New Actuators, ASCO-Druck, 2000. 135-138.
- [5] 杨瑞成, 蒋成禹, 初福民. 材料科学与工程导论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2002. 28.
- [6] 沙占友. 特种集成电源最新应用技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.

The miniaturized and intelligentized design about the ER source based on piezoelectric ceramic

LIU Qi-yuan, LUO You-xin, HE Zhe-ming

(College of Mechanical Engineering, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan, 415000)

Abstract: For the requirements of the miniature and intelligence demand, an ER source is designed. In order to meet the miniature demand, the piezoelectric ceramic transformer is selected as the step-up component, and the drive circuit is adopted the driving way to the single-end. To promote the intelligent degree of the high-voltage source, the system uses the PWM technology relying mainly on SG3524 and the microcontroller technology taking 80C196KC as the core. Based on these, the volume of ER source and system response rate are in line with the needs of ER devices.

Key Words: electrorheological; high voltage source; piezoelectric ceramic; PWM; microcontroller

收稿日期: 2008-03-30

基金项目: 湖南省“十一五”重点建设学科(机械设计及理论)

资助(XJT2006180)

作者简介: 刘奇元(1980-), 男, 主要从事机电控制系统及电流变技术方面的研究。

(责任编辑: 江河)

(上接第 84 页)

AE signals at the same grinding parameters too. The paper also studies the changes of AE signals, when the grinding wheel and the workpiece contact with each other, as well as before and after dressing of the grinding wheel. In the basis of analysis at time domain, the paper has carried on the spectrum analysis to the AE signals, and analyzes the distributed scopes of frequency spectrum of AE signals in HEDG process. The results of experimental study indicate the AE signals have the good corresponding relations with the grinding process condition, and we can utilize the change rules of AE signals in HEDG grinding process to monitor the HEDG grinding process.

Key words: acoustic emission; high efficiency deep grinding; engineering ceramic; monitoring.

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 湖南省自然科学基金(06JJ50088); 教育部留学回国人员科研启动基金

作者简介: 郭力(1964-), 男, 教授, 博士, 研究方向为高效磨削与装备。

(责任编辑: 江河)

(上接第 86 页)

fusing area after the friction welding, by five heat treatments. we observed the metallogic structure and tried out the mechanical property. It proved that the heat treatment models just after welding can improve the comprehensive mechanics prosperity of fusing area, which leads to the average anti-tension intensity with 691 MPa, the average percentage elongation with 18.6% and the average value of shock with 40 J/cm².

Key words: friction welding; heat treatment; importance

收稿日期: 2008-02-01

作者简介: 李志军(1964-), 男, 工程师, 主要从事机械制造工艺的研究。

(责任编辑: 江河)

工程陶瓷高效深切磨削加工中声发射的实验研究

作者: [郭力, GUO Li](#)
 作者单位: [湖南大学 国家高效磨削工程技术研究中心, 湖南 长沙, 410082; 湖南大学 机械与汽车工程学院, 湖南 长沙, 410082](#)
 刊名: [湖南文理学院学报\(自然科学版\)](#)
 英文刊名: [JOURNAL OF HUNAN UNIVERSITY OF ARTS AND SCIENCE\(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
 年, 卷(期): 2008, 20(2)
 引用次数: 0次

参考文献(5条)

1. 郭力, 盛晓敏, 黄含 [工程陶瓷磨削温度研究的进展](#)[期刊论文]-[中国机械工程](#) 2007(19)
2. 刘贵杰, 巩亚东, 王宛山 [声发射技术在磨削加工中监测的应用](#)[期刊论文]-[机械工程师](#) 2001(12)
3. Hundt W, Leuenberger D, Rehsteiner F [An approach to monitoring of the grinding process using acoustic emission \(AE\) technique](#) 1994(01)
4. 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)
5. 卢文祥, 杜润生 [机械工程测试@信息@信号分析](#) 1999

相似文献(4条)

1. 期刊论文 [郭力, GUO Li 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 -湖南文理学院学报\(自然科学版\) 2008, 20\(3\)](#)

对BP神经网络的原理、算法和公式进行了介绍, 在对Matlab及其神经网络工具箱介绍的基础上, 采用3个声发射特征值: 即声发射信号有效值、FFT峰值和标准差作为输入, 工件表面粗糙度作为输出, 用BP神经网络的方法对高效深磨加工工程陶瓷A1203的工件表面粗糙度进行了训练、预测和分析. 结果表明, 使用BP神经网络可以实现高效深磨加工工程陶瓷工件表面粗糙度的监测.

2. 期刊论文 [李波, 银翔, 郭力, Li Bo, Yin Xiang, Guo Li 工程陶瓷高效深磨声发射实验研究 -精密制造与自动化 2007, ""\(1\)](#)

通过对部分稳定氧化锆(PSZ)和A1203两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.

3. 期刊论文 [李波, 郭力, LI Bo, GUO Li 基于BP神经网络的表面粗糙度声发射预测 -精密制造与自动化 2009, ""\(1\)](#)

介绍了BP神经网络的原理、算法和公式, 在对Matlab及其神经网络工具箱介绍的基础上, 采用声发射信号有效值、FFT峰值和标准差作为输入, 工件表面粗糙度作为输出, 用BP神经网络的方法对高效深磨加工工程陶瓷A1203的工件表面粗糙度进行了训练、预测和分析. 创新的研究方法是直接从磨削声发射信号中提取磨削表面粗糙度信息. 结果表明, 该方法可以实现高效深磨加工工程陶瓷工件表面粗糙度的监测.

4. 学位论文 [李波 工程陶瓷高效深磨声发射实验研究 2006](#)

近年来, 声发射技术在磨削加工领域获得了普遍的关注, 其理论与方法已成为现代制造系统用来监测磨削加工过程状态的一个重要的研究领域. 为了

提高磨削加工的效率, 提高产品质量, 对磨削加工过程尤其是高效深磨过程进行声发射信号的研究是十分必要的. 本文首先介绍了工程陶瓷、高效深磨和声发射技术发展研究现状, 并对声发射技术在磨削加工中的研究状况进行了归纳, 概述了声发射技术的基础理论. 在此基础上, 形成了高效深磨过程声发射实验研究思路.

本文根据实际磨削加工过程, 结合相应的硬件和软件开发了声发射信号虚拟仪器采集系统, 搭建了声发射实验监测系统. 在湖南大学自己研制的超高速磨削实验台上, 对PSZ和A1203两种工程陶瓷材料进行高效深磨声发射实验研究. 通过实验研究的结果, 分析了两种工程陶瓷材料PSZ和A1203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. 研究了砂轮和工件磨削接触时以及砂轮修整前后声发射信号的变化. 在时域分析的基础上, 对声发射信号进行了频谱分析, 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.

本文的最后, 采用BP神经网络的方法, 用三个声发射特征参量对工件表面粗糙度进行预测. 这是声发射技术实现对工件表面粗糙度监测的有益尝试.

本文的研究成果在于揭示了工程陶瓷高效深磨中声发射信号的一些规律, 对于推动声发射技术在高效深磨过程监测中的应用具有重要意义.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cdsfxyxb200802022.aspx

下载时间: 2010年5月31日