



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112252507 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 08

(21) 申请号 202011104187.1

(22) 申请日 2020.10.15

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112252507 A

(43) 申请公布日 2021.01.22

(73) 专利权人 中国人民解放军军事科学院国防  
科技创新研究院

地址 100071 北京市丰台区丰台东大街53  
号院

(72) 发明人 王荣 陈永雄 张志彬 孔令超  
王浩旭 王鑫

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限  
公司 37221

代理人 赵敏玲

(51) Int. Cl.

E04B 1/98 (2006.01)

E04H 9/02 (2006.01)

F16F 7/00 (2006.01)

审查员 许志凡

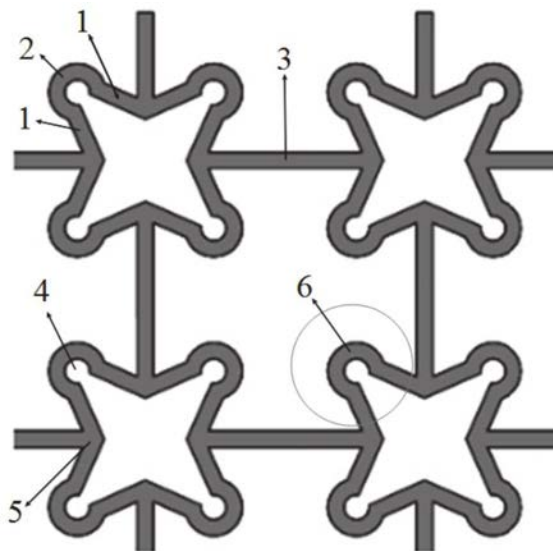
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于柔性铰链的负泊松比结构体

(57) 摘要

本公开提供一种基于柔性铰链的负泊松比结构体,涉及负泊松比结构体领域,包括阵列布置的多个结构单元,每个结构单元包括多个结构模块,每个结构模块包括两个杆件,两个杆件的一端通过柔性铰链连接形成节点,另一端连接其他结构模块杆件的非节点端形成交点,至少三个结构模块配合形成节点处为锐角的多角星形结构单元,相邻结构单元的交点通过连杆连接,在结构内部尖锐的角位置设置柔性铰链,减少锐角处的应力集中,并且增加了调节柔性铰链参数改变结构整体刚度的手段,解决柔性铰链对应连接的两个杆在变形后的干涉问题。



1. 一种基于柔性铰链的负泊松比结构体,其特征在于,包括阵列布置的多个结构单元,每个结构单元包括多个结构模块,每个结构模块包括两个杆件,两个杆件的一端通过柔性铰链连接形成节点,另一端连接其他结构模块杆件的非节点端形成交点,至少三个结构模块配合形成节点处为锐角的多角星形结构单元,相邻结构单元的交点通过连杆连接,在杆件之间配置柔性铰链后,两个杆件端部之间不直接连接,并且,中间留有一定间隙;

所述柔性铰链的一端连接一结构模块一个杆件的一端,柔性铰链另一端连接该结构模块另一个杆件的一端;

所述柔性铰链包括杆状基体,基体上设有缺口,缺口处对应的截面积小于基体其他位置处的截面积,所述基体上设有至少一个缺口,缺口数目为两个时,两个缺口对称布置在基体轴线的两侧,所述缺口对应的轨迹形状为圆弧形。

2. 如权利要求1所述的基于柔性铰链的负泊松比结构体,其特征在于,每个结构模块对应的两个杆件的夹角呈锐角设置。

3. 如权利要求1所述的基于柔性铰链的负泊松比结构体,其特征在于,每个结构单元对应的多个结构模块依次连接并围成封闭的多角星形,每个结构模块对应的节点数目、交点数目、结构模块数目相等。

4. 如权利要求1所述的基于柔性铰链的负泊松比结构体,其特征在于,所述结构模块对应的两个杆件长度相等,每个结构单元对应的所有节点分布在正多边形的顶点上。

5. 如权利要求1所述的基于柔性铰链的负泊松比结构体,其特征在于,所述连杆一端连接一个结构单元的一个交点,另一端连接与该结构单元相邻的另一结构单元的一个交点。

6. 如权利要求5所述的基于柔性铰链的负泊松比结构体,其特征在于,每个节点连接一根连杆,相邻的两个结构单元之间直接连接一根连杆,连接于同一个结构单元的多个连杆相对于结构单元中心对称布置。

## 一种基于柔性铰链的负泊松比结构体

### 技术领域

[0001] 本公开涉及负泊松比结构体领域,特别涉及一种基于柔性铰链的负泊松比结构体。

### 背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术,并不必然构成现有技术。

[0003] 泊松比是泊松效应的一种度量,即材料倾向于在垂直于压缩方向的方向上膨胀的现象。相反,如果材料拉伸而不是压缩,它通常倾向于在拉伸方向的横向收缩;负泊松比特性与泊松比特性相反,负泊松比特性是指受拉伸时,材料在弹性范围内横向发生膨胀;而受压缩时,材料的横向反而发生收缩。

[0004] 发明人发现,目前的负泊松比结构中,内凹星型负泊松比结构应用较多,如图1-图3所示,在其受到拉伸时,结构整体表现出横向发生膨胀,但是,其内凹多边形结构内部存在尖锐的角,容易应力集中;结构内部尖锐的角或者细长杆,传递位移和力的能力有限,难以满足稳定性、准确性的需求;在调节结构整体刚度时,通过调节结构点阵厚度、板与板之间的角度来实现,其调节手段有限,难以满足需求。

### 发明内容

[0005] 本发明公开的目的是针对现有技术存在的缺陷,提供一种基于柔性铰链的负泊松比结构体,在结构内部尖锐的角位置设置柔性铰链,减少锐角处的应力集中,并且增加了调节柔性铰链参数改变结构整体刚度的手段,解决柔性铰链对应连接的两个杆在变形后的干涉问题。

[0006] 为了实现上述目的,采用以下技术方案:

[0007] 一种基于柔性铰链的负泊松比结构体,包括阵列布置的多个结构单元,每个结构单元包括多个结构模块,每个结构模块包括两个杆件,两个杆件的一端通过柔性铰链连接形成节点,另一端连接其他结构模块杆件的非节点端形成交点,至少三个结构模块配合形成节点处为锐角的多角星形结构单元,相邻结构单元的交点通过连杆连接。

[0008] 进一步地,所述柔性铰链的一端连接一结构模块一个杆件的一端,柔性铰链另一端连接该结构模块另一个杆件的一端。

[0009] 进一步地,每个结构模块对应的两个杆件的夹角呈锐角设置。

[0010] 进一步地,每个结构单元对应的多个结构模块依次连接并围成封闭的多角星形,每个结构模块对应的节点数目、交点数目、结构模块数目相等。

[0011] 进一步地,所述结构模块对应的两个杆件长度相等,每个结构单元对应的所有节点分布在正多边形的顶点上。

[0012] 进一步地,所述连杆一端连接一个结构单元的一个交点,另一端连接与该结构单元相邻的另一结构单元的一个交点。

[0013] 进一步地,每个节点连接一根连杆,相邻的两个结构单元之间直接连接一根连杆,

连接于同一个结构单元的多个连杆相对于结构单元中心对称布置。

[0014] 进一步地,所述柔性铰链包括杆状基体,基体上设有缺口,缺口处对应的截面积小于基体其他位置处的截面积。

[0015] 进一步地,所述基体上设有至少一个缺口,缺口数目为两个时,两个缺口对称布置在基体轴线的两侧。

[0016] 进一步地,所述缺口对应的轨迹形状为圆弧形。

[0017] 与现有技术相比,本公开具有的优点和积极效果是:

[0018] (1) 在结构内部尖锐的角位置设置柔性铰链,减少锐角处的应力集中,并且增加了调节柔性铰链参数改变结构整体刚度的手段,解决柔性铰链对应连接的两个杆在变形后的干涉问题;

[0019] (2) 通过带有圆弧形缺口的柔性铰链,减少了受理后结构角处的应力集中,两个杆件的端部通过柔性铰链实现连接,利用柔性铰链的薄弱处实现相对运动,保证其形变效果的同时,分散了其集中应力,解决了整体结构失效的问题,达到保护结构角的效果;

[0020] (3) 解决了传统杆件端部直接固连形成结构角导致的干涉问题,通过柔性铰链将两个杆件连接,使得两个杆件之间形成一定的间隙,预留出了其形变位移空间,从而能够更有效的传递力和位移,保证了其传递运动的稳定性;

[0021] (4) 加入柔性铰链,提高了结构体的可设计性,增加了缺口形状、缺口半径、半径与两杆件延长线交点之间距离等多种参数,相较于传统改变角度和杆件厚度的方式,增加了调节结构整体刚度的手段。

## 附图说明

[0022] 构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解,本公开的示意性实施例及其说明用于解释本公开,并不构成对本公开的不当限定。

[0023] 图1为本公开背景技术中所述现有的三阶星形负泊松比结构示意图;

[0024] 图2为本公开背景技术中所述现有的四阶星形负泊松比结构示意图;

[0025] 图3为本公开背景技术中所述现有的六阶星形负泊松比结构示意图;

[0026] 图4为本公开实施例中四阶星形负泊松比结构体的局部放大图;

[0027] 图5为本公开实施例中四阶星形负泊松比结构体压缩变形后的示意图;

[0028] 图6为本公开实施例中配合柔性铰链后的结构体的局部放大图;

[0029] 图7为本公开实施例中配合柔性铰链后的结构体压缩变形后的示意图;

[0030] 图8为本公开实施例中刚性构件与柔性铰链的配合示意图。

[0031] 其中:1、杆件,2、柔性铰链,3、连杆,4、节点,5、交点,6、结构模块。

## 具体实施方式

[0032] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本公开提供进一步地说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0033] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本公开的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式

也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合;

[0034] 为了方便叙述,本公开中如果出现“上”、“下”、“左”、“右”字样,仅表示与附图本身的上、下、左、右方向一致,并不对结构起限定作用,仅仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的设备或元件必须具有特定的方位,以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本公开的限制。

[0035] 正如背景技术中所介绍的,现有技术中的负泊松比结构中,如图1-图3所示,内凹多边形结构内部存在尖锐的角,容易应力集中;针对上述问题,本公开提出了一种基于柔性铰链的负泊松比结构体。

[0036] 实施例1

[0037] 本公开的一种典型的实施方式中,如图1-图8所示,提出了一种基于柔性铰链的负泊松比结构体。

[0038] 对于背景技术中提及的负泊松比结构体,结合附图4-图5,对于图4中的结构,当位于下方的连杆收到竖直向下的力时,位于锐角结构点两侧的杆件随之动作,使得结构点夹角增大,相邻的杆件扩张;在位于上方和下方的连杆距离更大的时候,在结构点的作用下,位于左侧和右侧的距离也会更大,形成负泊松比结构,满足负泊松比特性;

[0039] 同样的,当位于左右两侧的连杆受到力的作用,使得左右两侧的连杆距离减小时,位于上方和下方的连杆距离随之变小,在阵列分布的结构体的基础上,使得整个结构体表现出负泊松比特性。

[0040] 本实施例中,针对目前的星形负泊松比点阵结构体存在的应力集中问题,在原星形负泊松比结构体的基础上,增加柔性铰链作为杆件的连接结构,利用柔性铰链的弹性形变传递力,使得相邻刚性杆之间产生相对运动,满足负泊松比结构的需求同时,减少了传统负泊松比结构工作时应力集中的问题;

[0041] 具体的,包括阵列布置的多个结构单元,每个结构单元包括多个结构模块6,每个结构模块包括两个杆件1,两个杆件的一端通过柔性铰链2连接形成节点4,另一端连接其他结构模块杆件的非节点端形成交点5,至少三个结构模块配合形成节点处为锐角的多角星形结构单元,相邻结构单元的交点通过连杆3连接;

[0042] 如图6、图7所示,以四阶星形负泊松比结构体为例,在结构模块对应两个杆件的连接位置配置柔性铰链,利用柔性铰链传递杆件之间的力的作用;

[0043] 当位于结构单元上方的连杆受到沿轴向向下的力时,结构单元对应的四个柔性铰链收缩,从而使得每个柔性铰链对应的两个杆件之间的夹角变小,因此,在结构单元上方的连杆与下方的连杆距离更近的时候,左侧和右侧的连杆的距离也更近,从而表现出负泊松比特性,仍能够满足负泊松比特性需求。

[0044] 当然,可以理解的是,在其他的实施方式中,对于三阶、六阶行星负泊松比结构体,也能够通过上述的方式配置柔性铰链。

[0045] 需要特别指出的是,对于柔性铰链是柔性机构的一种,柔性铰链是在外部力或力矩的作用下,利用材料的弹性变形在相邻刚性杆之间产生相对运动的一种运动副结构形式,柔性铰链是柔性机构中一种典型的柔性元素。

[0046] 对于柔性铰链,所述柔性铰链包括杆状基体,基体上设有缺口,缺口处对应的截面

积小于基体其他位置处的截面积；

[0047] 所述基体上设有至少一个缺口，缺口数目为两个时，两个缺口对称布置在基体轴线的两侧；所述缺口对应的轨迹形状为圆弧形。

[0048] 具体的，如图8所示，通常在一个矩形截面或者圆形截面梁上由线切割技术削减掉部分材料，形成一个“缺口”，正是由于利用材料的相对薄弱处实现运动，故将其称为切口型柔性铰链；

[0049] 利用柔性铰链前，结构单元受压后的变形的力主要集中在四个锐角上；导致锐角处应力集中明显，应力集中可能会导致整体结构的失效；

[0050] 结构单元的四个角在受压时刚度大，而且组成角的两个杆变形后容易干涉，传递运动不稳定。

[0051] 利用柔性铰链后，运用了圆形缺口的柔性铰链代替四个角，大幅减少了原本锐角处的应力集中。

[0052] 通过带有圆弧形缺口的柔性铰链，减少了受理后结构角处的应力集中，两个杆件的端部通过柔性铰链实现连接，利用柔性铰链的薄弱处实现相对运动，保证其形变效果的同时，分散了其集中应力，解决了整体结构失效的问题，达到保护结构角的效果。

[0053] 对于柔性铰链和杆件的配合关系，柔性铰链的一端连接一结构模块一个杆件的一端，柔性铰链另一端连接该结构模块另一个杆件的一端；每个结构模块对应的两个杆件的夹角呈锐角设置。

[0054] 在杆件之间配置柔性铰链后，两个杆件端部之间不直接连接，并且，中间留有一定间隙，解决了传统杆件端部直接固连形成结构角导致的干涉问题；

[0055] 通过柔性铰链将两个杆件连接，使得两个杆件之间形成一定的间隙，预留出了其形变位移空间，从而能够更有效的传递力和位移，避免了杆件在变形前后发生干涉，保证了其传递运动的稳定性。

[0056] 对于结构单元的配置，每个结构单元对应的多个结构模块依次连接并围成封闭的多角星形，每个结构模块对应的节点数目、交点数目、结构模块数目相等；

[0057] 如三阶星型负泊松比结构体，其每个结构单元的形状与图1中相似，每个结构单元包括三个节点、三个交点、三个结构模块；

[0058] 如六阶星型负泊松比结构体，其每个结构单元的形状与图3中相似，每个结构单元包括六个节点、六个交点、六个结构模块。

[0059] 所述结构模块对应的两个杆件长度相等，每个结构单元对应的所有节点分布在正多边形的顶点上。

[0060] 整个负泊松比结构体是由多个结构单元阵列布置并配合连杆进行连接组成的，其中，连杆一端连接一个结构单元的一个交点，另一端连接与该结构单元相邻的另一结构单元的一个交点；

[0061] 每个节点连接一根连杆，相邻的两个结构单元之间直接连接一根连杆，连接于同一个结构单元的多个连杆相对于结构单元中心对称布置；

[0062] 其所形成的负泊松比结构的外观结构类似图1-图3所示，其与现有技术的外观区别在于杆件端部配合的柔性铰链。

[0063] 对于杆件，其为刚性构件，其可以为矩形截面或圆形截面的杆件，也可以是板件结

构,其长度能够远大于宽度和厚度,有效传递且其力和运动即可。

[0064] 当然,可以理解的是,对于杆件和柔性铰链,其可以为一体式结构,通过将一整根杆件开设缺口并弯折形成两根杆件配合一个柔性铰链的结构,其开设缺口处形成了柔性铰链,其他位置仍为刚性构件;

[0065] 也可以是分体式结构,在柔性铰链和杆件的端部的配合位置,形成稳定配合。

[0066] 同时可以通过调节柔性铰链参数改变结构整体刚度,提高了结构体的可设计性,增加了缺口形状、缺口半径、半径与两杆件延长线交点之间距离等多种参数,在传统改变角度和杆件厚度的方式的基础上,进一步增加了调节结构整体刚度的手段,多种参数共同调节,提高其可操作性。

[0067] 在结构内部尖锐的角位置设置柔性铰链,减少锐角处的应力集中,并且增加了调节柔性铰链参数改变结构整体刚度的手段,解决柔性铰链对应连接的两个杆在变形后的干涉问题。

[0068] 以上所述仅为本公开的优选实施例而已,并不用于限制本公开,对于本领域的技术人员来说,本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

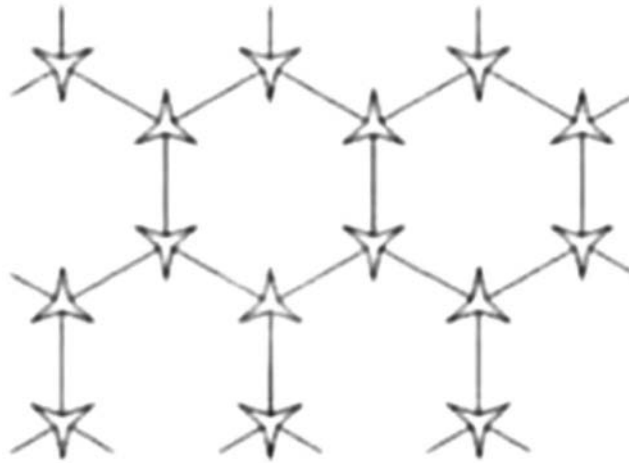


图1

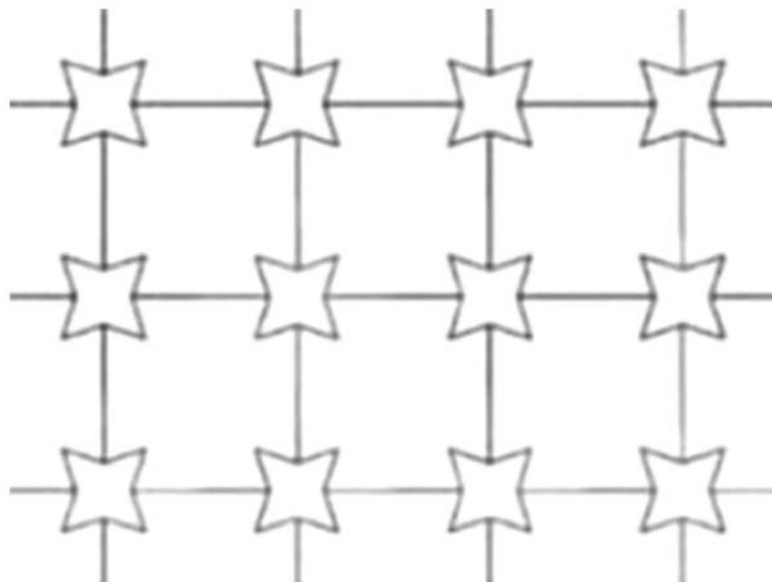


图2



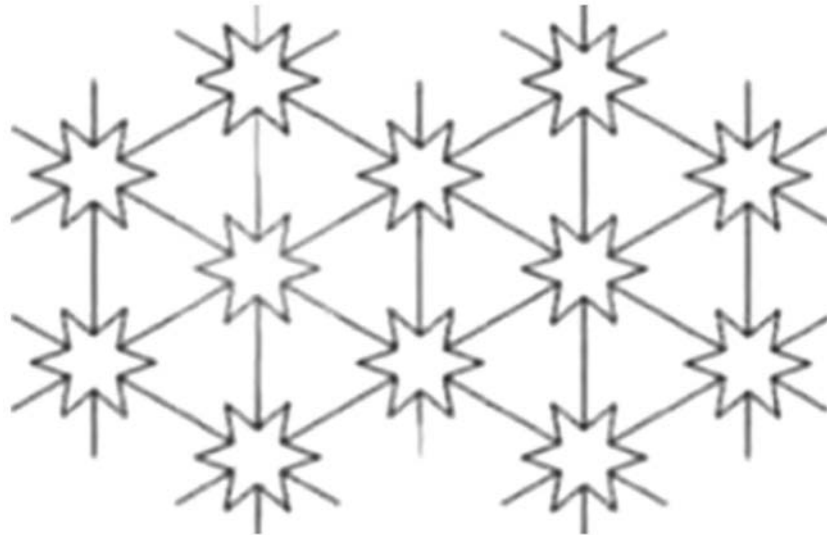


图3

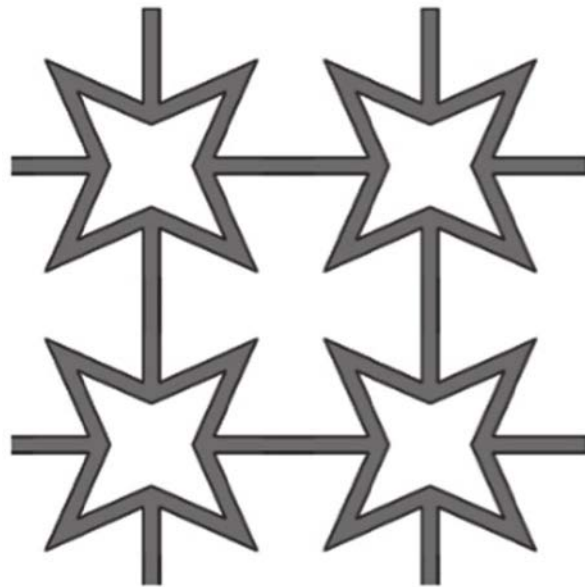


图4

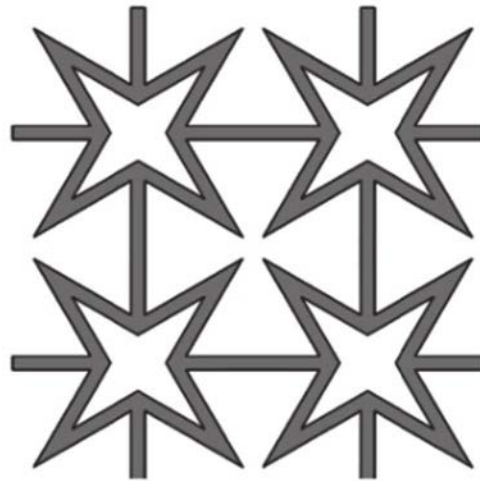


图5

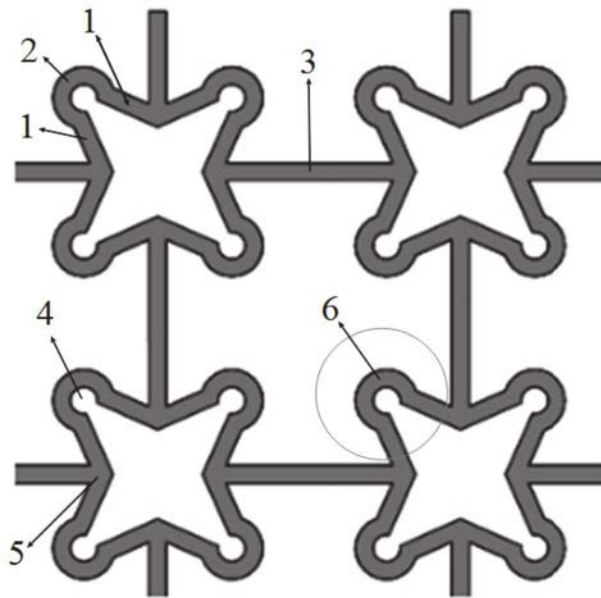


图6

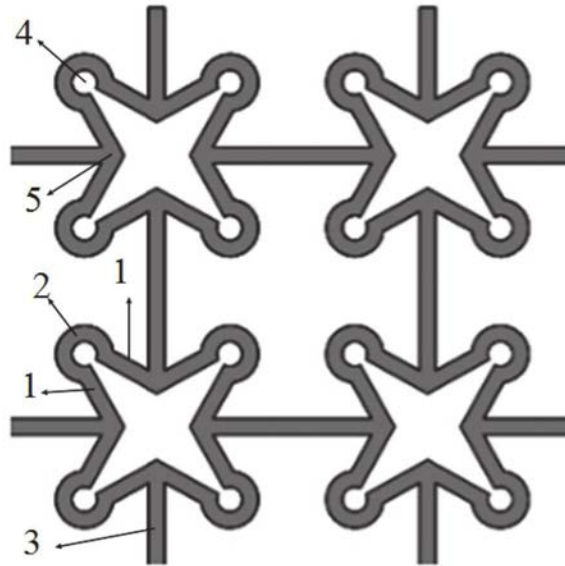


图7

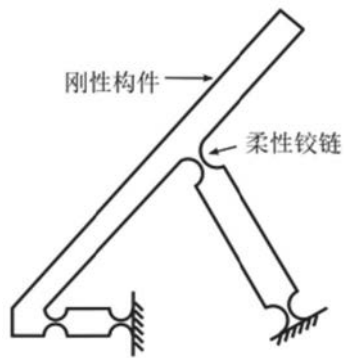


图8