



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118392646 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 26

(21) 申请号 202410455605.3

(22) 申请日 2024.04.16

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 戴兰宏 盛冬林 张洧菡 李统  
陈艳 汪海英

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
专利代理师 席卷

(51) Int. Cl.  
G01N 3/06 (2006.01)

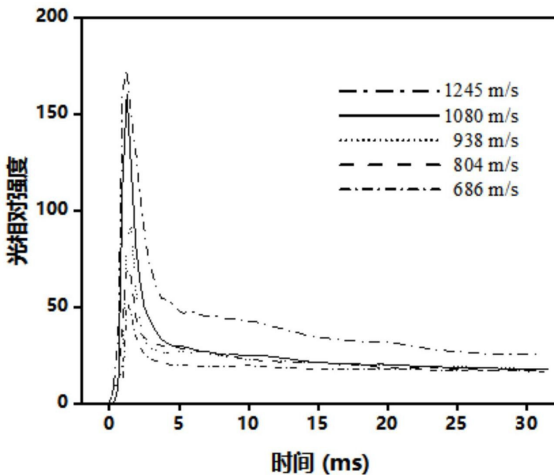
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法

(57) 摘要

本发明公开了活性材料冲击释能技术领域的一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,包括以下步骤:使用弹道枪将多个相同尺寸的待测材料以不同的冲击速度发射进入反应罐;用高速摄影机记录多个待测材料冲击反应罐过程中的图像;对摄影图像进行处理,获得待测材料在每个冲击速度下平均灰度值随时间变化的曲线;若曲线中的平均灰度值的峰值越高,则表明待测材料的释放的能量越大;若曲线中的平均灰度值的峰值前后的低位值间隔时间越小,则表明待测待料的能量释放速度越快。



1. 一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,其特征在于,包括以下步骤:  
使用弹道枪将多个相同尺寸的待测材料以不同的冲击速度发射进入反应罐;  
用高速摄影机记录多个待测材料冲击反应罐过程中的图像;  
对图像进行处理,获得待测材料在每个冲击速度下平均灰度值随时间变化的曲线;  
若曲线中的平均灰度值的峰值越高,则表明待测材料的释放的能量越大;  
若曲线中的平均灰度值的峰值前后的低位值间隔时间越小,则表明待测待料的能量释放速度越快。

2. 根据权利要求1所述的一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,其特征在于,

所述高速摄影机拍摄时间区间为:待测材料即将冲击反应罐到待测材料的能量完全释放完毕。

3. 根据权利要求1所述的一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,其特征在于,图像的处理是使用matlab编程进行图像处理。

4. 根据权利要求1所述的一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,其特征在于,

待测材料的冲击速度在600m/s~1500m/s之间。

5. 根据权利要求2所述的一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,其特征在于,

所述待测材料为TiZrHfNbAl高熵合金。

6. 根据权利要求3所述的一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,其特征在于,

所述待测材料尺寸为 $\Phi 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 。

## 一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及活性材料冲击释能技术领域,具体涉及一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法。

### 背景技术

[0002] 含能结构材料是一种集优异的力学性能和良好的能量释放特性(活性)于一体的多功能材料。

[0003] 在常温常压下,含能结构材料呈现惰性并具有一定的力学强度;而在高应变率的冲击载荷下,可诱发含能结构材料的组分之间或者组分与氧气发生化学反应,发生燃烧甚至爆炸现象,释放出大量的能量。

[0004] 由于动能损伤与化学能释放的额外损伤组合,含能结构材料在反应破片,聚能装药,弹道侵彻等军事领域有着广泛的应用前景。

[0005] 因此,如何低成本,高效的评价活性材料的释能特性具有重要价值。

[0006] 评价活性材料的释能特性的传统评价方式是由Ames于2005提出的直接弹道法冲击释能试验,主要步骤是:首先准备一个体积为27L的钢罐,由薄钢板盖住,然后使活性材料在一定速度下穿透薄板,发射入钢罐中撞击引发化学反应,测量反应罐内的准静态压力,然后通过式(1)获得活性材料的能量释放值:

$$[0007] \quad \Delta P = \frac{\gamma - 1}{V} \Delta E \quad (1)$$

[0008] 其中, $\Delta P$ 为读取的准静态超压值, $\gamma$ 为空气比热比,大小通常可取1.4, $V$ 为反应罐体积。

[0009] 目前,在已发表的文献中可以找到许多该评价方法的应用,也有针对反应罐外形等作出的改进,一定程度上对活性材料的冲击释能特性进行了评价。

[0010] 然而,原始方法推导出的式(1)要求反应罐体积足够大,这样才能忽略反应罐内氧气的消耗。

[0011] 且,由于穿透前板时,提前反应的材料不会对反应罐内准静态超压有贡献,因此,准静态超压值严重依赖于前板材料与厚度的选择,造成了测量结果的不可靠。

[0012] 此外,通常的爆燃过程只有几毫秒,而测量准静态超压值需要反应罐内温度达到稳定值,热传递的特征时间大约在100毫秒左右,远大于爆燃过程时间。

[0013] 因此使用传统测试方法虽然能对能量释放给出定量的特征,但是无法对能量释放速度给出评价。

[0014] 综上,传统的活性材料的释能特性评价方式需要的反应罐体积较大,准静态超压值严重依赖于前板材料与厚度的选择,造成了测量结果的不可靠,并且无法对能量释放速度给出评价。

## 发明内容

[0015] 本发明的目的在于提供一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,以解决现有技术中活性材料的释能特性评价方式需要的反应罐体积较大,准静态超压值严重依赖于前板材料与厚度的选择,造成了测量结果的不可靠,并且无法对能量释放速度给出评价的技术问题。

[0016] 为解决上述技术问题,一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,包括以下步骤:

[0017] 使用弹道枪将多个相同尺寸的待测材料以不同的冲击速度发射进入反应罐;

[0018] 用高速摄影机记录多个待测材料冲击反应罐过程中的图像;

[0019] 对摄影图像进行处理,获得待测材料在每个冲击速度下平均灰度值随时间变化的曲线;

[0020] 若曲线中的平均灰度值的峰值越高,则表明待测材料的释放的能量越大;

[0021] 若曲线中的平均灰度值的峰值前后的低位值间隔时间越小,则表明待测材料的能量释放速度越快。

[0022] 作为本发明的一种优选方案,所述高速摄影机拍摄时间区间为:待测材料即将冲击反应罐到待测材料的能量完全释放完毕。

[0023] 作为本发明的一种优选方案,摄影图像的处理是使用matlab编程进行图像处理。

[0024] 作为本发明的一种优选方案,待测材料的冲击速度在600m/s ~ 1500m/s之间。

[0025] 作为本发明的一种优选方案,所述待测材料为TiZrHfNbAl高熵合金。

[0026] 作为本发明的一种优选方案,所述待测材料尺寸为 $\Phi 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 。

[0027] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:

[0028] 相较于传统的评价方式,本发明中的评价方法,无需测量读取准静态超压值,即不依赖于前板材料与厚度的选择;而是使用高速摄影结合图像处理的方法可以将定性的能量释放引起的发光定量表征,用于评价材料能量释放的大小,减少了变量,使测量结果可靠。

[0029] 并且,由于光信号的传递时间远小于爆燃过程特征时间,可以在没有时间延迟的情况下对能量释放的速度给出评价。

## 附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0031] 图1为本发明实施例中多个待测材料的冲击速度图表;

[0032] 图2为本发明实施例中多个待测材料在冲击过程中光的相对强度随时间变化的示意图;

[0033] 图3为本发明实施例中图像处理的程序及方法图。

## 具体实施方式

[0034] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完

整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0035] 一种基于图像处理的评价活性材料冲击释能的方法,包括以下步骤:

[0036] 使用弹道枪将多个相同尺寸的待测材料以不同的冲击速度发射进入反应罐;

[0037] 用高速摄影机记录多个待测材料冲击反应罐过程中的图像;

[0038] 对摄影图像进行处理,获得待测材料在每个冲击速度下平均灰度值随时间变化的曲线;

[0039] 若曲线中的平均灰度值的峰值越高,则表明待测材料的释放的能量越大;

[0040] 若曲线中的平均灰度值的峰值前后的低位值间隔时间越小,则表明待测待料的能量释放适度越快。

[0041] 灰度值是指黑白图像中每个像素的亮度级别,通常以0到255的数字范围来表示。在这个范围内,0代表黑色,255代表白色,而中间的数字则代表不同的灰度级别。灰度值越高,颜色越接近白色,同时亮度越高。

[0042] 相较于传统的评价方式,本发明中的评价方法,无需测量读取准静态超压值,即不依赖于前板材料与厚度的选择;而是创造性的使用高速摄影结合图像处理的方法可以将定性的能量释放引起的发光定量表征,用于评价材料能量释放的大小,减少了变量,使测量结果可靠。

[0043] 并且,由于光信号的传递时间远小于爆燃过程特征时间,可以在没有时间延迟的情况下对能量释放的速度给出评价。

[0044] 综上,本发明构思巧妙,基于多种冲击速度下的高速摄影试验数据,可以准确高效的获得活性材料冲击释能特性。

[0045] 需要强调的是,一般来说,发光越亮只能表征能量释放越多,无法定量分析发光强度。现有技术中为了评价能量释放大小,一般是将释能大小与温度建立联系,温度再与气压建立联系,通过气压的测量来反应释能,这种方法转换了多次物理量,误差较大,并且多个物理过程的转换导致释能时序特征与原本的对不上。

[0046] 而本发明使用高速摄像结合图像处理的方法可以利用发光强度定量表征释能特性。

[0047] 进一步地,为了提高为了提高摄影图像中有效图像(待测材料释能时的图像)的比例,减少图像处理过程中无效图像带来的噪声干扰。

[0048] 本发明中所述高速摄影机拍摄时间区间为:待测材料即将冲击反应罐到待测材料的能量完全释放完毕。

[0049] 本方案本身对待测材料的冲击速度没有要求,但工程实际应用时,待测材料的冲击速度在600m/s~1500m/s之间。

[0050] 因此,本发明中五次冲击实验中冲击速度分别设定为686m/s、804m/s、938m/s、1080m/s、1245m/s。

[0051] 高熵合金由于多主元的特性,在材料设计方面具有可调控的巨大优势,在含能结构材料领域具有广阔情景,受到越来越大的关注,下面以TiZrHfNbAl高熵合金为待测材料,对本发明的评价方法做进一步地解释说明。

[0052] 使用弹道枪将特定尺寸,例如 $\Phi 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的5个待测材料以不同的速度分别发射入27L体积的反应罐。

[0053] 使用高速摄影记录多个待测材料冲击反应罐过程中的图像。

[0054] 5个待测材料的速度如图1所示。

[0055] 对图像进行处理,获得5个待测材料在对应速度下平均灰度值随时间变化的曲线。

[0056] 图像处理是使用matlab编程进行图像处理,代码及方法如图3所示:

```
clc;
clear;
i = 0;
begin = 1;
final = 500; % 选取照片 1 到 500 张
gray_sum = zeros(final-begin, 1); % 初始化数组
each = zeros(final-begin, 5); % 记录每组实验灰度值随时间变化
for j = 1:5 % 选取 1 到 5 组实验
    i = i + 1;
[0057] for kk = begin:final % 选取 1 到 500 张照片
        image_name = ['./', num2str(j), '/', num2str(kk), sprintf('%06d',kk), '.jpg']; % 索引照片路径
        image = imread(image_name); % 读取照片
        image_gray = rgb2gray(image); % 读取照片灰度值
        gray_sum(kk) = mean(image_gray, 'all'); % 求取灰度值平均值
        each(kk,i) = gray_sum(kk); % 暂时保存每组实验的灰度值
    end
    figure(j), plot(gray_sum); % 每组实验作图
end
```

[0058] 最终得出结果如图2所示,可以看到TiZrHfNbAl高熵合金的能量基本在5ms内释放完毕,最高灰度值,即光相对亮度值在170左右。

[0059] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

材料	速度 /m·s <sup>-1</sup>
TiZrHfNbAl	686
TiZrHfNbAl	804
TiZrHfNbAl	938
TiZrHfNbAl	1080
TiZrHfNbAl	1245

图1

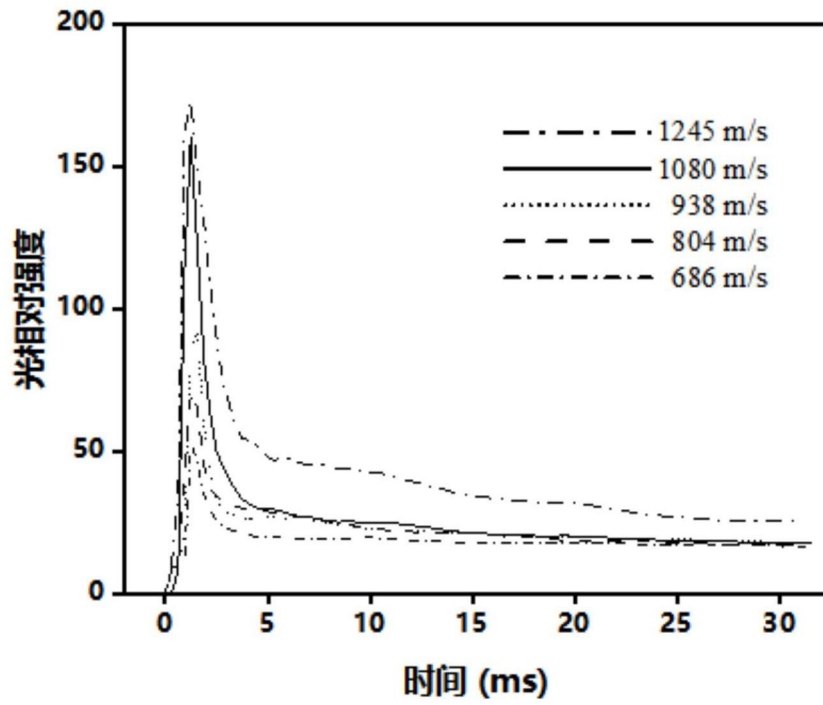


图2

```
clc;
clear;
i = 0;
begin = 1;
final = 500;    % 选取照片 1 到 500 张
gray_sum = zeros(final-begin, 1);    % 初始化数组
each = zeros(final-begin, 5);    % 记录每组实验灰度值随时间变化
for j = 1:5    % 选取 1 到 5 组实验
    i = i + 1;
    for kk = begin:final    % 选取 1 到 500 张照片
        image_name = ['./', num2str(j), '/', num2str(j), sprintf('%06d',kk), '.jpg'];    % 索引照片路径
        image = imread(image_name);    % 读取照片
        image_gray = rgb2gray(image);    % 读取照片灰度值
        gray_sum(kk) = mean(image_gray, 'all');    % 求取灰度值平均值
        each(kk,i) = gray_sum(kk);    % 暂时保存每组实验的灰度值
    end
end
figure(j), plot(gray_sum);    % 每组实验作图
end
```

图3