

新型木塑材料缺陷及损伤的声发射信号分析

王 军, 殷冬萌, 刘云飞

(南京林业大学信息科学技术学院, 南京 210037)

摘要: 综合新型木塑复合材料各类模式试样、源定位及信号的波形、常规参数、频谱、小波包最优树叶子节点能量谱等特征, 对主损伤区附近的声发射事件, 应用频谱分析和小波变换等信号处理手段提取特征参数, 确定不同缺陷及损伤模式所对应的声发射特征信号, 为日后进行神经网络模式识别奠定基础。由于新型木塑复合材料的声发射研究刚刚起步, 对该材料的声发射特征还有待进一步的分析, 常常需要借鉴其它复合材料的声发射检测结果, 这势必会带来一定的局限性及适用性问题。对新型木塑复合材料的声发射参数的定量化还有待于大量实验数据的积累和归纳分析。

关键词: 木塑复合材料; 声发射; 小波变换; 缺陷及损伤

中图分类号: TB556

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2008)-04-0497-04

Characteristic analysis of acoustic emission signals from the flaw and damage of new type wood-plastic composites

WANG Jun, YIN Dong-meng, LIU Yun-fei

(College of Informational Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Synthesizing all kinds of acoustic emission (AE) characteristics, such as mode samples, source location and signal waveform, general parameter, frequency spectrum, leaf node energy spectrum of the most excellent wavelet packet tree, the corresponding AE signals to different flaws and damages from main damage area of AE events are determined by using spectrum analysis, wavelet transform and other signal processing technique to extract characteristic parameters. These are the basis of pattern recognition with neural network in the near future. Due to AE study just now appearing for new type wood-plastic composites, the further analyses of AE characteristics need to be made, and the AE testing results from other composites need to be used for references, so some problems about localizability and applicability must be brought out. It is still necessary to have a lot of accumulating experiment data and concluding analyses for the quantification of AE characteristic parameters of new type wood-plastic composites.

Key words: wood-plastic composites; acoustic emission; wavelet transform; flaw and damage

1 引言

声发射, 又称应力波发射, 是材料局部源快速释放能量产生瞬态弹性波的现象。声发射技术作为一种新兴的动态无损检测技术在材料表征^[1]、构件结构完整性评价、运行及工业过程监视、地质学以及医学等方面都已有广泛的应用。其中, 在材料表征中

的应用包括对损伤的起点、次序、类型及质量的监控与评价。

新型木塑复合材料是一种主要由木材或者纤维素为基础材料, 经过适当处理使其与各种塑料通过不同的复合途径生成的高性能、高附加值的绿色环保复合材料。它作为一种环保型的新材料越来越受到了人们的重视。本研究所用的木塑复合材料采用稻糠粉、聚乙烯塑料、偶联剂等混合造粒并在高温下挤出成型, 该材料五种典型的缺陷及损伤模式为: 纤维断裂、界面分离、基材开裂、空洞和界面摩擦, 每一种均对应于可测的声发射源, 有不同形态的声发射信号与之对应。但不同的损伤模式通常以组合形式

收稿日期: 2007-08-14; 修回日期: 2007-12-08

基金项目: 南京林业大学“十五”人才基金(163070505)

作者简介: 王军(1964-), 男, 江苏南京人, 讲师, 研究方向为测试技术及信号处理。

通讯作者: 刘云飞, E-mail: lyf@njfu.com.cn

出现,其响应为瞬态随机信号,类别特征互相重叠,且又受介质的传播特性及传感器的转换特性的复杂影响,都加大了不同损伤模式的声发射信号的鉴别难度。

随着计算机技术和传感器技术的发展,声发射检测已由早期简单的参数分析发展到如今的波形分析^[24]。时域分析和频谱分析是获取声发射波形信息的重要方法^[5]。近年来,小波分析发展为信号处理的一种重要手段。它具有同时在时域和频域表征信号局部特征的能力,适合于分析含有瞬态现象的声发射信号。这里结合时域分析、谱分析及小波分析等方法对不同模式的声发射信号进行处理。

2 试验方法

实验采用 520mm×40mm×30mm、380mm×25mm×25mm 两种尺寸的试样,在三点弯曲的加载过程中采集声发射信号(见图 1)。声发射采集系统选用了美国 PAC 公司的 PCI-2 型采集系统,用两个 R15 型传感器组成线定位阵列方式,同时采集各个波击的波形。加载采用岛津万能力学实验仪,加载速度为 3mm/min。结合断口面的观察和电子扫描,对声发射信号进行分析。图 2 是损伤模式的照片,其中 2(b)、2(c)、2(d)为扫描电镜图片。

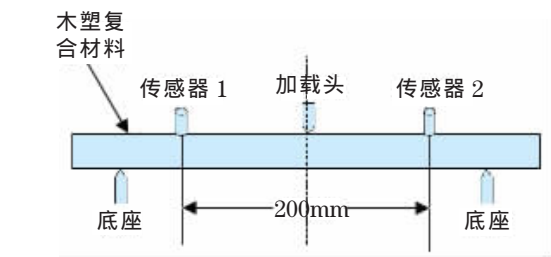


图 1 三点弯曲加载模型
Fig.1 The three-point flexural test model

3 采集与显示

将两传感器对称的置于加载头两端,间隔约 200mm。由实验结果知,声发射源主要集中在主损伤区或断裂部位。考虑到声源的位置、材料物理特性及波的传播对类别特征的复杂影响,将所有样本取自主损伤区宽 20mm 范围内的事件^[1]。针对五种典型的声发射源,筛选出五类样本数据集,并应用小波包消噪,得到各类别信号的典型图形,见图 3 (注:各信号是多种类别特征的叠加,右上角所标特征为其主导类别)。

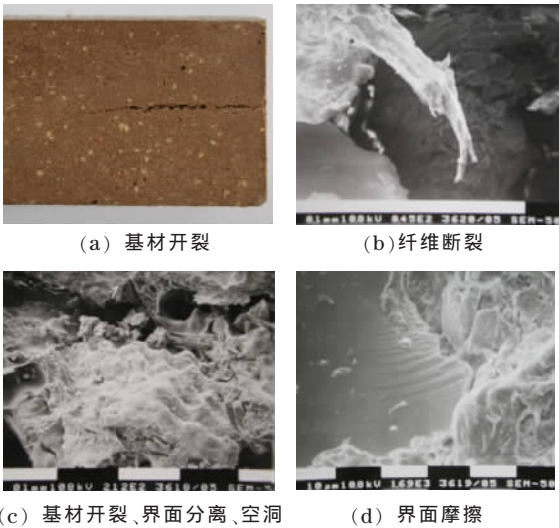
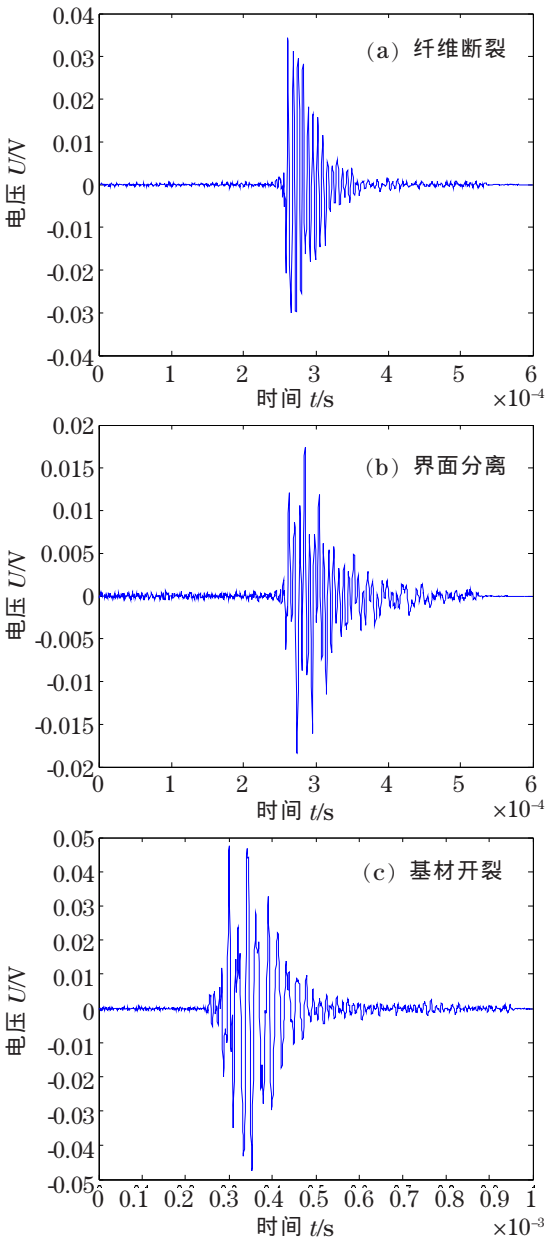


图 2 五种损伤模式
Fig.2 Five damage modes



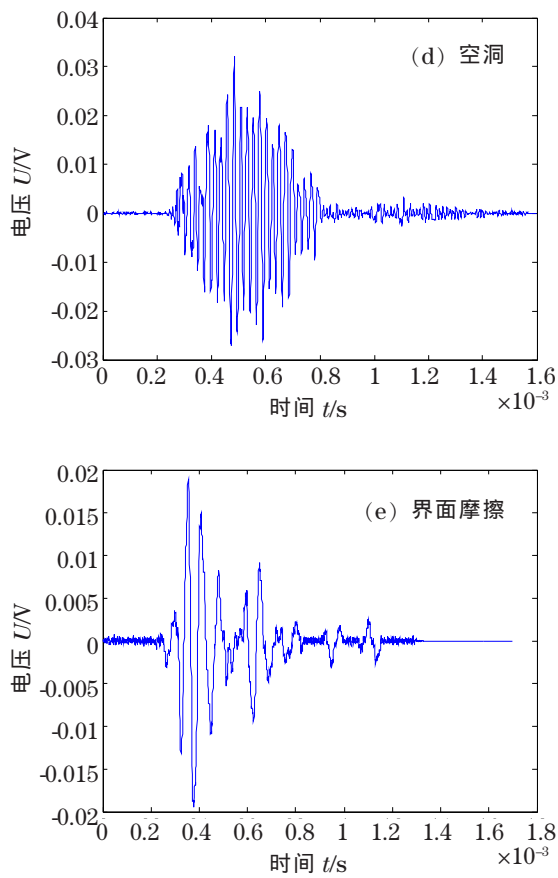


图 3 五种典型信号的时域图形
Fig.3 Five kinds of typical signals in time domain

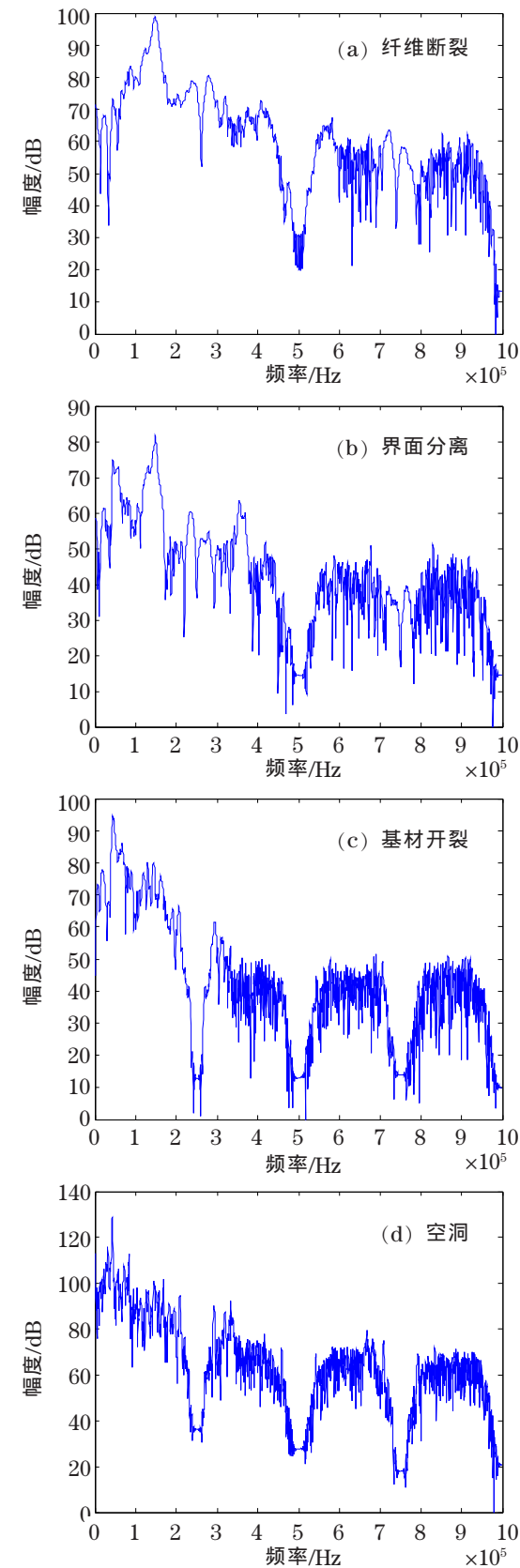
4 特征分析

图 4 为五类不同类别的频谱特征。图 5 为五类典型信号的最优小波树和各叶子节点的相对能量图。

由图 3、4、5 可知,纤维断裂信号波形为高频窄脉冲,以膨胀波模式为主,其频域很宽,最高可达到 420kHz,能量集中在大于 150kHz 的高频。界面分离信号波形为膨胀波和弯曲波模式的混合型,膨胀波模式占主导,其频域也相对较宽,最高可达到 380kHz,但受弯曲波成分的影响能量集中在小于 180kHz 的低频。基材开裂信号波形为弯曲波和膨胀波模式混合型,弯曲波模式占主导,与前两种波形相比其频域范围锐减,最高可达 200kHz,受膨胀波成分的影响能量大于 100kHz 时也有大量的分布。空洞信号波形为中低频弯曲波模式为主的中高幅度宽脉冲,频域范围不会超过 100kHz。界面摩擦信号波形为低频弯曲波模式为主的中低幅度宽脉冲,频域最窄,基本上在小于 50kHz 以内。

膨胀波和弯曲波属于兰姆波,因物体两平行表面

所限而形成的纵波与横波的组合波。在整个物体内传播时,质点作椭圆轨迹运动,按质点振动特点分为对称型(膨胀波)和非对称型(弯曲波)^[6]。从五种信号的波形特征可看出不同缺陷源质点振动方式的差异。



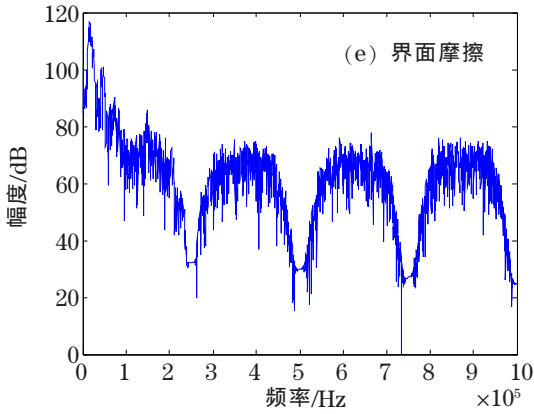


图 4 五种典型信号的频域图形

Fig.4 Five kinds of typical signal frequency spectrums

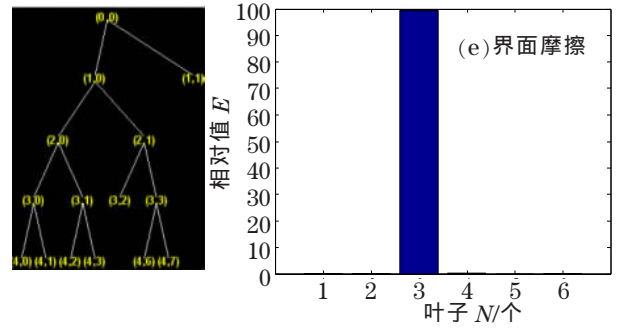


图 5 五类典型信号的最优小波树和各叶子节点相对能量图
Fig.5 Optimal wavelet trees and relative energies of five kinds of typical signals

5 结 论

综合各类模式试样、源定位及信号的波形、常规参数、频谱、小波包最优树叶子节点能量谱等特征,可确定不同损伤机制所对应的声发射信号特征,为日后进行神经网络模式识别提供模式样本。

由于新型木塑复合材料的声发射研究刚刚起步,对该材料的声发射特征还有待进一步的分析。因而在进行本项目研究时,常常需要借鉴其他复合材料的声发射检测结果,这势必会带来一定的局限性及适用性问题。对新型木塑复合材料的声发射参数的定量化还有待于大量实验数据的积累和归纳分析。

参 考 文 献

- [1] 王健, 金周庚, 刘哲军. C/E 复合材料声发射信号小波分析及人工神经网络模式识别[J]. 宇航材料工艺, 2001, (1): 49-57. WANG Jian, JING Zhongeng, LIU Zhejun. Wavelet analysis and pattern recognition of acoustic emission signals from C/E composites [J]. Aerospace Materials & Technology, 2001, (1): 49-57.
- [2] Reiterer A, Stanzl-Tschegg S E, Tschegg E K. Mode I fracture and acoustic emission of softwood and hardwood. [J]. Wood Science and Technology, 2000, 34: 417-430.
- [3] 张平, 施克仁, 耿荣生, 等. 小波变换在声发射检测中的应用 [J]. 无损检测, 2002, 24(10): 436-442. ZHANG Ping, SHI Keren, GENG Rongsheng, et al. Application of wavelet transform to acoustic emission testing [J]. Nondestructive Testing, 2002, 24(10): 436-442.
- [4] 徐长发, 李国宽. 实用小波方法[M]. (第二版). 武汉: 华中科技大学出版社, 2004. XU Changfa, LI Guokuang. Practical wavelet method[M]. (2th edition), Wuhan: Huazhong University of Science & Technology Press, 2004.
- [5] 陈玉华, 刘时风, 耿荣生, 等. 声发射信号的谱分析和相关分析[J]. 无损检测, 2002, 24(9): 395-399. CHEN Yuhua, LIU Shifeng, GENG Rongsheng, et al. Spectral and correlation analysis of acoustic emission signals[J]. Nondestructive Testing, 2002, 24(9): 395-399.
- [6] 袁振民. 声发射检测[M]. 北京: 国防工业出版社, 1981. YUAN Zhenmin. Acoustic emission testing[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1981.

