

木材纵横向切削过程中的声发射特性

高峰¹, 朱典想¹, 陈治国², 刘艳¹

(1. 南京林业大学, 江苏南京 210037; 2. 金陵科技学院, 江苏南京, 210037)

摘要: 研究了木材纵横向切削过程中的声发射特性。结果表明, 切削方向与纤维方向之间的夹角, 对切削过程中的声发射活动影响显著; 当夹角为 0° 时声发射最强, 90° 时声发射最小; 声发射强度随木材表面粗糙度的减小而逐渐增大。通过获得的试验数据, 可进一步完善切削理论, 指导木制品生产, 监控产品质量。

关键词: 木材; 声发射; 纵横向切削; 粗糙度

中图分类号: TS653; TS64 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2009)04-0030-03

Effect of Wood Grain Direction on Acoustic Emission during Routing

GAO Feng¹, ZHU Dian-xiang¹, CHEN Zhi-guo², LIU Yan¹

(1. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2. Jinling Institute of Technology, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The purpose of this study was to investigate the causes of changes in acoustic emission (AE) signals corresponding to changes in grain orientation in routing. The angle between the cutting direction and the grain orientation has strong influence on the acoustic emission and the surface quality of wood. The results showed that the acoustic emission signal reached the strongest value when the angle was 0° and weakest when the angle was 90° . When the intensity of acoustic emission signal increased, the surface roughness was found to decrease. These results show acoustic emission could be used to monitor the quality of wood surfaces during various cutting conditions.

Key words: wood; acoustic emission (AE); longitudinal-transverse cutting; surface roughness

声发射 (Acoustic Emission, AE) 技术, 是 20 世纪 60 年代发展起来的一种评价材料力学性能的新方法, 是指物体在受到形变或外界作用时, 因迅速释放弹性能量而产生瞬态应力波的物理现象^[1]。

根据刀具相对纤维方向的不同, 以及刀刃运动方向相对纤维方向的变化, 木材直角自由切削可分为: 纵向切削、横向切削和端向切削。在实际生产中, 木材切削还包括纵横向和纵端向的过渡切削。

在常规切削条件下, AE 对木材切削影响的研究已比较成熟; 而在过渡切削过程中, 纤维方向对切削性能的影响亦极为明显, 但相关报道较少。在国外, AE 被用于木制品加工的粗糙度在线检测、木工机械的自适应控制系统、木材干燥开裂检测与控制^[2]、木

材及木制品力学性能测试和无损检测^[3-6], 及常规加工^[7-8]; 木材切削研究, 主要集中在 AE 与切削参数^[9]、工件表面加工质量^[10]、加工面粗糙度^[11]以及刀具磨损^[12]的关系等方面。

在国内, 已进行的研究有: 切削参数、切削方向、木材材性、含水率、刀具磨损, 以及刀具表面粗糙度与 AE 关系等^[13]; 切削厚度与 AE 的关系, 以及在纵端向过渡切削过程中, 切削方向与纤维方向之间的夹角, 对 AE 的影响^[14]。本文着重从加工试件粗糙度的角度, 研究纵横向切削对 AE 的影响。

我国现有的木材切削理论, 大多是在定性测量的基础上, 得出计算公式主体, 再经生产实践检验, 获得修正系数得以保证。近年来, 主要开展木材纹理方向、切削速度、切削力、切削刀具及其结构、切削角度和切削厚度等切削用量, 对木材切削性能影响的研究。

本文通过分析木材纵横向切削条件, 对 AE 和粗

收稿日期: 2009-01-21; 修改日期: 2008-04-08

作者简介: 高峰(1981—), 男, 南京林业大学博士研究生。

通讯作者: 朱典想, 男, 南京林业大学教授, 博士生导师。

糙度的影响及变化原因,进一步完善我国的切削理论,探索最佳切削质量的加工方法,并优化进料速度,改善目前家具生产中的加工工艺;另外,通过实时检测,建立 AE 和粗糙度之间的关系,实现实时监控加工工件的质量。

1 材料与方法

1.1 装置

1) 设备 国产 MX160 型铣床。试件直线自由进料,刀具做高速旋转运动。刀轴转速 4 834 r/min;进料量 2.5 mm;进料速度 7 m/min。

2) 刀具 硬质合金刀,铣刀直径 $d=190$ mm;刀齿 $n=2$;前角 $\gamma=20^\circ$;后角 $\alpha=20^\circ$;楔角 $\beta=50^\circ$ 。

3) 信号采集系统 PXR15 型传感器,频率范围 100-300 kHz;PXPA II 型前置放大器,频带宽度 20 kHz-1 MHz;PXMA 信号调理装置,4 通道信号放大滤波调理装置;PXDAQ 1220 声发射采集卡,4 通道 12 位精度,20 MHz 采样率。

1.2 试件

樟子松 (*Pinus sylvestris* var.) 无缺陷材,规格 400 mm $\times$ 150 mm $\times$ 12.5 mm,气干密度 0.46 g/cm³,含水率 11.85%。

木材纵横切削的过渡量 ψ ,即切削方向与纤维方向之间的夹角,每隔 15° 变化一次,从 0° 逐渐变化到 180° ,见图 1。

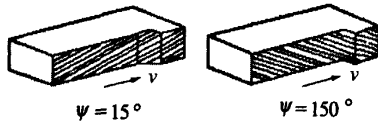


图 1 试件示意图

Fig. 1 Angles between cutting direction and grain orientation

1.3 方案

采用非接触的测试方式。为了减小 AE 在空气中的衰减,测试时传感器应尽量接近木材切削区。AE 传感器用夹杆夹持,悬在木材切削区域的正上方,距离工作台 3.5 cm(图 2)。该位置既接近声发射源,且不受切削机械振动的干扰。

2 结果与讨论

声发射的分析有参数分析和波形分析 2 种方法。参数分析法是分别从不同的角度表征单个信号,易于量化;波形分析法是以 AE 信号波形为处理对象,根

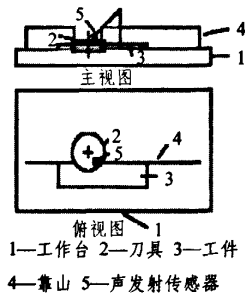


图 2 试验装置示意图

Fig. 2 Schematic of the test apparatus

据信号的时域波形及与此相关联的频谱、函数等,获取 AE 信号的信息^[15],不易于量化。

本研究通过 Matlab 小波工具箱,去除 AE 信号中的噪音,采用参数分析法,选取参数:1) 均方根值(RMS),即 AE 信号的均方根值,与 AE 能量大小有关;2) 振铃计数(ringdown),即振铃波形超过预置阈值的个数,在一定程度上,可反映 AE 信号的幅度。其中振铃计数的门限选择 0.155 V。

2.1 振铃计数与均方根值

图 3 为 AE 均方根值和振铃计数与纵横向切削过渡角 ψ 之间的对应关系。可以看出,纵横向切削过程中,切削方向与纤维方向之间的夹角变化,对 AE 有明显影响;AE 均方根值与振铃计数变化规律相似,在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 时,二者均逐渐减小, $0^\circ \sim 30^\circ$ 之间时迅速减小, $75^\circ \sim 90^\circ$ 之间时缓慢减小; $90^\circ \sim 180^\circ$ 时,二者均呈逐渐增加的趋势, $90^\circ \sim 135^\circ$ 时增加速度较缓,之后迅速增加。数据显示,振铃计数反应更灵敏,计数较理想。

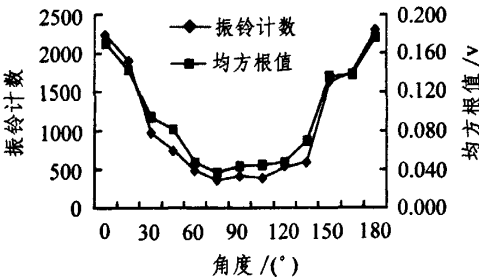


图 3 均方根值和振铃计数随纵横向切削过渡角 ψ 的变化

Fig. 3 Relationship between AE signals and routing angle ψ

2.2 振铃计数与粗糙度

图 4 为振铃计数与木材表面粗糙度随纵横向切削过渡角 ψ 改变的曲线。可以看出,粗糙度值越小,振铃计数越大。对纵横向切削振铃计数与加工表面

粗糙度进行回归分析,结果显示,振铃计数随粗糙度增加而减小,二者有很好的相关关系,见图 5。

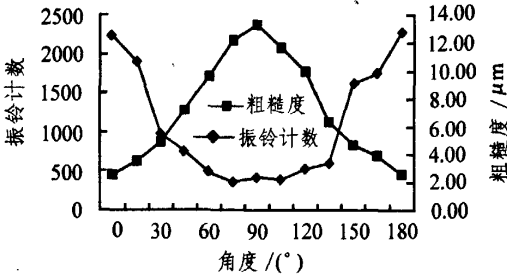


图 4 振铃计数和粗糙度随角度 ψ 变化曲线

Fig. 4 Relationship between surface roughness and routing angle

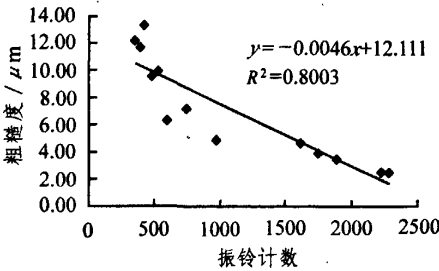


图 5 振铃计数与粗糙度回归分析结果

Fig. 5 Correlation between AE signal and surface roughness

2.3 纵横向切削中声发射源分析

$\psi=0^\circ$ 时,切削情况与 $\psi=180^\circ$ 时相同,即超前裂缝和屑瓣在横断面上弯曲破坏,是此时最大的声发射源。 $\psi=90^\circ$ 时,切削情况与木材单板旋切时相似,刀刃方向平行于木材纤维的方向。刀刃切入木材时产生的 2 种破坏,即拉伸裂纹和压缩破坏,是明显的声发射源。但此时产生的 AE 水平要低于 $\psi=0^\circ$ 时,主要是由于这两种情况下,木材受破坏的机理不同。当 $\psi=90^\circ$ 时,产生的裂纹和木材撕裂不会切断木纤维,仅仅使纤维在长度方向上分开。切屑形成时释放能量的减小,导致 AE 水平较低。

从粗糙度层面分析,刀刃以下木材由于压缩破坏而产生的裂纹不断扩展,使得 $\psi=90^\circ$ 时的粗糙度较大。尽管在切削轨迹的前部分,产生的切屑厚度较小,但刀刃下木材的超前裂缝却留在了工件表面,同时形成很多较长的、沿着纤维方向,且垂直刀具速度方向的裂纹。

3 结论

1) 在纵横向切削过程中,AE 均方根值与振铃计数随角度 ψ 改变的变化趋势相似,都是分析 AE 信号的良好参数,振铃计数相对更灵敏。

2) 当 $\psi=0^\circ$ 时,超前裂缝和屑瓣在横断面上的弯曲破坏是此时最大的声发射源;当 $\psi=90^\circ$ 时,刀具不切断木纤维,仅在长度方向上分离纤维,切屑形成时释放能量减小,AE 水平较低。

3) 纵横向切削过程中,振铃计数与粗糙度呈极显著的负相关,即振铃计数随粗糙度值减小而逐渐增大。因此,AE 技术可引入到木制品加工的在线实时监控。

参考文献:

[1] 袁振明,马羽宽,何泽云. 声发射技术及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1985.

[2] T C Innes. Vessels as surface stress raisers during drying of Eucalyptus diversicolor F. Muell [J]. Wood Science and Technology, 1997, 31(3): 171-179.

[3] Zheng Chen, Brian Gabbitas, David Hunt. Monitoring the fracture of wood in torsion using acoustic emission[J]. Journal of Materials Science, 2006, 41(12): 3 645-3 655.

[4] Kosei Ando, Yoshihiko Hirashima, Mina Sugihara. Microscopic processes of shearing fracture of old wood, examined using the acoustic emission technique[J]. Journal of Wood Science, 2006, 52(6): 483-489.

[5] 孙建平,王逢朔,朱晓东,等. 动态载荷下基于声发射技术的杨木破坏过程检测[J]. 林业科学,2006, 42(9): 89-92.

[6] Aicher S, Hofflin L, Dill-Langer G. Damage evolution and acoustic emission of wood at tension perpendicular to fiber[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2001, 59(1-2): 104-116.

[7] Tanaka C, Nakao T, Takahashi A. A new technique for adaptive control optimization in circular sawing [J]. Mokuzai Gakkaishi, 1988, 34(9): 769-771.

[8] Chunrui Zhao. Adaptive control optimization in Band sawing [J]. Mokuzai Gakkaishi, 1991, 37(10): 897-903.

[9] Lemaster R L, Klamecki B E, Dornfeld D A. Analysis of acoustic emission in slow speed wood cutting[J]. Wood Science, 1982, 15(2): 150-160.

[10] Chunrui Zhao. Relationship between surface finish qualities and acoustic emission count rate[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1990, 36 (3): 169-173.

[11] Alfredo Aguilera, Mario Vega, Pierre-Jean Méausoone. Effects of grain angle on the amplitudes of acoustic emission and surface roughness in wood machining [J]. Wood Science and Technology, 2007, 41(4): 373-381.

[12] Tanaka C, Nakao T, Nishino Y, et al. Detection of wear degree of cutting tool by acoustic emission signal [J]. Mokuzai Gakkaishi, 1992, 38(9): 841-846.

[13] 曹平祥. 木材切削过程中的声发射[J]. 木工机床, 1995, (2): 1-7.

[14] 刘艳,朱典想,陈治国. 木材过渡切削过程中的声发射特性研究 [J]. 木工机床,2008, (1): 7-10.

[15] 李喜孟. 无损检测[M]. 北京:机械工业出版社,2000.

(责任编辑 姜征,张一萍)