



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112874024 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 05

(21) 申请号 202110003083.X

审查员 陈根宝

(22) 申请日 2021.01.04

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112874024 A

(43) 申请公布日 2021.06.01

(73) 专利权人 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 刘文峰 宋宏伟 黄晨光

(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

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

B32B 3/08 (2006.01)

B32B 33/00 (2006.01)

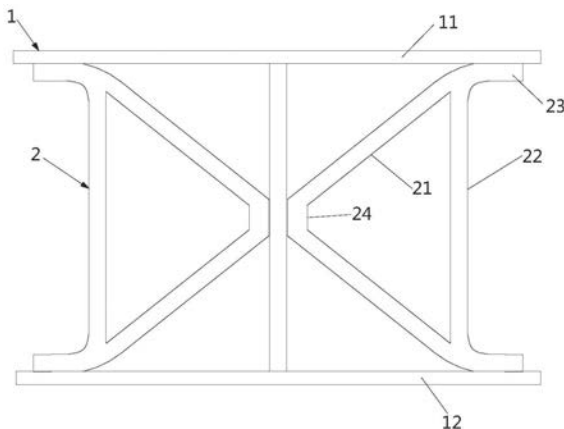
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种低密度条件下高比吸能点阵构型

(57) 摘要

本发明提供一种低密度条件下高比吸能点阵构型,包括由上面板和下面板构成的支撑板;点阵芯材,安装在上面板和下面板之间,包括两件结构一致的X形杆件,每件X形杆件包括两根正交连接的斜杆,和分别位于连接点两侧张开端内的支撑杆,斜杆的两端形成与上面板和下面板接触的固定端,两件X形杆件通过两根斜杆的连接点正交卡接。本发明在面外压缩载荷作用下,点阵杆件保持面内变形模式,中心节点处杆件密度逐渐增大,杆件之间的摩擦与挤压作用进一步的提升了点阵结构峰后的承载能力,避免了压缩过程中杆件变形带来的承载能力的快速下降,并能够以较高的平台载荷平稳的吸收冲击带来的动能。



1. 一种低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,包括,支撑板,包括上面板和下面板;

点阵芯材,安装在上面板和下面板之间,包括两件结构一致的X形杆件,每件X形杆件包括两根正交连接的斜杆,和分别位于连接点两侧张开端内的支撑杆,斜杆的两端通过弧形弯曲段向水平方向延伸,形成与上面板和下面板接触的固定端,且支撑杆与斜杆的连接处位于弧形弯曲段处,两件X形杆件通过两根斜杆的连接点正交卡接,支撑杆垂直于上面板和下面板;

点阵构型在受力时,首先在X形杆件四个端部的固定段处产生塑性铰,随后四根支撑杆因弧形弯曲段的影响,同时向内弯曲并与两根斜杆的内侧边相接触;

随着变形的增大,胞元中心节点处的材料聚集越明显,与负泊松比材料压缩过程中整体的收缩变形不同。

2. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述X形杆件两侧的支撑杆位置对称,且所述斜杆和所述支撑杆为一体式结构。

3. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述上面板和下面板的壁厚为所述X形杆件厚度的1/2。

4. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述固定端与所述支撑杆之间的夹角为弧形夹角。

5. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述固定段的长度为所述斜杆宽度的两倍。

6. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述斜杆和所述支撑杆的截面为尺寸一致的正方形。

7. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述X形杆件上连接点与所述支撑杆相对的夹角为与所述支撑杆平行的加固段。

8. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,

其中一件所述X形杆件的相交点上设置有开口朝向上方的凹槽,另一件所述X形杆件的相交点上设置有开口朝向下方的凹槽,两件所述X形杆件通过两个凹槽相互卡接后连接在一起。

9. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述X形杆件与所述上面板和下面板之间采用粘接方式固定连接。

10. 根据权利要求1所述的低密度条件下高比吸能点阵构型,其特征在于,所述点阵芯板的密度为 $7.8 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ 。

一种低密度条件下高比吸能点阵构型

技术领域

[0001] 本发明涉及轻质吸能结构领域,特别是涉及一种低密度条件下利用压缩过程中点阵结构杆件间的相互作用,来降低载荷峰后弱化现象的高比吸能点阵结构。

背景技术

[0002] 轻质吸能结构可以应用于各种防护结构,如汽车、防护门等,实现低密度条件小的高比吸能一直以来都是轻质吸能结构所追寻的一个目标。目前的高比吸能点阵结构对于拉压主导点阵结构来说,严重的峰后弱化现象是其不利于吸能的主要原因,提升吸能效率的一个主要方法便是在适当降低峰值载荷的前提下显著降低峰后弱化现象。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种低密度条件下利用压缩过程中点阵结构杆件间的相互作用,来降低载荷峰后弱化现象的高比吸能点阵结构。

[0004] 具体地,本发明提供一种低密度条件下高比吸能点阵构型,包括,

[0005] 支撑板,包括上面板和下面板;

[0006] 点阵芯材,安装在上面板和下面板之间,包括两件结构一致的X形杆件,每件X形杆件包括两根正交连接的斜杆,和分别位于连接点两侧张开端内的支撑杆,斜杆的两端通过弧形弯曲段向水平方向延伸,形成与上面板和下面板接触的固定端,且支撑杆与斜杆的连接处位于弧形弯曲段处,两件X形杆件通过两根斜杆的连接点正交卡接,支撑杆垂直于上面板和下面板。

[0007] 相比于传统的点阵结构,本发明通过X形杆件与上下面板连接处的圆弧倒角设置,可将传统点阵结构拉压主导的变形模式转变为弯曲主导的变形模式,在面外压缩载荷作用下,点阵芯材保持面内变形模式,即支撑杆向内弯曲后与斜杆接触,中心节点处杆件密度逐渐增大,杆件之间的摩擦与挤压作用进一步的提升了点阵结构峰后的承载能力,避免了压缩过程中杆件变形带来的承载能力快速下降问题,并能够以较高的平台载荷平稳的吸收冲击带来的动能。

附图说明

[0008] 图1是本发明一个实施方式的点阵构型示意图;

[0009] 图2是本发明一个实施方式的点阵构型受压时的变形过程示意图;

[0010] 图3是本发明一个实施方式的点阵构型的面外压缩实验应力应变曲线图;

[0011] 图4是本发明一个实施方式的X形构件结构示意图。

具体实施方式

[0012] 以下通过具体实施例和附图对本方案的具体结构和实施过程进行详细说明。

[0013] 如图1所示,在本发明的一个实施方式中,公开一种低密度条件下高比吸能点阵构

型,以下说明是以其中一个点阵作为示例进行说明的,构成整个构型中的所有点阵结构一致且相互独立。

[0014] 具体的点阵构型包括由上面板11和下面板12形成上下两个表面的支撑板1,和安装在上面板11和下面板12之间的点阵芯材。

[0015] 该支撑板1作为点阵构型的内表面和外表面,可以是平面或是弧形,多个相互独立的点阵芯材安装在两者之间,形成吸能层。

[0016] 该点阵芯材安装在上面板11和下面板12之间,包括两件结构一致的X形杆件2,每件X形杆件2包括两根正交连接的斜杆21,和分别位于连接点两侧张开端内的支撑杆22,斜杆21的两端通过弧形弯曲段向水平方向延伸,形成与上面板11和下面板12接触的固定段23,且支撑杆22与斜杆21的连接处位于弧形弯曲段处,两件X形杆件2通过两根斜杆21的连接点正交卡接,形成一个在空间上相互间隔90度均匀分布的支撑点阵,连接后的支撑杆22垂直于上面板11和下面板12。

[0017] 如图2所示,本实施方式的点阵构型在受力时,首先在X形杆件2四个端部的固定段23处产生塑性铰,随后四根支撑杆22因弧形弯曲段的影响,同时向内弯曲并与两根斜杆21的内侧边相接触,出现类似负泊松比变形的现象。随着变形的增大,胞元中心节点处的材料聚集越明显,与负泊松比材料压缩过程中整体的收缩变形不同,该点阵构型的类似现象仅出现在点阵胞元内。根据图3所示该弯曲主导点阵构型的压缩应力应变曲线可以看出,应力在达到峰值之后并没有出现明显的峰后弱化,平台应力保持相对稳定直至结构发生致密化变形。

[0018] 相比于传统的点阵结构,本实施方式通过X形杆件与上下面板连接处的圆弧倒角设置,可将传统点阵结构拉压主导的变形模式转变为弯曲主导的变形模式,在面外压缩载荷作用下,点阵芯材保持面内变形模式,即支撑杆向内弯曲后与斜杆接触,中心节点处杆件密度逐渐增大,杆件之间的摩擦与挤压作用进一步的提升了点阵结构峰后的承载能力,避免了压缩过程中杆件变形带来的承载能力快速下降问题,并能够以较高的平台载荷平稳的吸收冲击带来的动能。

[0019] 在本发明的一个实施方式中,X形杆件2上连接点与支撑杆22相对的夹角为与支撑杆22平行的加固段24。即两根斜杆21的夹角不是锐角而是平面,该结构可使斜杆21被挤压时,增加连接点处的抗压能力,以避免先于支撑杆22变形。此外,采用加固段24后,增大了连接点的面积,更方面在连接处设置两个X形杆件2相互连接的卡接结构。

[0020] 进一步地,同一个X形杆件2上的斜杆21和支撑杆22采用一体成型,且两根支撑杆22的位置对称。如X形杆件2可直接在铝合金板上切割形成。

[0021] 为使支撑杆22能够在受压时向连接点方向变形,固定段23与支撑杆22之间的夹角设置成弧形夹角,该弧形夹角可在固定段23受压时,支撑杆22除承受垂直压力外,还通过弧形夹角承受一个向连接点方向的侧向力。

[0022] 在本发明的一个实施方式中,斜杆21和支撑杆22的截面形状为直径一致的正方形,该结构可以保持整个点阵的受力均匀性,避免局部提前发生形变。

[0023] 在上述实施方式中,弧形弯曲段的半径可以为支撑杆22与固定段23之间弧形夹角半径的3倍,如:弧形弯曲段212的半径为6mm,则弧形夹角的半径为2mm。

[0024] 为提高固定段23的受力强度,固定段23的长度可为斜杆21宽度的1.5~2倍。而两

根斜杆21之间的夹角处的加固段24长度可为支撑杆22长度的1/4~1/5。

[0025] 在前述各实施方式中,X形杆件2与上面板11和下面板12之间分别采用粘接的方式固定连接。

[0026] X形杆件2还可以采用3D打印形成,打印材料采用PLA+,密度为 $1.24\text{g}/\text{cm}^3$,最终形成的弯曲主导点阵结构的密度为 $7.8 \times 10^{-5}\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0027] 如图4所示,在本发明的一个实施方式中,可在其中一件X形杆件2的相交点上设置开口朝向上方的凹槽25,而另一件X形杆件2的相交点上设置开口朝向下方的凹槽,两件X形杆件2通过两个凹槽25相互卡接后连接在一起。

[0028] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

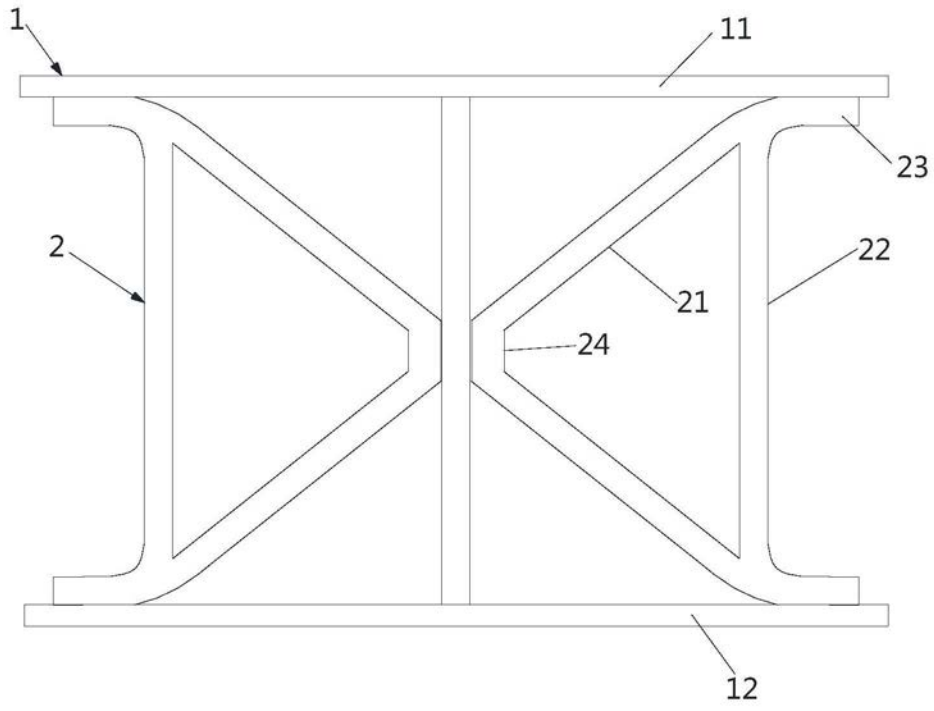


图1



图2

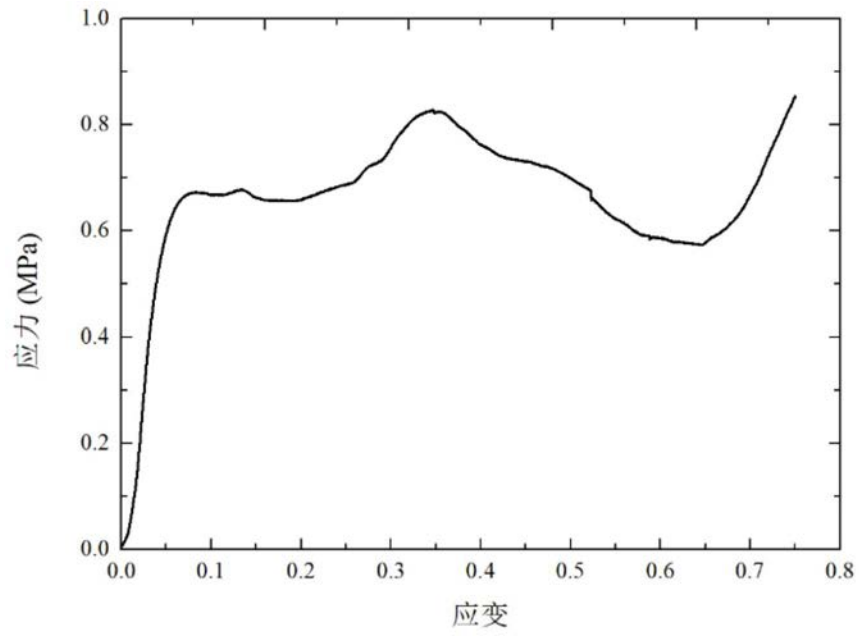


图3

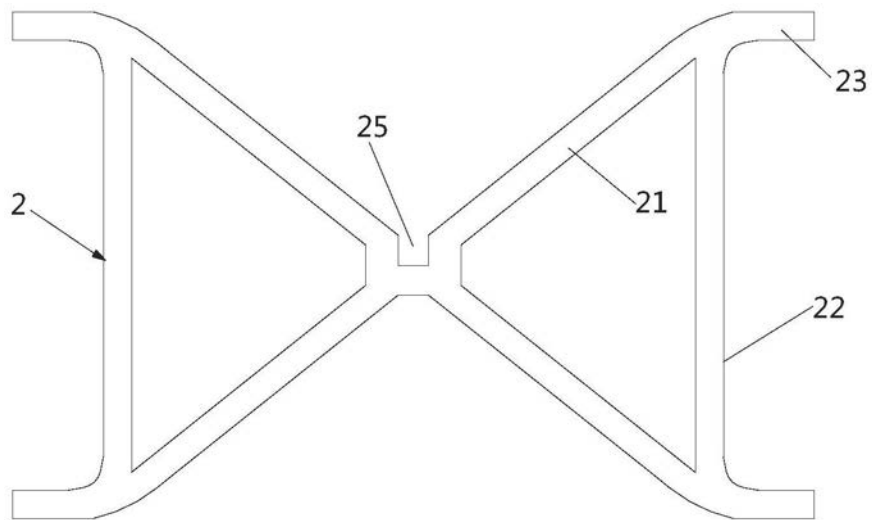


图4