

EVAC 拉伸损伤过程的声发射特性研究

王从科 张 霞 吕秀莲 凡丽梅

(中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031)

摘要 采用声发射(AE)参数分析和数据聚类、判别分析技术研究了乙烯-乙酸乙烯酯塑料(EVAC)拉伸损伤过程, 确定了 EVAC 拉伸损伤过程中不同损伤阶段的 AE 特性, 并对不同损伤类型的 AE 特征进行了表征。

关键词 声发射 乙烯-乙酸乙烯酯塑料 拉伸损伤 聚类分析 判别分析

为了研究乙烯-乙酸乙烯酯塑料(EVAC)损伤过程的声发射(AE)特性, 弄清基体微观裂纹和宏观开裂两种损伤类型的 AE 特征, 笔者在采用 AE 数据分析处理常用方法如 AE 参数分析、断口形貌分析的同时, 将数据统计中的聚类分析、判别分析两种方法应用到 AE 试验数据分析处理中。

聚类分析、判别分析是一种数据统计处理方法。聚类分析是研究分类的一种多元统计方法, 它是根据已有的数据, 计算各观察个体或变量之间的亲疏关系的统计量(距离或相关系数), 根据某种准则(最短距离法、最长距离法、中间距离法、中心法), 使同一类内的差别最小, 而类与类之间的差别较大, 最终将观察个体或变量分为若干类。判别分析是根据已有的分类信息, 得出体现这种分类的函数关系式, 利用判别函数对未知样品进行分类^[1]。

在 EVAC AE 试验数据的统计分析中选择幅度、振铃计数、上升时间、持续时间和平均频率这五个指标作为 AE 信号的指标参数, 根据最短距离法将 EVAC AE 数据通过聚类分析分为两类。根据聚类分析的结果, 通过判别分析得出基体微观裂纹和宏观开裂的判别函数式, 利用判别函数对试验数据进行分类, 确定了基体微观裂纹和宏观开裂的特征。

1 实验部分

1.1 原材料

EVAC: VA800, 韩国湖南石化公司。

1.2 主要仪器、设备

多通道声发射仪: DISP-4 型, 美国 PAC 公司;

传感器: R15 型, 美国 PAC 公司;

电子拉力试验机: T-10A 型, 深圳瑞格尔仪器有限公司;

扫描电子显微镜(SEM): QUANTA 200, 美国 FEI 公司。

1.3 实验方法及条件

按 GB/T 3362-2005 制备 EVAC 试样, 将试样

安装到电子拉力试验机的加载装置上, 用橡皮带将两个 AE 传感器固定在试样一侧, 传感器和试样之间用凡士林耦合, 然后将传感器与 AE 仪连接, AE 试验示意图见图 1。

AE 试验参数: 检测门槛 25 dB; PDT 40 μ s; HDT 80 μ s; HLT 120 μ s; 频率范围 100 ~ 400 kHz; 传感器谐振频率 150 kHz; 前置放大器增益 40 dB; 传感器间距 80 mm; 加载速度 50 mm/min; 定位方式为线定位; 拉伸试验将试样一次拉断。

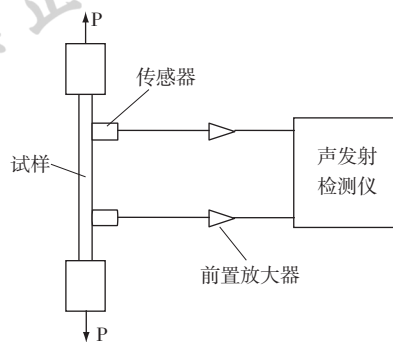


图 1 AE 试验示意图

2 结果与讨论

2.1 拉伸断裂过程的 AE 参数分析^[2]

EVAC 拉伸断裂的 AE 特性试验共进行了三次有效试验。现以 1[#]试样的试验结果进行讨论。

图 2 为 EVAC 试样(1[#]试样)拉伸断裂后的照片, 图 3 为 EVAC 试样拉伸断口的 SEM 照片, 图 4 为 EVAC 试样直接拉伸断裂过程负荷、AE 幅度-时间曲线, 图 5 为 AE 参数-时间历程图及 AE 参数关系图。

从图 2 和图 3 可以看出, EVAC 试样拉伸断裂属于韧性断裂, 断裂伸长率很大, 存在明显的“颈缩”现象。

从图 4 可以看出, EVAC 整个拉伸断裂过程产

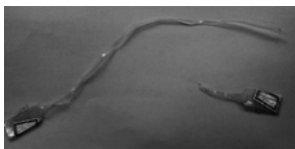


图2 EVAC 试样拉伸断裂照片

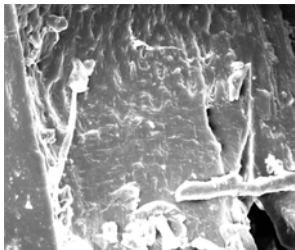


图3 EVAC 试样拉伸断口的 SEM 照片

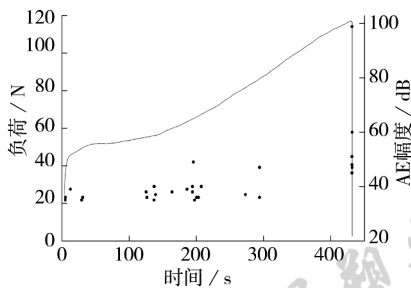


图4 EVAC 直接拉伸时负荷、AE 幅度-时间曲线

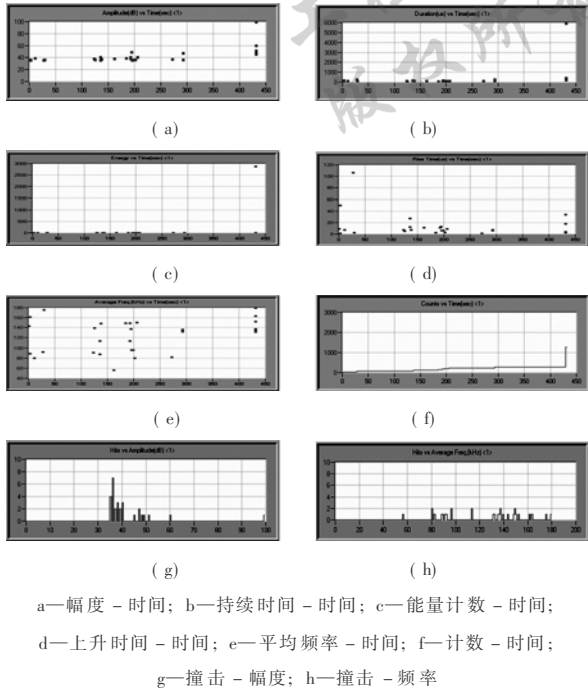


图5 EVAC 直接拉伸时 AE 参数-时间历程图和 AE 参数关系图

生的 AE 信号较少, 试验中共采集 AE 信号 29 个。根据图 5a、5b、5c 中幅度、持续时间和能量计数的变化特性可以将整个损伤过程(AE 信号产生过程)分为三个阶段。

第一阶段 (0 ~ 1.34 s) 为损伤孕育阶段。材料原始缺陷受外部载荷作用而产生损伤, 没有幅度大于 25 dB 的 AE 信号产生。

第二阶段 (1.34 ~ 431.41 s) 为损伤累积发展阶段。其中 1.34 ~ 29.3 s 为损伤起始发展阶段, 该阶段主要对应拉伸曲线的弹性变化过程和屈服点, 产生损伤的原始缺陷变成了基体微裂纹, 开始产生 AE 信号的时间和载荷分别为 1.34 s 和 36.87 N(载荷比为 0.315), 此阶段共采集到 6 个 AE 信号, 信号幅度小于 40 dB。29.3 ~ 431.41 s 为损伤累积发展阶段, 该阶段对应拉伸曲线蠕变平台过程, 材料产生大的塑性变形, AE 信号主要来自于基体内部因塑性变形造成结构变化而产生的微裂纹扩展, 此阶段共采集到 17 个 AE 信号。

从图 5a、5b 可以看出, 损伤累积发展阶段产生的 AE 信号幅度主要集中在 35 ~ 50 dB, 信号持续时间小于 300 μs。

第三阶段(431.41 s ~ 断裂) 为失稳破坏阶段。随着基体微裂纹的不断产生和扩展, 损伤能量不断积累, 在 431.41 s、最大载荷的 0.990 时出现持续时间为 5914 μs、幅度 99 dB 的 AE 信号后, EVAC 试样因损伤能量积累到极限发生失稳性破坏(在基体“颈缩”最严重的部位发生突然断裂), 从图 5c 可以看出, Energy 计数出现峰值, 该阶段共采集到 6 个 AE 信号。其中幅度 99 dB、持续时间 5914 μs 的 AE 信号为 EVAC 断裂信号。

对 1[#]试样的试验数据进行简单数学统计发现(从图 5 也可以看出), 直接拉伸断裂过程中的约占全部信号 97% 的 AE 信号幅度集中在 35 ~ 59 dB、持续时间和上升时间分别不大于 300 μs 和 40 μs、信号平均频率集中在 80 ~ 160 kHz。

2.2 不同损伤类型的 AE 特征参数表征

树脂基体的损伤类型一般分为微观裂纹和宏观开裂两种^[3], 为了区分 EVAC 微观裂纹和宏观开裂两种损伤类型的 AE 特征, 我们以采集了 29 个 AE 信号的 1[#]试样的数据为例进行聚类分析、判别分析。

首先采用 SPSS 软件选择 K - Means 聚类方法对 1[#]试样的 AE 数据进行聚类分析, 得到 EVAC 微观裂纹和宏观开裂的分类结果及两种损伤类型对应的 AE 特征值(聚类中心值), 见表 1。接着对表 1 的分类数据进行判别分析, 得到 EVAC 微观裂纹和宏观开裂的判别函数式, 见式(1)。

表 1 EVAC 两种损伤类型的 AE 特征值(聚类中心值) 和分类结果

损伤类型	幅度 /dB	振铃计数 /个	上升时间 /s	持续时间 /μs	平均频率 /kHz	分类结果 撞击 /次
微观裂纹	40	17	13	138	123	28
宏观开裂	99	809	18	5914	137	1

$$P = 0.024R + 0.002D - 0.209A + 0.011F + 6.524$$

(1)

式中: P ——损伤类型判别值;

R ——上升时间;

D ——持续时间;

A ——幅度;

F ——平均频率。

从表 1 可以看出 EVAC 两种损伤类型的主要特征:微观裂纹的 AE 特征是 AE 信号幅度低、上升时间和持续时间短、振铃计数小、平均频率较低,宏观开裂 AE 特征是 AE 信号幅度高、上升时间和持续时间长、振铃计数大、平均频率较大。

根据式(1)可以对 AE 数据进行判别分析,确定不同的损伤类型。

由于 AE 信号幅度和持续时间是表征损伤类型的主要参数^[3-4],因此采用这两个 AE 特征参数对树脂微观裂纹和树脂宏观开裂进行表征。

根据式(1)对 EVAC 试样三次有效试验得到的 AE 试验数据进行判别分析,并且只统计分类数据中信号幅度和持续时间两个参数,结果见表 2。由表 2 得出树脂微观裂纹和宏观开裂的 AE 特征值,见表 3。

3 结论

(1) EVAC 试样拉伸断裂过程 AE 信号的产生

表 2 EVAC 试样 AE 试验数据

撞击 /次	微观裂纹			宏观开裂		
	撞击 /次	幅度 /dB	持续时间 /μs	撞击 /次	幅度 /dB	持续时间 /μs
29	28	35 ~59	31 ~228	1	99	5914
23	22	35 ~55	14 ~459	1	99	5739
21	20	35 ~52	66 ~371	1	99	5571

表 3 EVAC 试样典型损伤类型的 AE 特征值

损伤类型	幅度 /dB	最大持续时间 /μs
微观裂纹	≤ 59	≤ 459
宏观开裂	≥ 99	≥ 5571

一般可分为损伤孕育、损伤累积发展和失稳破坏三个阶段,在整个拉伸断裂过程中树脂基体微观裂纹产生的 AE 信号占主导地位。树脂基体微观裂纹产生的 AE 信号约占全部信号的 97%,它们的信号幅度集中在 35 ~ 59 dB、信号平均频率集中在 80 ~ 160 kHz。

(2) EVAC 微观裂纹产生 AE 信号的特征是幅度不大于 59 dB、持续时间不大于 459 μs,宏观开裂产生 AE 信号的特征是幅度不小于 99 dB、持续时间不小于 5571 μs。

(3) 采用数据聚类、判别分析技术可有效对不同损伤类型的 AE 特征进行表征。

参考文献

[1] 苏金明. MATLAB 工程数学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[2] 王从科, 李金鹿, 李根臣, 等. 环氧树脂拉伸损伤过程的声发射特性研究[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(11) : 61 - 64.

[3] 杨明伟. 声发射检测[M]. 北京. 机械工业出版社, 2005.

[4] 金周庚. 碳/环氧复合材料声发射检测方法研究[R]. HT920098, 北京: 航天部, 1992.

STUDY ON ACOUSTIC EMISSION CHARACTERISTICS OF TENSILE DAMAGE PROCESSES IN EVAC RESIN

Wang Congke, Zhang Xia, Lü Xiulian, Fan Limei
(CNGC Institute 53, Jinan 250031, China)

ABSTRACT Tensile damage processes in EVAC resin was studied by analysis of acoustic emission parameter, clustering and discriminance. The acoustic emission characteristics of different damage phases was defined, the acoustic emission parameters of different damage types were obtained.

KEYWORDS acoustic emission, EVAC, tensile damage, clustering, discriminance

超高分子量聚乙烯钢骨架增强复合管通过鉴定

泰州市聚乙烯钢骨架增强复合管通过鉴定,超高分子量聚乙烯钢骨架增强复合管,其综合性能优良,承压能力高达 10MPa。聚乙烯钢骨架增强复合管广泛应用于石油、化工、煤矿、矿山、热电、航道疏浚等众多行业,超高分子量聚乙烯

钢骨架增强复合管显现出独特优势和广阔的市场前景。

超高分子量聚乙烯钢骨架增强复合管具有耐硫化氢、二氧化碳、氯离子,以及酸、碱、有机溶剂等介质腐蚀,冲击强度是高密聚乙烯的 5 倍、耐磨能力是碳钢的 7 倍、而且抗结垢、低摩阻、耐低温等特点。
(互联网)