

# 磨削表面粗糙度在线检测方法的实验研究<sup>\*</sup>

□ 刘贵杰

**摘 要** :在理论分析和实验研究的基础上,提出了一种在线检测磨削表面粗糙度的新方法,该方法利用声发射(AE)传感器探头与磨削表面摩擦产生的 AE 信号在线检测磨削表面粗糙度。并通过实际跟踪测试证明了该方法的可行性。

**关键词** :磨削表面粗糙度 AE 信号 在线检测

中图分类号 :TG580.23+9

文献标识码 :A

文章编号 :1000-4998(2003)05-0053-02

磨削往往是工件机械加工过程的最后阶段,它决定工件的最终质量,目前,工件表面粗糙度仍然采用离线测量的方法,由于不能及时发现加工过程中表面粗糙度的恶化,经常会导致废品出现,这已成为阻碍机械加工高度自动化、智能化的瓶颈。现有大多数评估表面粗糙度的标准方法不能用于在线检测<sup>[1]</sup>。因此,目前与现代机械发展有关的研究大都定位在连续性在线检测技术的开发上,以便能够及时检测出初期的恶化情况,在发生致命损坏之前采取补救措施<sup>[2]</sup>。作者借助摩擦声发射原理,提出了一种用于在线检测磨削表面粗糙度的方法。

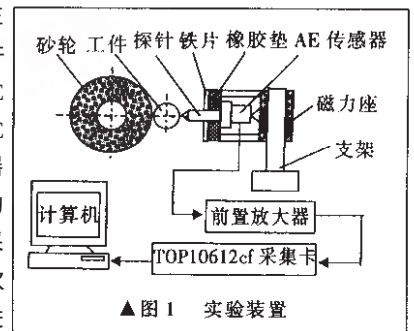
## 1 原理分析

摩擦是一种复杂的现象,它受多种因素的综合影响,这些因素主要有:粘附、粗糙变形、硬粗糙的耕犁,以及参与摩擦部分的磨损。表面相互拖拉时,粗糙接触区应力分布变化产生的瞬间应力波,称之为声发射(Acoustic Emission,简称 AE)<sup>[3]</sup>。产生的应力波通过材料传播,呈现随机特征,可由连续随机 AE 信号来描述,并能通过合适的 AE 传感器检测到<sup>[4]</sup>。表面粗糙度值越大,其波峰值也越大,在同样大小的压力作用下,产生的弹性变形和塑性变形也越严重,摩擦过程发出的弹性应力波强度也会增大。因此,如果在声发射信号某特征值与磨削表面粗糙度之间建立起映射联系,就要通过在线检测到的 AE 信号特征对磨削表面粗糙度进行连续在线评估。E. SUSIC 和 I. GRABEC<sup>[5]</sup>建立了一套信息处理系统,利用该系统可直接在线获取摩擦发生的 AE 信号,以此对表面粗糙度进行评估。通过探针对圆形钢板上摩擦对这一想法进行了验证,结果表明识别可靠性大于94%。作者认为如果将这一想法用于磨削表面的在线检测,会收到同样的效果。

## 2 实验研究

(1)测试方法 试验系统及 AE 传感器固定方式见图1。探针的平面端与 AE 传感器紧密接触,球形端与工件表面接触。测量时,探头对试件的压力通过调节

旋钮调节为70N左右,探针头部与工件表面摩擦产生 AE 信号,检测到的 AE 信号经前置放大器送计算机内安装的 TOP 数据采集卡采集,并由虚拟仪器软件 TOPVIEW2000进



▲图1 实验装置

行分析处理。为了保证试件表面粗糙度不会因探针滑动而遭到破坏,探针用铜或铝材料制作,直径为8mm,头部为  $r = 4\text{mm}$  的球形,  $R_a$  值为0.16。

为了寻找 AE 信号特征值与磨削表面粗糙度之间的关系,在 D2112型工具磨床上,采用表1的磨削条件进行了系列测试。

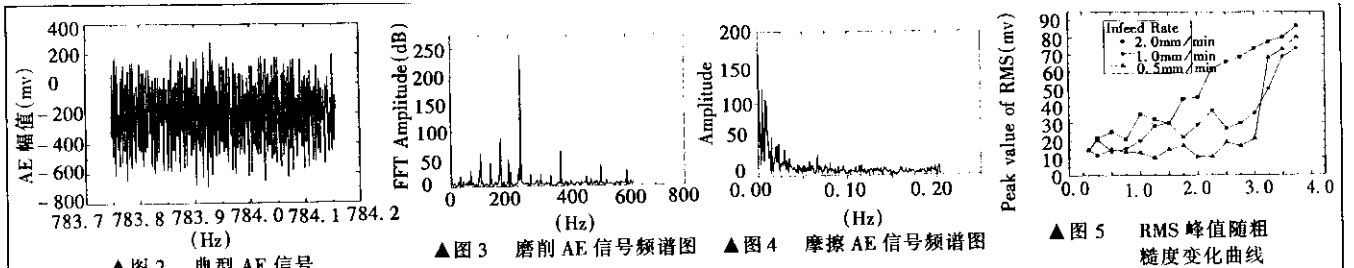
(2)试验结果与分析 从磨削过程中获得的典型 AE 信号见图2。与其它金属切削过程一样,原始 AE 信号是连续的,并随磨削时间剧烈波动。随着磨削工件数的增加 AE 信号幅值增大,但由于信号的形似性,稳定与不稳定的磨削状态并没有很明显的变化。因此,需要利用 AE 信号其它参数识别磨削状态。研究表明,砂轮磨削工件时产生的 AE 信号一般在高频区范围内的 FFT 幅值比较明显,如图3。探头与工件表面摩擦产生的 AE 信号一般在低频区域幅值比较明显,如图4。这是由于磨削产生的 AE 信号与砂轮旋转频率有关,是砂轮旋转频率的整数倍,而摩擦产生的 AE 信号与工件旋转频率有关。因此,可以通过低通滤波过滤掉磨削过程产生的 AE 信号,只保留与摩擦有关的 AE 信号,以便对磨削表面粗糙度进行识别。

表1 试验磨削条件

项目	条件
砂轮	型号 :WA60LV 尺寸 : $\phi 228 \times 24\text{mm}$
砂轮速度	$v_s = 26.3\text{m/s}$ 材料 :45号钢
工件	硬度 :45HRC $v_w = 0.10 \sim 0.30\text{m/s}$
工件速度	0.5mm/min
进给速度	1.5mm/min 2.0mm/min 干磨
切削液	单颗粒金刚石修整器
修整条件	切深 0.0125mm 导程 0.015mm/rev

图5和6分别给出了 AE 信号 RMS 峰值和 FFT 峰值随磨削工件表面粗糙度变化的趋势。可以看出,当以

\*教育部科学技术研究重点资助项目(编号 200032)



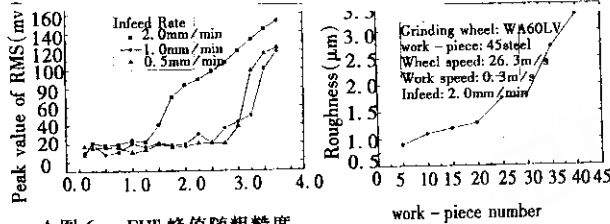
▲图2 典型 AE 信号

▲图3 磨削 AE 信号频谱图

▲图4 摩擦 AE 信号频谱图

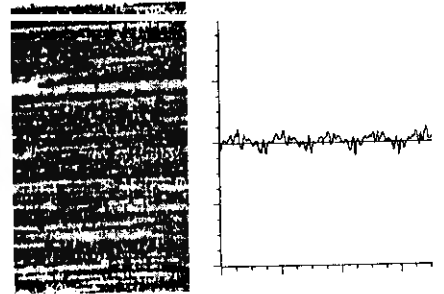
▲图5 RMS 峰值随粗糙度变化曲线

较大的进给量磨削时, AE 信号的 RMS 和 FFT 峰值与工件表面粗糙度有很好的对应关系。通过试验还发现磨削工件表面粗糙度与磨削烧伤及磨削颤振有着密切的关系(见图7), 可以通过监测磨削表面粗糙度预报磨削烧伤及颤振的发生。



▲图6 FFT 峰值随粗糙度变化曲线

▲图7 AE 幅值随磨削件数的变化曲线

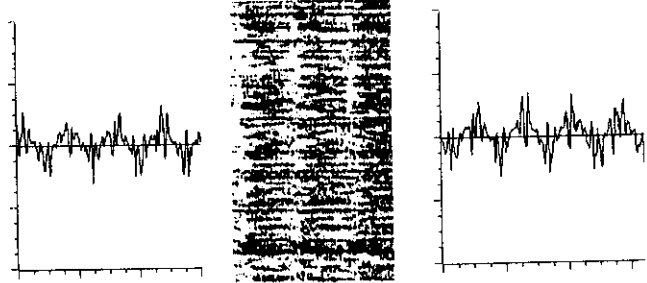


▲图8 磨削表面与其对应 AE 信号

由磨削机理可知, 磨削表面形状是磨粒在工件表面重复划痕形成的。状态良好的砂轮磨出的表面划痕方向比较一致。随着磨粒钝化, 磨削加工变成不正常状态, 磨削温度迅速升高至 1000℃ 左右, 使工件表面烧伤, 造成磨削表面粗糙度初步恶化。烧伤严重时会引起磨削力增大, 发生磨削颤振, 磨削颤振划痕与磨削方向正交, 因此表面粗糙度变得明显恶化。图8~10分别给出了正常磨削状态、烧伤状态和颤振状态下的工件表面电子显微镜照片及对应的声发射测量信号, 从另一个方面证明了摩擦产生的 AE 信号与磨削表面粗糙度之间存在一定的对应关系, 可以作为表面粗糙度的监测信号。



▲图9 磨削烧伤表面与其对应 AE 信号



▲图10 磨削颤振表面与其对应 AE 信号

## 3 结论

通过以上实验与理论分析, 可得出以下结论:

- ①摩擦产生的 AE 信号与摩擦表面粗糙度有一定的对应关系;
- ②摩擦产生的 AE 信号可用于磨削表面粗糙度的在线检测;
- ③可以通过检测摩擦产生的 AE 信号对磨削表面烧伤及颤振进行预报。

## 参考文献

- 1 D. J. Withehouse. Comparison between stylus and optical methods for measuring surface[J]. Annals of the CIRP, 37, 649 ~ 653(1988)

- 2 A. D. Dornfeld. Neural network sensor fusion for tool condition monitoring[J]. Annals of the CIRP, 39, 101 ~ 105(1990)
- 3 C. R. Heipe, S. H. Carpenter. Acoustic emission produced by deformation of metals and alloys a review: Parts I and Parts II, J. Acoust. Emission, 6(3), 177 ~ 204(1987)
- 4 R. K. Miller, P. McIntire. Nondestructive testing handbook-AE Testing. Vol. 5, 2<sup>nd</sup> Edition. American Society for Nondestructive Testing(1988)
- 5 E. Suic, I. Grabec. Application of a neural network to the estimation of surface roughness from AE signals generated by friction process. Int. J. mach. Tools Manufacture, 35(8), 1077 ~ 1086(1995)
- 6 J. Webster, I. Marinescu and R. Bennett. Acoustic emission for control and monitoring of surface integrity during grinding, Annals of the CIRP, 43, 299 ~ 304(1994)

(编辑 凌云)

作者单位: 山东轻工业学院  
 邮政编码: 济南·250100  
 收稿日期: 2002年11月

# 磨削表面粗糙度在线检测方法的实验研究

作者: [刘贵杰](#)  
作者单位: [山东轻工业学院, 济南 · 250100](#)  
刊名: [机械制造](#) **ISTIC**  
英文刊名: [MACHINERY](#)  
年, 卷(期): 2003, 41(5)  
引用次数: 0次

## 参考文献 (6条)

1. [D J Withehouse](#) [Comparison between stylus and optical methods for measuring surface](#) 1988(37)
2. [A D Dornfeld](#) [Neural network sensor fusion for tool condition monitoring](#) 1990(39)
3. [CRHeipe, SHCarpenter](#) [Acoustic emission produced by deformation of metals and alloys a review:Parts I and Parts II](#) 1987(03)
4. [R K Miller, PMcintire](#) [Nondestructive testing handbook AE TestingVol52nd Edition](#) 1988
5. [E Suic, IGrabec](#) [Application of a neural network to the estimation of surface roughness from AE signals generated by friction process](#) 1995(08)
6. [J Webster, IMarinescu, RBennett](#) [Acoustic emission for control and monitoring of surface integrity during grinding](#) 1994(43)

## 相似文献 (5条)

1. 期刊论文 [刘贵杰, 巩亚东, 王宛山](#) [基于摩擦声发射信号的磨削表面粗糙度在线检测方法研究 - 摩擦学报](#)2003, 23(3)  
利用摩擦产生的声发射(AE)信号的功率谱密度对磨削表面粗糙度进行在线评价。实测结果表明, AE信号的功率谱密度与外圆磨削表面粗糙度之间存在很好的映射关系, 利用随机信号分析的经典估计理论建立的这种映射关系可用于外圆磨削表面粗糙度的在线检测。
2. 期刊论文 [刘贵杰, 巩亚东, 王宛山](#) [外圆磨削表面粗糙度的在线监测方法研究 - 辽宁工程技术大学学报\(自然科学版\)](#) 2003, 22(1)  
通过理论分析和试验研究, 找到了与磨削表面粗糙度有关的摩擦AE信号特征, 在此基础上提出了基于神经网络的外圆磨削表面粗糙度监测方法, 利用神经网络建立声发射信号特征信息与磨削表面粗糙度之间的非线性映射关系。仿真结果表明利用该方法可以实现磨削表面粗糙度的在线评估。
3. 期刊论文 [刘贵杰, 巩亚东, 王宛山](#) [磨削质量在线监测方法研究 - 金刚石与磨料磨具工程](#)2004, ""(5)  
在理论分析和试验研究的基础上, 提出了一种在线监测磨削表面粗糙度的新方法, 该方法从声发射(AE)传感器探头与磨削表面摩擦产生的AE信号中提取有关磨削表面粗糙度的信息量, 利用神经网络实现磨削表面粗糙度的在线智能检测和预报。并通过实际跟踪测试和计算机仿真对该方法的可行性进行了分析。结果表明, 该方法可行, 可用于磨削质量的在线监测。
4. 期刊论文 [彭兰, PENG Lan](#) [高速深切磨削陶瓷工件表面粗糙度的在线监测 - 制造业自动化](#)2009, 31(4)  
直接从放在工件夹具上的声发射(AE)传感器测得的磨削加工中的AE信号中, 提取有关磨削表面粗糙度的信息, 用神经网络的方法对高速深切平面磨削工程陶瓷氯化铝的工件表面粗糙度进行了在线连续监测。结果表明, 该新方法不仅简易直接, 而且切实可行, 通过进一步改进, 可以用于高速深切磨削加工工程陶瓷工件表面粗糙度的在线监测。
5. 期刊论文 [胡仲翔, 滕家绪, 钱耀川, 王一波, HU Zhong-xiang, TENG Jia-xu, QIAN Yao-chuan, WANG Yi-bo](#) [用声发射信号和改进的BP神经网络预测磨削表面粗糙度 - 装甲兵工程学院学报](#)2009, 23(6)  
针对磨削表面粗糙度传统BP(Back Propagation)神经网络模型在线预测时存在预测精度低、误差大等问题, 以磨削声发射信号的RMS值、FFT值、标准差、方差和偏斜度5参量为输入单元, 建立了三层BP神经网络来预测磨削表面粗糙度, 并应用附加动量法和自适应学习速率法对其进行了改进。通过仿真优化了隐层单元数, 利用模型对磨削加工10个频段的声发射信号样本进行优选, 确定将300~400 kHz的声发射(Acoustic Emission, AE)信号作为表面粗糙度预测模型学习样本频段。实验结果显示:改进后的BP预测模型与传统BP模型相比, 具有收敛速度快、预测精度高的特点, 相对误差可控制在8.66%以内。

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jxzz200305023.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jxzz200305023.aspx)

下载时间: 2010年6月2日