



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108430754 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201680012237.9

(22)申请日 2016.01.09

(30)优先权数据

62/101,827 2015.01.09 US

62/118,821 2015.02.20 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.08.25

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/012766 2016.01.09

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/112365 EN 2016.07.14

(71)申请人 哈佛大学校董委员会

地址 美国马萨诸塞州

申请人 西门子加拿大有限公司

(72)发明人 马修·克里斯托弗·英尼斯

范明泉 梅根·斯查恩泽

阿里·莎尼恩 法拉德·加玮德

卡蒂亚·伯托蒂

迈克尔·詹姆斯·泰勒

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理
有限责任公司 11204

代理人 王达佐 洪欣

(51)Int.Cl.

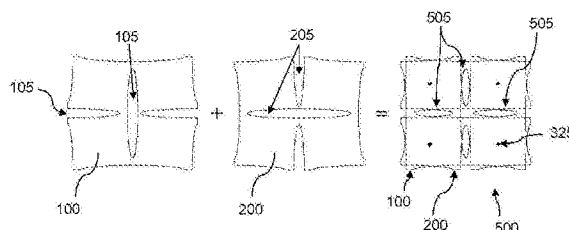
B32B 3/26(2006.01)

(54)发明名称

多层NPR结构

(57)摘要

在一些方面,拉胀结构包含第一片和第二片,在所述第一片中以第一图案限定多个第一开口,所述多个第一开口提供第一孔隙率,并且在所述第二片中以第二图案限定多个第二开口以提供第二孔隙率。将所述第二片定位成覆盖所述第一片,使得所述多个第二开口至少部分遮蔽所述多个第一开口,从而以第三图案限定多个第三开口,所述多个第三开口限定小于所述第一孔隙率或所述第二孔隙率的第三孔隙率。所述第二片通过多个不同连接元件与所述第一片连接。在其他方面,提供了与上述第一片和第二片组合的在其中限定了一种或多种开口和孔隙率的一个或多个另外的片。



1. 拉胀结构, 包含:

第一片, 在所述第一片中以第一图案限定多个第一开口, 所述多个第一开口限定第一孔隙率; 以及

第二片, 在所述第二片中以第二图案限定多个第二开口, 所述多个第二开口限定第二孔隙率,

其中所述第二片覆盖所述第一片, 使得所述多个第二开口至少部分遮蔽所述多个第一开口, 从而以第三图案限定多个第三开口, 所述多个第三开口限定小于所述第一孔隙率或所述第二孔隙率的第三孔隙率, 以及

其中所述第二片通过多个不同连接元件与所述第一片连接。

2. 如权利要求1所述的拉胀结构, 其中所述多个第一开口包含具有垂直于短轴的长轴的细长开口。

3. 如权利要求2所述的拉胀结构, 其中所述多个第二开口包含具有垂直于短轴的长轴的细长开口。

4. 如权利要求3所述的拉胀结构, 其中所述第一图案和所述第二图案包含多行所述细长开口, 每行具有沿着所述行的所述长轴与所述短轴交替布置的细长开口。

5. 如权利要求4所述的拉胀结构, 其中所述第一孔隙率和所述第二孔隙率至少基本上相同。

6. 如权利要求3所述的拉胀结构, 其中所述第一开口的纵横比与所述第二开口的纵横比相等。

7. 如权利要求1所述的拉胀结构, 其中所述第一开口包含S形通槽。

8. 如权利要求6所述的拉胀结构, 其中所述第二开口包含S形通槽。

9. 如权利要求1所述的拉胀结构, 其中所述多个第二开口遮蔽所述多个第一开口的面积的至少百分之五十。

10. 如权利要求1所述的拉胀结构, 其中所述多个不同连接元件包含布置在所述第一片和所述第二片的单位单元的重叠中心点处的针或铆钉, 其中在载荷下所述第一片的单位单元与所述第二片的单位单元的旋转方向是相反的方向。

11. 如权利要求1所述的拉胀结构, 其中所述多个不同连接元件包含布置在所述第一片的单位单元和所述第二片的单位单元的重叠中心点处的焊接点, 其中在载荷下所述第一片的单位单元与所述第二片的单位单元的旋转方向是相同的方向。

12. 如权利要求1所述的拉胀结构, 其中所述第一片和所述第二片各自包括金属片。

13. 如权利要求1所述的拉胀结构, 其中所述第一片与所述第二片的配置相同。

14. 拉胀结构, 包含:

第一拉胀片, 在所述第一拉胀片中以第一图案限定多个第一开口, 所述多个第一开口限定第一孔隙率;

第二拉胀片, 在所述第二拉胀片中以第二图案限定多个第二开口, 所述多个第二开口限定第二孔隙率;

第三拉胀片, 在所述第三拉胀片中以第三图案限定多个第三开口, 所述多个第三开口限定第三孔隙率,

其中所述第三拉胀片覆盖所述第二拉胀片, 使得所述多个第三开口至少部分遮蔽所述

多个第二开口，

其中所述第二拉胀片覆盖所述第一拉胀片，使得所述多个第二开口至少部分遮蔽所述多个第一开口，

其中所述第三拉胀片通过多个连接元件与所述第二拉胀片连接，以及

其中所述第二拉胀片通过多个连接元件与所述第一拉胀片连接。

15. 如权利要求14所述的拉胀结构，其中连接所述第三拉胀片与所述第二拉胀片的多个连接元件与连接所述第二拉胀片与所述第一拉胀片的连接元件相同。

16. 如权利要求15所述的拉胀结构，其中所述多个连接元件包含布置在所述第一拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的重叠中心点处的针或铆钉，其中在载荷下所述第一拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的旋转方向是相反的方向。

17. 如权利要求16所述的拉胀结构，其中所述多个连接元件包含布置在所述第三拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的重叠中心点处的针或铆钉，其中在载荷下所述第三拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的旋转方向是相反的方向。

18. 如权利要求14所述的拉胀结构，其中所述多个连接元件包含布置在所述第一拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的重叠中心点处的焊接点，其中在载荷下所述第一拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的旋转方向是相同的方向。

19. 如权利要求14所述的拉胀结构，其中所述多个连接元件包含布置在所述第三拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的重叠中心点处的焊接点，其中在载荷下所述第三拉胀片的单位单元和所述第二拉胀片的单位单元的旋转方向是相同的方向。

20. 如权利要求14所述的拉胀结构，还包含：

第四拉胀片，在所述第四拉胀片以第四图案限定多个第四开口，所述多个第四开口限定第四孔隙率，

其中所述第四拉胀片覆盖所述第三拉胀片，使得所述多个第四开口至少部分遮蔽所述多个第三开口，以及

其中所述第四拉胀片通过多个连接元件与所述第三拉胀片连接。

21. 如权利要求20所述的拉胀结构，还包含：

第五拉胀片，在所述第五拉胀片以第五图案限定多个第五开口，所述多个第五开口限定第五孔隙率，

其中所述第五拉胀片覆盖所述第四拉胀片，使得所述多个第五开口至少部分遮蔽所述多个第四开口，以及

其中所述第五拉胀片通过多个连接元件与所述第四拉胀片连接。

22. 如权利要求20所述的拉胀结构，还包含：

第六拉胀片，在所述第六拉胀片以第六图案限定多个第六开口，所述多个第六开口限定第六孔隙率，

其中所述第六拉胀片覆盖所述第五拉胀片，使得所述多个第六开口至少部分遮蔽所述多个第五开口，以及

其中所述第六拉胀片通过多个连接元件与所述第五拉胀片连接。

多层NPR结构

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年2月20日提交的第62/118,821号美国临时专利申请和于2015年1月9日提交的第62/101,827号美国临时专利申请的优先权,上述两篇临时专利申请以它们各自的整体通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开通常涉及具有定制的泊松比的多孔结构。更具体地,本公开的方面涉及具有表现出负泊松比(NPR)特性的工程化图案的拉胀结构、以及使用这类结构的系统、方法和装置。

[0004] 背景

[0005] 当沿特定轴压缩材料时,最常观察到它们在横向于所应用轴向载荷的方向上延伸。表征这种特性的材料性质被称为泊松比,其被定义为在单轴载荷条件下横向/侧向应变与轴向/纵向应变之比的负数。多数材料的特征是正泊松比(例如,对于铝、黄铜和钢而言为约0.3),并且当在轴向压缩时其会在横向延伸,并且当在轴向拉伸时其会在横向收缩。然而,具有负泊松比(NPR)的材料,也被称为“拉胀”材料,当在轴向压缩时其会在横向收缩,并且当在轴向拉伸时其会在横向延伸。

[0006] 第5,233,828号美国专利(“‘828专利”),Phillip D.Napoli,示出了用于高温应用的工程化结构部件(燃烧器衬里)的实例。燃烧器衬里通常用于燃气轮机的燃烧部分,但也可以用于燃气轮机的排气部分或其他部分,或者用于燃气轮机的组件,例如涡轮叶片。在运行中,燃烧器以极高的温度(例如3,000°F或更高)燃烧气体。为了防止这种剧热在排至涡轮机之前损坏燃烧器,将燃烧器衬里嵌入燃烧器以隔离周围的发动机。为了使横跨燃烧器衬里的温度和压力差最小化,通常提供了冷却槽,如‘828专利所示。‘828专利示出了具有以连续图案布置、成角度穿过衬里壁的间隔冷却孔的环状燃烧器衬里的一部分。第8,066,482 B2号美国专利,James Page Strohl等人,示出了具有冷却孔的工程化结构部件的另一个实例,所述冷却孔形成加强燃气轮机的期望区域的冷却并且降低冷却孔内和周围的应力水平。第EP 0971172 A1号欧洲专利,Dr.Jakob Keller,也示出了用于燃气轮机的燃烧区的有孔衬里的另一个实例。

[0007] 在另一个实例中,第2010/0009120 A1号美国专利申请出版物,Mary C.Boyce等人,公开了许多变形周期性结构,其包括一经施加临界宏观应力或应变则经历结构构型变化的弹性或弹塑性周期性固体。PCT专利申请PCT/US2014/025324,哈佛大学的校董委员会,特别公开了具有提供负泊松比特性的重复的细长孔图案的空隙结构。PCT专利申请PCT/US2014/024830,哈佛大学的校董委员会,特别公开了具有工程化空隙结构的固体,该工程化空隙结构使对固体(其具有正泊松比)施加应力时该固体展现出假性拉胀(NPR)特性。工程化空隙结构提供了用于例如涉及燃气轮机燃烧器的应用的孔隙率。为所有目的,全部上述专利文件通过引用整体并入本文。

[0008] 发明概述

[0009] 本公开的方面涉及多层负泊松比 (NPR) 结构, 并且特别是用于其中热机械性膨胀和孔隙率为重要设计考虑的工业应用的拉胀结构。

[0010] 在本构思的一些方面, 拉胀结构包含第一片和第二片, 在所述第一片中以第一图案限定多个第一开口, 所述多个第一开口提供了第一孔隙率, 并且在所述第二片中以第二图案限定多个第二开口, 以提供第二孔隙率。所述第二片覆盖在所述第一片上, 使得所述多个第二开口至少部分遮蔽所述多个第一开口, 从而以第三图案限定多个第三开口, 所述多个第三开口限定了小于所述第一孔隙率或所述第二孔隙率的第三孔隙率。所述第二片通过多个不同连接元件与所述第一片连接。在一些方面, 所述第一片与所述第二片具有相同的孔隙率和相同的空隙类型, 它们之间仅有的区别在于它们的相对定向和/或它们的尺度因素。

[0011] 根据本构思的一些方面, 拉胀结构包含: 第一拉胀片, 在所述第一拉胀片中以第一图案限定多个第一开口, 所述多个第一开口限定第一孔隙率; 第二拉胀片, 在所述第二拉胀片中以第二图案限定多个第二开口, 所述多个第二开口限定第二孔隙率; 以及第三拉胀片, 在所述第三拉胀片中以第三图案限定多个第三开口, 所述多个第三开口限定第三孔隙率。所述第三拉胀片覆盖所述第二拉胀片, 使得所述多个第三开口至少部分遮蔽所述多个第二开口, 并且所述第二拉胀片覆盖所述第一拉胀片, 使得所述多个第二开口至少部分遮蔽所述多个第一开口。所述第三拉胀片通过多个连接元件与所述第二拉胀片连接, 同样地所述第二拉胀片通过多个连接元件与所述第一拉胀片连接。只有单元的中点相互连接, 是因当应用外部载荷时中点具有相同的变形模式。

[0012] 根据本构思的其他方面, 制造多片拉胀结构的计算机实施方法包括经由一个或多个与计算机在操作上相关联的输入装置来接收多片结构的设计要求, 接收的设计要求包含需要的孔隙率、需要的负泊松比 (NPR) 值和需要的刚度中的至少一项。所述方法还包括使用计算机来构建多个片的模型, 片的每一个限定了单位单元排布和开口参数, 并且构建使用该多个片的多片结构的模型, 该多个片中的每一个在单位单元的中心点处至少与相邻的多个片中的一个连接。所述方法还包括使用计算机在模拟载荷下实施多片结构的模型, 并确定该多片结构是否满足设计要求。如果不满足, 则配置计算机以执行使计算机反复进行以下操作的指令组: (i) 修改用于多个片中的至少一个的模型、多片结构的模型、或者用于多个片中的至少一片的模型与多片结构的模型两者中的至少一个方面, 以及 (ii) 在模拟载荷下建立多片结构的模型, 直至确定多片结构的模型满足设计要求。所述方法还包括使计算机将多片结构的模型保存在非瞬态物理计算机可读存储媒介中。

[0013] 上述概述并非意在表示本公开的每个实施方案或每个方面。相反, 前述概述仅提供本文阐述的一些新方面和特征的例证。在结合附图和所附权利要求时, 本公开的上述特征和优点以及其他特征和优点将由以下实施本发明的代表性实施方案和方式的详细描述而变得显而易见。

[0014] 附图简述

[0015] 图1描述了根据本构思的至少一些方面的分离和组合的拉胀片形成多片或多层拉胀结构的未变形的布置。

[0016] 图2示出了根据本构思的至少一些方面的用于将片组合以形成多片或多层拉胀结构的另一项技术, 其中在片单位单元之间将最前端的片缩放以产生1:2的比例。

[0017] 图3示出了根据本构思的至少一些方面的用于将片组合以形成多片或多层拉胀结构的另一项技术,其中在片单位单元之间将最前端的片缩放以产生1:3的比例。

[0018] 图4示出了根据本构思的至少一些方面的用于将片组合以形成多片或多层拉胀结构的另一项技术,其中在片的单位单元之间将最前端的片缩放以产生1: $\sqrt{2}$ 的比例,并且将背片相对于前片旋转45°。

[0019] 图5描述了根据本构思的至少一些方面的S槽开口。

[0020] 图6为描述根据本构思方面的用于构建多片或多层拉胀结构的模型和样本的计算机实施方法的一般方面的流程图。

[0021] 本公开容许各种修改和替代形式,并且一些代表性实施方案已经通过附图中的实例示出,并且将在本文详细描述。然而,应理解,发明方面不限于在附图中例示的具体形式。相反,本公开涵盖所有落入由所附权利要求限定的本发明的主旨和范围内的修改、等同物、组合和替代物。

[0022] 例示实施方案的详细描述

[0023] 本公开容许多种不同形式的实施方案。在附图中示出、并且在本文详细描述了代表性实施方案,应理解本公开被认为是本公开的原理的示例并且并非意在将本公开的广义方面限定于所例示的实施方案。在此程度上,在例如摘要、概述和详述部分中公开但未在权利要求中明确阐述的要素和限定,不应通过暗示、推理或其他方式单独或全体地并入权利要求。为了本详细描述的目的,除非明确否定或逻辑上禁止:单数包括复数,反之亦然;并且词语“包括”或“包含”或“具有”意指“包括但不限于”。此外,近似的词语,例如“约”、“几乎”、“基本上”、“大约”等,在本文可以按照例如“在,接近或几乎在”或者“...的3-5%内”或“在可接受的制造公差内”或它们的任何合逻辑的组合的含义使用。

[0024] 本公开的方面涉及混合浅凹与空隙拉胀结构,其包括当施加宏观载荷时提供负泊松比(NPR)特性的重复的孔和突出图案。泊松比(或“泊松系数”)通常可以表示被拉伸的对象中横向收缩应变与纵向延伸应变的比。对于大多数材料,泊松比通常是正的,包括许多合金、聚合物、聚合物泡沫和蜂窝固体(cellular solids),它们在拉伸时截面会变得较薄。本文公开的拉胀结构表现出负泊松比特性。

[0025] 根据本公开构思的方面,当拉胀结构沿一个轴(例如,以Y方向)压缩时,由于相邻孔的排布方式,同轴应变导致了围绕各个单元中心的力矩。这进而使单元旋转。各个单元以与其直接相邻单元相反的方向旋转。这种旋转导致水平相邻单元之间的横向轴(X方向)距离减小。换言之,在Y方向压缩结构,导致其在X方向收缩。相反地,在Y方向的拉力导致在X方向延展。在整个结构的规模上,这模拟了拉胀材料的特性。但是本文公开的许多结构是由常规材料组成的。因此,纯粹的材料自身可以具有正泊松比,但通过引入本文公开的孔图案和组合来修改结构,则所述结构在局部和/或整体上表现得如同具有负泊松比。

[0026] 如图1可见,例如,NPR结构500包含呈现于X-Y平面的开口105、205的图案,所述图案被排布成产生在Z平面(垂直于纸面)的最终开口505的图案。开口还可以用作冷却孔和/或阻尼孔,并且,由于它们的排布,还可以用作应力降低特征。如图1所述,开口105、205限定了水平定向和垂直定向的细长(例如,椭圆形)结构(本文也称为“孔”、“空隙”、“槽”或“通孔”)。在本构思的至少一些方面,以重复图案(在一定程度上可以为局部或整体的)排布这些细长的开口,例如具有开口的至少基本相等间距的行和列的阵列。如图1中的实例所

示,水平定向的垂直定向的开口105、205交替,使得垂直定向的开口与水平定向的开口相邻布置,反之亦然。

[0027] 本文公开的NPR结构可以用于,例如,需要某一“孔隙率”(即,用于冷却气流的开口)的燃气轮机燃烧器壁,所述孔隙率通常定义为孔的表面积(A_A)除以结构的表面积(A_S),或者孔隙率= A_A/A_S 。例如,特定的组件可以需要40-50%的孔隙率。在本构思的各个方面,所公开NPR结构的孔隙率可以通过选择性组合两层或更多层的在其中具有限定的开口(例如,图1中的开口105、205)的结构(例如,图1中的结构100、200)来定制,以提供例如0-50%(例如,0.3-9%、1-4%、大约2%,等)的任何期望的孔隙率。如图1所示,具有第一图案的开口105的第一层100与具有第二图案的开口205的第二层100的组合形成了具有第三图案的开口505的NPR结构500。在本构思的至少一些方面,第一层100与第二层200中的每一层包含相同的开口图案(例如,开口105),通过经由连接元件325连接第一层与第二层形成NPR结构500,在开口105的图案中具有抵消(offset),这类抵消是横向抵消(例如,在X-Y平面)和/或垂直抵消(即,以Z方向)和/或旋转抵消(例如,第一片100相对于第二片以选定的角度旋转)中的一种或多种。

[0028] 在一些实施方案中,层100、200中的一层或多层的材料包含超合金,例如镍基超合金,包括但不限于Inconel(例如IN100、IN600、IN713)、Waspaloy、Rene合金(例如Rene 41、Rene 80、Rene 95、Rene N5)、Haynes合金、Incoloy、MP98T、TMS合金或CMSX(例如CMSX-4)单晶合金。本构思不限定材料,可以包含适用于利用非零孔隙率结构的特定应用的其他材料(例如,不锈钢、钛等)。例如,NPR结构500可以包含第一材料组成的第一层100、第二材料组成的第二层200、第三材料组合物的第三层等。可选地,形成NPR结构500的每一层可以包含相同的材料。

[0029] 各个层100、200、以及NPR结构500,各自对细长开口105、205、505提出预先选定的纵横比。如本文使用的,开口的“纵横比”定义为意指开口的长度除以开口的宽度,或者开口的长轴长度除以短轴长度。在一些实施方案中,可以期望开口的纵横比为大约5-40,或者在一些实施方案中,为大约20-30。在尺寸上,提出本公开的构思和结构使用具有毫米长度尺度的图案;然而,本构思不限于任何特定的长度尺度,并且本构思同样适用于具有在更小或更大的长度尺度的相同图案和结构的结构。

[0030] 再次地,在图1的实例中,高孔隙率假性拉胀片(例如通过在WO 2014151045 A1或US 20110059291 A1中的实例公开的,上述两篇文献通过引用以其整体并入)的第一层100和第二层200,以确保每一层至少部分遮蔽或覆盖另一层的开口的方式(例如,层200至少部分遮蔽第一层100中的开口105)相互连接。在一些方面,层(例如,200)被布置成大部分遮蔽或覆盖(例如,大于50%)相邻的层(例如,层100)中的开口(例如,105)。通过控制多个层中每一层的开口的选择和层相对于彼此的相对定位,可以定制结构的有效孔隙率,以得到具体的孔隙率(例如,低百分比孔隙率,或者甚至是零百分比孔隙率),从而使本构思能够用于多种潜在的应用,包括需要零孔隙率的应用。

[0031] 关于一个层(例如,层100)与另一个层(例如,层200)的连接,所述层可以以多种常规方式彼此连接,其中的一些例示性实例如下。

[0032] 在第一实例中,如图1所示,两个相同的拉胀或假性拉胀的层或片100、200彼此相邻布置,使得第二层200相对于第一层100旋转90°。如图1所示,层在其单位单元的中心点处

接合,所述层在该处具有相对旋转,但它们的相对位移为零。因为在相同的载荷下,层的单位单元以相反的方向旋转,因此可以有利地使用铆钉接头作为连接元件325,因为它们允许单位单元旋转。

[0033] 在图2所示的第二实例中,两个相似的拉胀或假性拉胀的层或片100、200彼此相邻布置,使得第二层200相对于第一层100旋转 90° 。在图2中,将一个层(即,所示的层200)的子结构缩放至另一个层(即,层100)尺寸的一半(1:2)。在该配置中,层100、200在具有较大尺寸的子结构的片(例如,100)的中心点处经由不同类型的连接元件325、325'的组合进行连接。由于一半的单位单元在载荷下的旋转方向在两个层中相同,可以使用焊接接头325'将它们连接,同时使用允许其间相对旋转的铆钉325来连接另一半。优选地,层100、200在它们的单位单元的中心点处接合,在该点处所述层可以在载荷下具有相对旋转,但不表现出相对位移。如上文所述,当所述层单位单元在相同的载荷下以相反的方向旋转时,可以有利地使用铆钉接头作为连接元件325,因为它们允许单位单元的相对旋转。

[0034] 在图3所示的NPR结构500的第三实例中,两个相似的拉胀或假性拉胀的层或片100、200彼此相邻布置,使得第二层200相对于第一层100旋转 90° 。在图3中,一个层(即,所示的层200)的子结构缩放至另一个层(即,层100)的一定比例(1:n),其中n可以为任何整数,但在该实例中为3,以得到1:3的比例。在该配置中,层100、200在具有较大尺寸子结构的片(例如,100)的中心点处经由包括焊接接头的连接元件325'进行连接。可选地,图3的实施方案可以使用铆接连接元件325。

[0035] 在图4所示的NPR结构500中,将层或片中的一个(例如,背层100)旋转 45° ,并且缩放至 $1:\sqrt{2}$ (1:1.4142),然后与另一个所描述的层或片(例如,200)连接。在该设计中,一半的连接元件325是铆接连接(其中单位单元在载荷下的旋转方向在层100、200之间是不同的),同时另一种连接元件325'(其中单位单元在载荷下的旋转方向在层100、200之间是相同的)是焊接或铆接。

[0036] 在上文所述的实例中,讨论了两层拉胀片100、200之间的关系和连接;然而,应强调,本构思明确地涵盖了使用任意数量的层状片,并且特别是层状拉胀片,以提供对得到的NPR结构500的孔隙率的控制。

[0037] 另外,虽然结合具有椭圆形开口105、205的层或片公开了多层拉胀结构和形成多层拉胀结构的方法的构思,但还可以将具有所有方式的开口(例如,止动孔(stop-hole)、双T空隙、S槽等)的拉胀的层或片经由连接元件(例如,铆钉、焊接点等)连接在一起,以得到本构思的多层拉胀或NPR结构。通过例示,图5示出了包含延伸穿过其中的S槽405的NPR片400的实例。根据图1的实例,图5中示出的多个片400(和/或其他片,例如但不限于图1的片100、200)可以彼此相邻排布,并且经由连接元件325以必要时允许多个单位单元在载荷下相对运动的方式连接。

[0038] 根据本构思的方面的多层结构不仅实现了拉胀特性,还能够使孔隙率定制性降低。例如,上述技术可以通过将具有5%孔隙率图案包含椭圆形空隙(参见,例如图1)的第一层与也具有5%孔隙率图案并且包含椭圆形空隙的第二层组合,用于提供具有1.6%孔隙率的NPR结构,其中在两个层中椭圆的纵横比为30。如果使用图1示出的连接技术(即,彼此连接的相同的片,其中第二层相对于第一层旋转 90°)来连接这两个层,以产生具有1.6%孔隙率的NPR结构。堆叠本构思的开口(例如,105、205、405等),特别是具有允许变化的纵横比的

选择一个或多个片的缩放比例,允许将孔隙率定制成任何期望的水平。通过例示,如果将S形槽(参见图5)用于以上实例,而不是椭圆形开口,则孔隙率的降低会更加显著(得到孔隙率小于1.6%的结构)。

[0039] 虽然强调了拉胀结构在燃气轮机组件中的具体应用,但本构思可以应用于在组件设计中应考虑横向热机械膨胀和/或疲劳失效的其他工业组件。

[0040] 根据本构思的至少一些方面,NPR结构300的设计受到了已知的待实现的最终孔隙率值、以及需要的负泊松比和结构的最大容许应力的启示。在该设计范围内,为应用确定开口的可允许的几何结构(例如,图案、形状(例如,椭圆形、S形等)、纵横比等)。可以确定所述设计范围允许使用具有适合的孔隙率值的单层NPR结构,并且这种单层NPR结构可以按照常规技术使用。然而,如果这种单层NPR结构的孔隙率高于应用所需要的孔隙率,则可以有利地设计和构建多个层或片(例如,100、200等),以提供具有期望孔隙率的经调整的多层NPR结构。通常,在图1-4分别示出的使层彼此连接的不同配置中不存在偏好。NPR结构300的最终配置由需要的孔隙率决定。

[0041] 例如,对于由椭圆形空隙构图的孔隙率固定的多个片,由两个(或更多个)拉胀片的层状组合得到的孔隙率降低与椭圆的纵横比成反比,使得具有较高纵横比椭圆的片提供比具有较低纵横比椭圆的片更大的孔隙率降低。孔隙率降低的程度还与使用的片数目相关,组合中使用的片数目越多,导致相应的更大的孔隙率降低。

[0042] 参考图6的流程图,根据本公开的至少一些方面通常例示了设计和制造拉胀结构的方法。图6表示了用于设计NPR结构的一个非限定性方法的一般性方面,该方法使用计算机(例如,通过计算机辅助设计(CAD)或计算机自动化制造(CAM)系统)来进行任何或全部上文或下文描述的与所公开构思有关的功能。

[0043] 作为起始点,所述方法需要输入相关的结构设计要求,例如但不限于外部载荷的要求、热阻尼要求、泊松比(如有指定)、孔隙率、刚度等。基于这些设计要求,然后确定结构的设计要求是否有可能受益于拉胀(NPR)结构的使用。例如,如果结构的预期应用是受热应力主导或是在位移可控的载荷条件下操作的,则可以预计该结构受益于NPR结构。如果确定拉胀结构应用不是有益的,则使用结构的常规设计。

[0044] 然而,如果结构可以有利地包含NPR结构,则由收到的设计值的其余部分至少部分地确定结构的负泊松比(NPR)值或预计的可接受的值的范围。响应于主要的设计变量(例如,刚度、孔隙率等),建立了根据本构思(例如,图1-4各自呈现的技术)的多层结构的初始设计,作为进一步分析和建模的起始点。例如,如果结构要求特定的NPR值(或在可允许的NPR值范围内的值),则选择槽设计参数、图案、分层和层的定向以接近作为最好可能的期望的NPR值,同时满足伴随的设计变量(例如,孔隙率、刚度等)。在本构思的一些方面,通常确定结构是否需要零孔隙率和/或高刚度、中等孔隙率(例如,其中在最优应用的预期范围内,通常预期孔隙率为0%至约9%)和/或中等刚度、或高孔隙率(例如,其中在最优应用的预期范围内,通常预期孔隙率为约9%以上)和/或低刚度。

[0045] 一旦建立了结构设计的一般界限,则为多层结构的每一层选择另外的细节,以便为进一步的计算机建模建立起始点,包括但不限于选择(对于各个层)槽/开口(例如,图1中的开口105、205)参数(例如,形状、尺寸等)、单位单元排布、层数、以及层的相对定向。然后进行计算机建模以确定该设计是否满足全部的设计要求(例如,需要的孔隙率、需要的刚度

等)。如果未满足全部的设计要求,则由计算机建模系统实施的方法反复改变一个或多个设计变量(例如,增大或减小开口的尺寸,改变开口的形状,增加或减少层,提高或降低一个层与另一个层的相对定向,增大或减小开口的面积等)作为计算机建模的下一轮反复的输入。继续该过程,至少直到确定了设计满足全部的设计要求,并且可以在这种确定中有利地使用多个常规设计模型之一,例如但不限于成本模型、阻尼模型、冷却模型、应力模型等。期望(但不是必须)该过程继续进行,直至确定满足全部设计要求的一组设计,从这一组设计中可以明确具体应用的最优设计(例如,最低成本选项、最长寿命选项等)。

[0046] 一旦确定了适合的设计,将其存储至非瞬态物理计算机可读媒介上,用于之后(或基本上同时)经由适合的常规的无线或硬连线通信装置传输至远程计算机或CNC(计算机数控)系统。使用由非瞬态物理计算机可读媒介承载的计算机可执行的指令组,有利地由计算机实施通常公开的设计过程,所述非瞬态物理计算机可读媒介例如硬盘、磁带、磁盘驱动器(magnetic drive)、CD-ROM、DVD、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM或半导体存储装置(存储芯片、闪存驱动器等)。这些指令组通过与计算机(例如,台式计算机、便携式计算机、平板计算机、手持装置等)在操作上相关联的一个或多个处理器执行,以设计受限于预定的设计范围(例如,最大应力、最小预定寿命等)的多层NPR结构,并且存储和/或传输该设计至外部计算机或系统。例如,外部计算机或系统包含用于形成多层NPR结构的单个层的CNC机器(例如,激光切割器),使CNC机器产生多层结构的一个或多个层。

[0047] 根据本构思,统一或“通用”的单层结构(具有特定的孔隙率和开口几何结构的开口的单片材料)可以用于制造具有多个不同孔隙率的多个不同的NPR结构。这些NPR结构提供了比常规结构更低的应力和更长的疲劳寿命,并且可以进一步调整以具有更高的刚度和更好的承载能力。

[0048] 本发明可以用于广泛的工业组件,其中热机械膨胀和孔隙率(或不存在孔隙率)是重要的,包括但不限于,涡轮机组件、热交换器、管道、支撑件、机身、汽车或车辆组件、或者经受机械和/或热载荷的任何其他结构或组件。例如,应注意,如果使用图2示出的技术连接相同类型的片(例如,纵横比等于30的椭圆形开口),则双层结构的孔隙率降低至零。因此,即使对于无孔NPR结构,也可以将本构思有利地用于由多个统一的单层结构产生期望的NPR结构。

[0049] 可以使用CNC激光切割或其他常规形成方法(例如,冲孔、直线或弯曲切割、穿孔、锯切、火焰切割、水喷射加工等)单个地制备片,例如钢片或Inconel,然后可以彼此焊接或铆接,以实现必要的连接。

[0050] 本发明不限于本文公开的精确的构造和组成。相反,从在前描述显而易见的任何和全部的修改、改变和变化在所附权利要求限定的本发明的范围和主旨内。此外,本构思明确地包括前述要素和方面的任何和全部的组合及子组合。

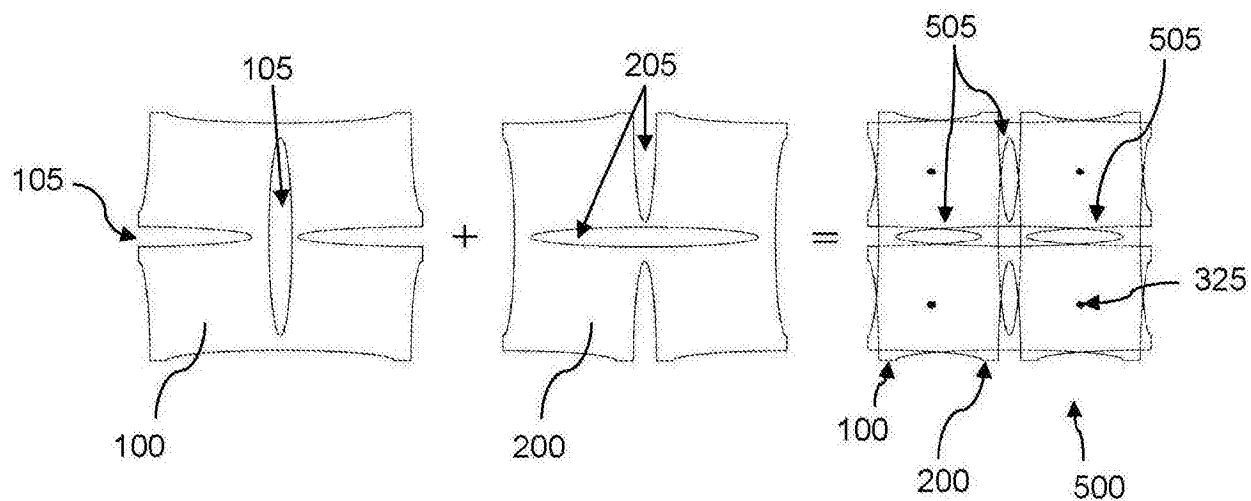


图1

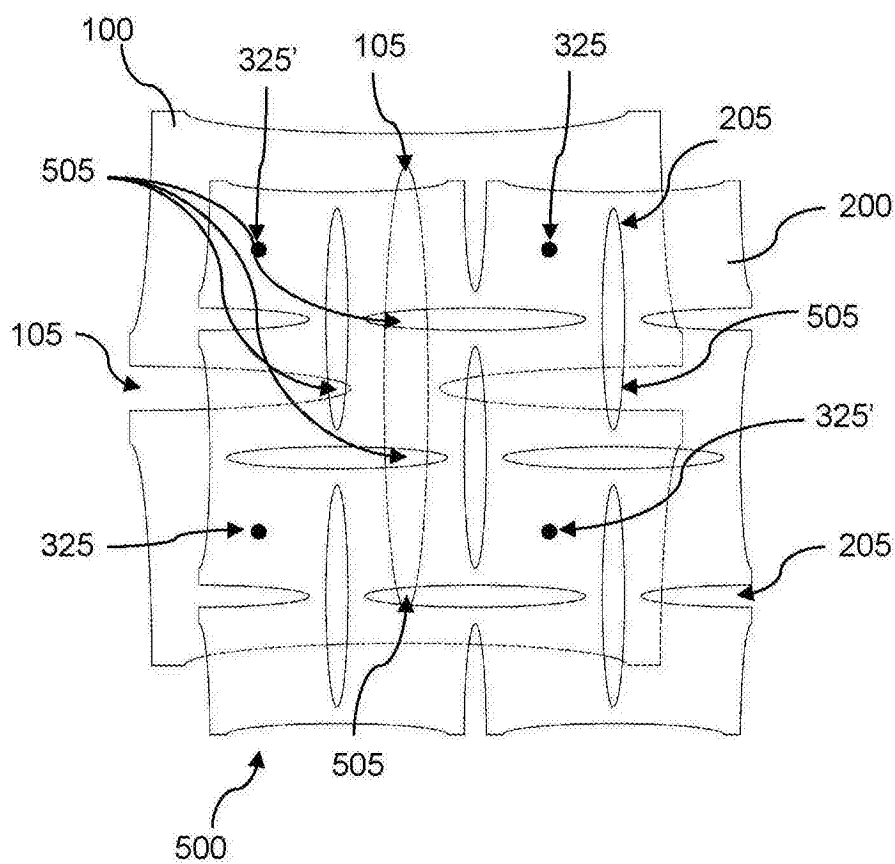


图2

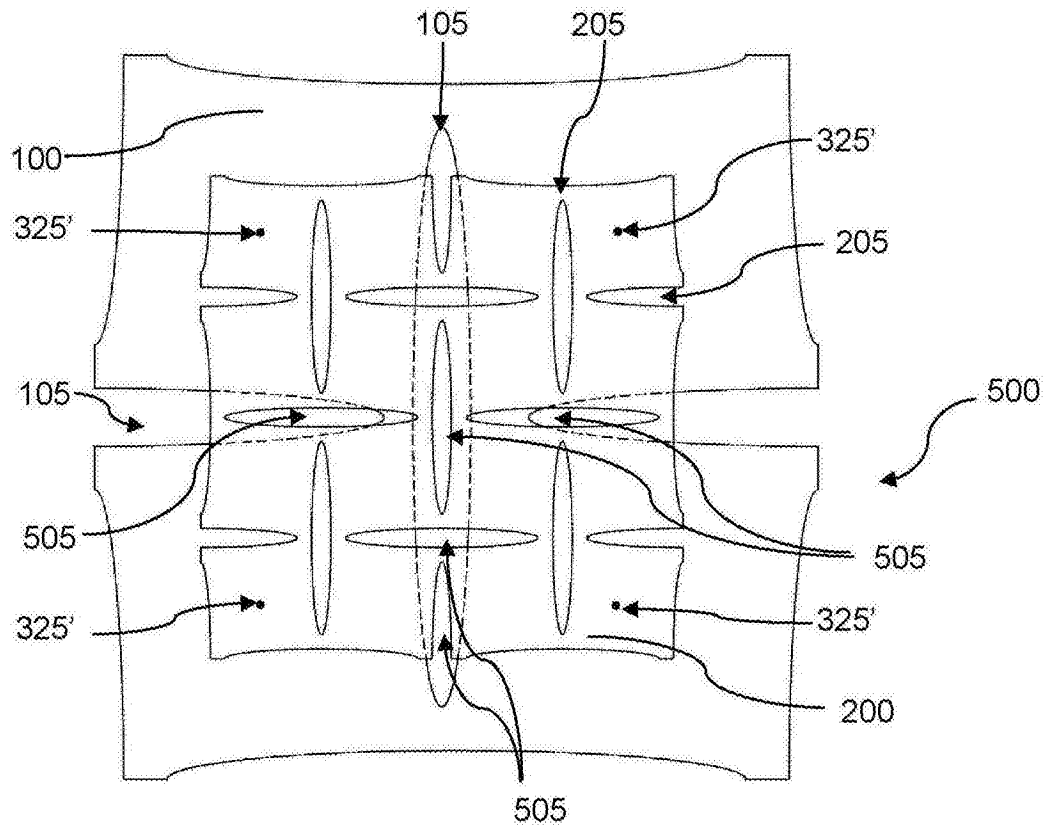


图3

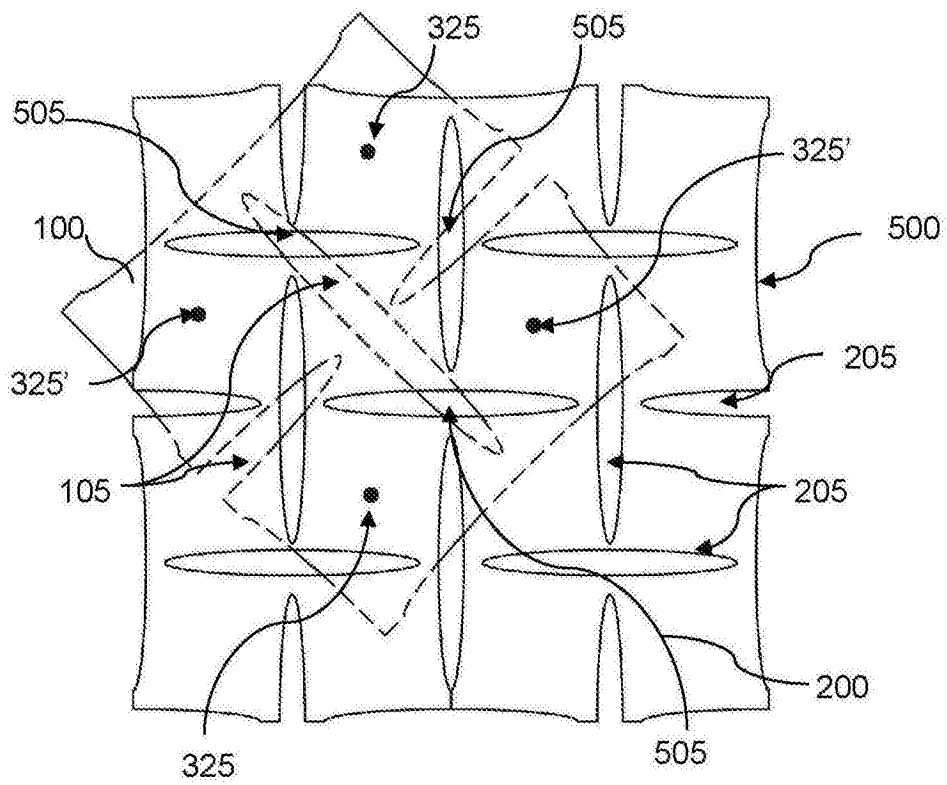


图4

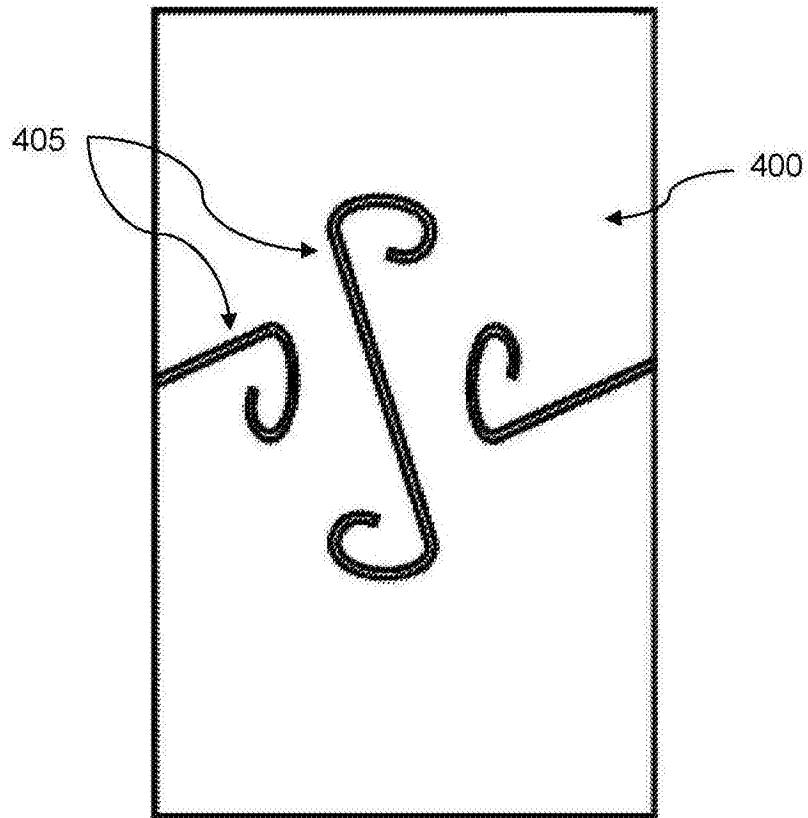


图5

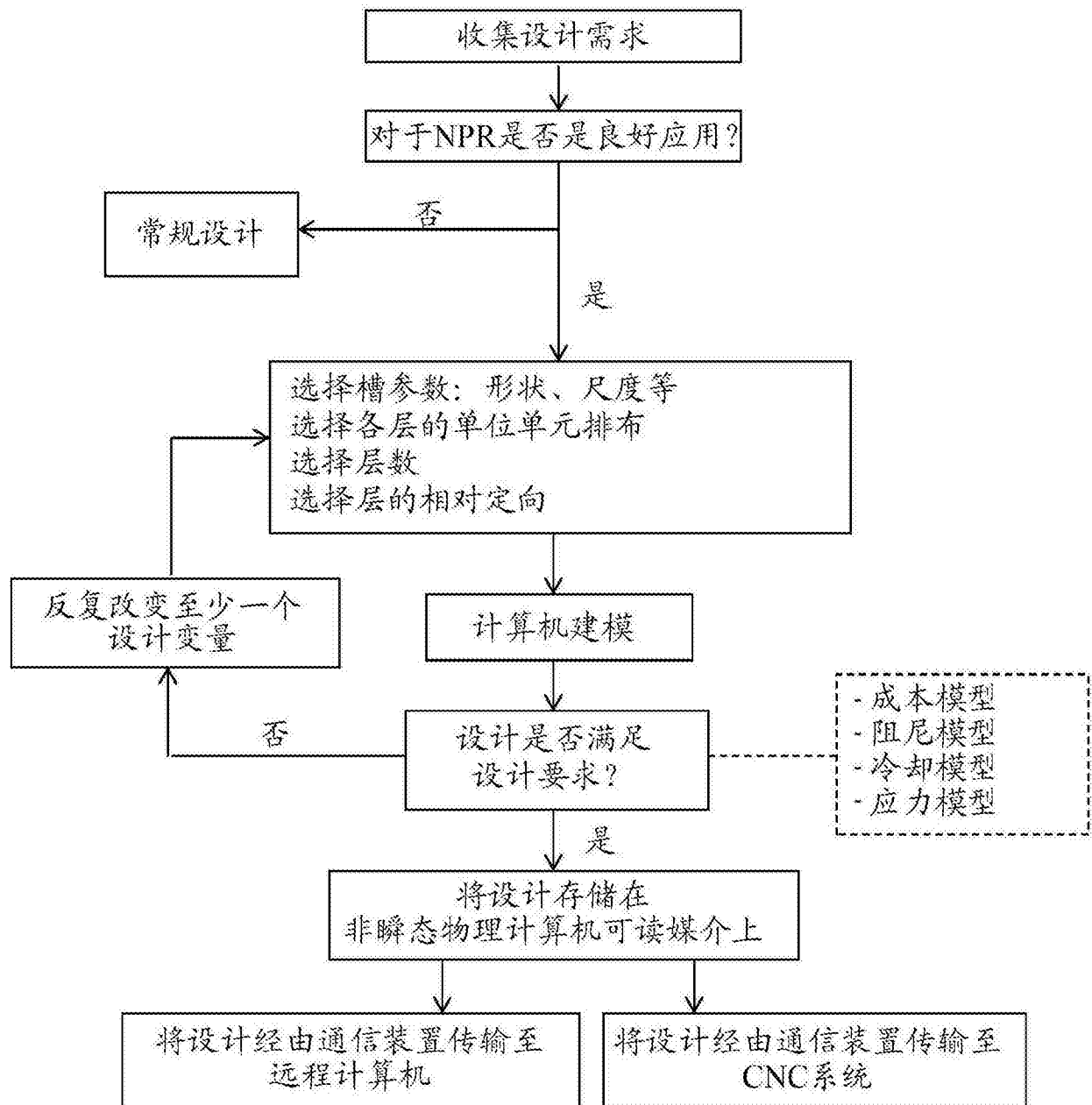


图6