



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104168854 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201380016220.7

(72)发明人 R.L.兰东

(22)申请日 2013.01.23

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104168854 A

代理人 邹松青 谭祐祥

(43)申请公布日 2014.11.26

(51)Int.Cl.

A61C 13/34(2006.01)

(30)优先权数据

61/590221 2012.01.24 US

(56)对比文件

WO 2011060312 A2,2011.05.19,

WO 2011022560 A1,2011.02.24,

US 2010291401 A1,2010.11.18,

US 7578851 B2,2009.08.25,

CN 1402623 A,2003.03.12,

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.09.24

审查员 王盛楠

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/022748 2013.01.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/112586 EN 2013.08.01

(73)专利权人 史密夫和内修有限公司

权利要求书2页 说明书11页 附图5页

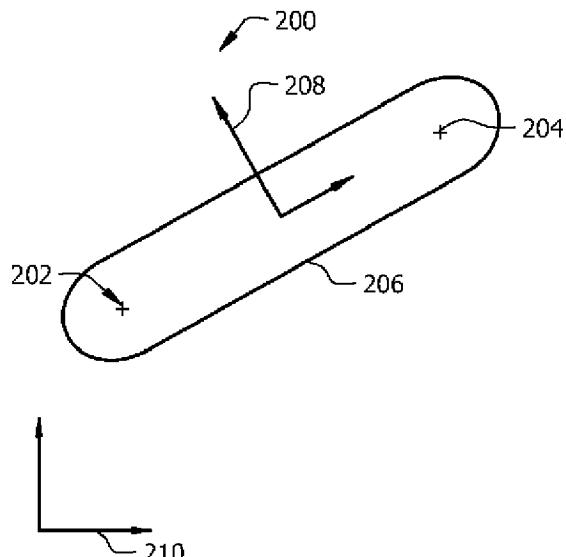
地址 美国田纳西州

(54)发明名称

多孔结构及其制造方法

(57)摘要

本公开允许更受控制地修改至快速制造技术(RMT)机器的输入数据,以通过执行与输入数据相反的效果来补偿制造过程的系统误差,诸如方向构建差异。通过使得对整个结构的全局缩放效果与对某些部分的期望局部效果之间解除联系,在最小化在结构的其它部分中引入的不希望变形的情况下实现所述修改。



1. 一种借助于机器制造多孔结构的方法,所述方法包括以下步骤:
 - a. 产生多孔结构的模型,所述产生步骤包括如下步骤:限定所述多孔结构的至少一个支柱,其中,所述至少一个支柱包括第一节点、第二节点、以及在所述第一节点和所述第二节点之间的主体;
 - b. 向所述至少一个支柱分配局部坐标系,所述局部坐标系具有垂直于第一平面的法向向量的至少一个方向;
 - c. 沿所述至少一个方向修改所述至少一个支柱的尺寸,其中,所述修改步骤不会在所述第一平面中产生任何改变;以及
 - d. 根据所述模型通过使可熔材料暴露于能量源来制造所述多孔结构。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述修改步骤不改变所述第一节点和所述第二节点中的至少一个的位置。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一平面包括所述机器的构建平面。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述尺寸选自由厚度和长度构成的组。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述修改步骤包括如下步骤:将所述至少一个支柱的三维体积投影到所述第一平面,使得所述第一节点和第二节点处于所述第一平面中;向所述至少一个支柱的所述尺寸应用缩放因数;以及将投影在所述第一平面中的所述三维体积投影回初始位置。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述缩放因数至少基于在用于将可熔材料暴露于能量源的机器中待被补偿的误差。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一平面包括所述机器的构建平面,并且其中,所述修改步骤包括如下步骤:将所述至少一个支柱的三维体积投影到所述第一平面,使得所述第一节点和第二节点处于所述第一平面中;向所述至少一个支柱的所述尺寸应用缩放因数;以及将投影在所述第一平面中的所述三维体积投影回初始位置。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述缩放因数至少基于相对于所述构建平面的距离而改变。
9. 一种借助于机器制造多孔结构的方法,所述方法包括以下步骤:
 - a. 产生多孔结构的模型,所述产生步骤包括如下步骤:限定所述多孔结构的至少一个支柱,其中,所述至少一个支柱包括第一节点、第二节点、以及在所述第一节点和所述第二节点之间的主体;
 - b. 向所述至少一个支柱分配局部坐标系,所述局部坐标系具有垂直于第一平面的法向向量的至少一个方向;
 - c. 在所述第一平面中修改所述至少一个支柱的尺寸,以解决在产生所述模型时的方向差异;以及
 - d. 根据所述模型通过使可熔材料暴露于能量源来制造所述多孔结构;其中,所述修改步骤包括如下步骤:将所述局部坐标系转换到所述第一平面的坐标系;向所述至少一个支柱的所述尺寸应用缩放因数;以及将所述第一平面的所述坐标系转换到所述局部坐标系。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述修改步骤至少基于在用于将所述可熔材料暴露于能量源的机器中待被补偿的误差。

11. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述第一平面包括所述机器的构建平面。
12. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述尺寸选自由厚度和长度构成的组。
13. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述缩放因数至少基于相对于所述第一平面的距离而改变。
14. 一种借助于机器制造多孔结构的方法,所述方法包括以下步骤:
 - a. 产生多孔结构的模型,所述产生步骤包括如下步骤:限定所述多孔结构的至少一个支柱,其中,所述至少一个支柱包括第一节点、第二节点、以及在所述第一节点和所述第二节点之间的主体;
 - b. 向所述至少一个支柱分配局部坐标系,所述局部坐标系具有垂直于第一平面的法向向量的至少一个方向;
 - c. 在所述第一平面中修改所述至少一个支柱的尺寸,以解决在产生所述模型时的方向差异;以及
 - d. 根据所述模型通过使可熔材料暴露于能量源来制造所述多孔结构;
- 其中,所述修改步骤包括如下步骤:向所述至少一个支柱分配与至少一个新节点相关的额外局部坐标系;将在所述局部坐标系和所述额外局部坐标系中的所述至少一个支柱转换到所述第一平面的坐标系;向所述至少一个支柱的所述尺寸应用缩放因数,所述缩放因数至少对应于所述额外局部坐标系;以及将在所述第一平面的所述额外坐标系中的至少一个支柱转换到所述局部坐标系。
15. 根据权利要求14所述的方法,其中,所述缩放因数至少基于相对于所述第一平面的距离而改变。

多孔结构及其制造方法

技术领域

[0001] 本公开总体涉及通过快速制造技术生产的多孔结构及其制造方法,更具体地,本公开涉及补偿多孔结构的制造过程中的系统误差。

背景技术

[0002] 某些医疗植入物和矫形植入物需要用于承重目的的强度和促进骨/组织内生长的多孔性。例如,许多矫形植入物包括提供支架结构以在愈合期间促进骨内生长的多孔部段和意在使患者更快速地行走的承重部段。快速制造技术(RMT),尤其是直接金属制造(DMF)和实体自由成型制造(SFF),已被用于生产金属泡沫,金属泡沫被用于医疗植入物或医疗植入物的部分中。一般而言,RMT方法允许通过3D CAD模型来构建结构,包括棋盘格形/三角形实体和平滑实体。例如,DMF技术利用粉末每次一层地生产三维结构,通过利用诸如激光或电子束的能量源辐射一层粉末来固化所述粉末。通过应用以光栅扫描方式指向粉末层的选定部分的能量源,粉末熔融、熔化或被烧结。在熔融一个粉末层中的图案之后,配给另一层粉末,并且重复所述过程,在层之间进行熔融,直到完成期望的结构。

[0003] 尽管DMF可用于提供足够坚固以用作医疗植入物中的承重结构的致密结构,但常规使用的多孔结构采用具有均匀、非随机且规则的特征的布置,该特征产生三维多孔结构的支柱横穿所在的脆弱区域。国际申请PCT/US2010/046022、PCT/US2010/046032和PCT/U52010/056602的公开内容通过提供制造三维多孔结构的有效方法和结构自身来解决这些缺点,所述结构自身具有随机化的支架结构,所述支架结构提供在不损害强度的前提下改进的多孔性、包括元件之间的无缝接头的改进的强度、改进的连接性以及梁特征。国际申请PCT/US2010/046022、PCT/US2010/046032和PCT/U52010/056602的全部公开内容通过引用合并于本文。

[0004] 但是,RMT构建过程常常不根据设计输入精确地形成多孔结构。具体地,由于快速制造机器的构建过程的方向性,在X-Y平面中构建的物体未必与在Y-Z或X-Z平面中构建的看起来一样。当构建过程在定向在X-Y平面内的层中进行绘制时,Z维度(或竖直方向)更难以控制。换言之,应该与X-Y平面内的另一孔口具有类似的形状和大小的定向在X-Z平面内的孔口在被构建时具有稍微不同的形状和大小。

[0005] 尽管在许多情形中通常忽略了此差异,但当构建的结构本身相当小(诸如用于生物内生长的结构)时,这是相当明显的。由RMT构建过程导致的在用于生物内生长的结构中的微小差异可导致不能最佳地达到其目的的结构。例如,所述结构可包括由于比说明书规定的更薄或更细长而倾向于发生故障的支柱,或者所述结构由于支柱比规定的更厚而与更薄或更细长的支柱一样不会具有最佳的孔隙度。

[0006] 鉴于以上,仍需要有效的方法来解决由RMT过程或受到类似方向差异影响(例如,受相对靠近热源/散热器或逐层构建方法影响)的其它制造过程构建的结构的方向差异,尤其是用于生物内生长的结构的方向差异。

发明内容

[0007] 本公开的一个方面在于，通过在RMT设备的构建过程期间修改影响差异的相对于热源/散热器结构的特征来补偿RMT设备的构建过程中的方向差异。

[0008] 本公开的另一方面在于提供使得在一个平面中构建的结构的特征具有与在RMT设备中在另一平面中构建的特征具有类似的形状和尺寸的方法。

[0009] 本公开的另一方面提供具有已经补偿RMT设备的构建过程中的方向差异的特征的结构。

[0010] 根据本公开的一个方面，提供一种用于制造多孔结构的方法，所述方法包括步骤：产生多孔结构的模型，所述产生步骤包括步骤限定所述多孔结构的至少一个支柱的步骤，其中，所述支柱包括第一节点、第二节点、以及在所述第一节点和所述第二节点之间的主体；向所述支柱分配局部坐标系，所述局部坐标系具有垂直于第一平面的法向向量的至少一个方向；沿所述至少一个方向修改所述至少一个支柱的尺寸，所述修改步骤不会在所述第一平面中产生任何改变；以及根据模型通过使可熔材料暴露于能量源来制造多孔结构。

[0011] 在一个实施例中，所述修改步骤包括步骤：将所述支柱的三维体积投影到所述第一平面，使得所述第一节点和第二节点处于所述第一平面中；向所述支柱的所述尺寸应用缩放因数；将投影在所述第一平面中的所述三维体积投影回初始位置。在另一实施例中，所述修改步骤不会改变所述第一节点和所述第二节点中的至少一个的位置。

[0012] 在一个实施例中，缩放因数至少基于在用于将可熔材料暴露于能量源的机器中待被补偿的误差。在另一实施例中，第一平面包括所述机器的构建平面。在另一实施例中，缩放因数至少基于相对于所述构建平面的距离而改变。在另一实施例中，所述尺寸选自由厚度和长度构成的组。

[0013] 根据本公开的另一方面，提供一种用于制造多孔结构的方法，所述方法包括步骤：产生多孔结构的模型，所述产生步骤包括步骤限定所述多孔结构的至少一个支柱的步骤，其中，所述支柱包括第一节点、第二节点、以及在所述第一节点和所述第二节点之间的主体；向所述支柱分配局部坐标系，所述局部坐标系具有垂直于第一平面的法向向量的至少一个方向；在所述第一平面中修改所述支柱的尺寸；以及根据模型通过使可熔材料暴露于能量源来制造多孔结构。

[0014] 在一个实施例中，修改步骤包括步骤：将所述局部坐标系转换到所述第一平面的坐标系；向所述支柱的所述尺寸应用缩放因数；将所述第一平面的所述坐标系转换到所述局部坐标系。在另一实施例中，修改步骤包括步骤：向所述支柱分配与至少一个新节点相关的额外局部坐标系；将在所述局部坐标系和所述额外局部坐标系中的所述支柱转换到所述第一平面的坐标系；向所述支柱的所述尺寸应用缩放因数，所述缩放因数至少对应于所述额外局部坐标系；将在所述第一平面的所述额外坐标系中的支柱转换到所述局部坐标系。

[0015] 在一个实施例中，所述修改步骤至少基于在用于将可熔材料暴露于能量源的机器中待被补偿的误差。在另一实施例中，所述第一平面包括所述机器的构建平面。在另一实施例中，所述缩放因数至少基于相对于所述第一平面的距离而改变。在另一实施例中，所述尺寸选自由厚度和长度构成的组。

[0016] 当结合附图阅读以下详细描述时，其它优点和特征将显而易见。以上相当概要地

概括了本发明的特征和技术优点,以便可以更好地理解本发明的以下详细描述。下文将描述形成本发明的权利要求的主题的本发明的额外特征和优点。本领域技术人员应该明白,所公开的构思和具体实施例可容易地用作修改或设计用于执行本发明的相同目的的其它结构的基础。本领域技术人员还应该意识到,这类等价构造不脱离所附权利要求所述的本发明的精神和范围。当结合附图考虑以下描述时,将更好地理解被认为是本发明的特点(关于其构成和操作方法)及其它目的和优点的新颖特征。但是,应该清楚地理解,每个附图是仅为图示和描述目的而给出的,并非意在用作限制本发明的限定。

附图说明

- [0017] 为了更全面地理解所公开的方法和设备,应该参考在附图中更详细地图示的实施例,在附图中:
- [0018] 图1A和1B图示仿射缩放对多孔结构的示例性作用;
- [0019] 图2图示根据本公开的一些方面的具有与机器坐标系相独立的局部坐标系的支柱;
- [0020] 图3图示根据本公开的一些方面来缩放支柱的第一实施例;
- [0021] 图4图示根据本公开的一些方面来缩放支柱的第二实施例;
- [0022] 图5图示根据本公开的一些方面来缩放支柱的第三实施例;
- [0023] 图6和7图示实现图5的第三实施例的示例性方法;
- [0024] 图8A图示结构的XY平面;
- [0025] 图8B是放大25倍的多孔结构的部分的XY平面(如图8A所示)的扫描电子显微镜(SEM)图像;
- [0026] 图8C是放大100倍的图8B的多孔结构的部分的XY平面(如图8A所示)的扫描电子显微镜(SEM)图像;
- [0027] 图9A图示图8A的结构的Z平面;
- [0028] 图9B是放大25倍的图8B的多孔结构的部分的Z平面(如图9A所示)的扫描电子显微镜(SEM)图像;
- [0029] 图9C是放大100倍的图8B的多孔结构的部分的Z平面(如图9A所示)的扫描电子显微镜(SEM)图像;
- [0030] 图10示出在XY平面和Z平面内图8B的多孔结构的各个支柱的平均厚度的图表。
- [0031] 应该理解,附图不必按比例绘制,并且有时以示意图和局部视图的方式来图示所公开的实施例。在某些情形中,可能省略了对理解所公开的方法和设备来说非必要的或致使其它细节难以被察觉的细节。当然,应该理解,本公开不限于本文所阐述的特定实施例。

具体实施方式

- [0032] 本公开提供用于解决在制造多孔结构的自由成型制造机器中的方向差异的方法。优选地,本发明的改进的多孔结构通过利用自由成型制造方法形成,包括快速制造技术(RMT),诸如直接金属制造(DMF)。通常,在RMT或自由成型制造中,模型或限定期望结构的运算或期望结构的计算机可读文件被提供给具有诸如激光束的能量源的计算机辅助机器或设备,能量源熔化或烧结粉末以根据所提供的模型一次一层地构建所述结构。

[0033] 在美国专利4,863,538、5,017,753、5,076,869和4,944,817中可找到选择性激光烧结技术的详细描述,它们的全部公开内容通过引用合并于本文。当前实践是利用在计算机的帮助下产生的数学模型通过计算机来控制制造过程。因此,RMT(诸如选择性激光重新熔化和烧结技术)可利用各种材料直接制造实体或3D结构。

[0034] 由于热源/散热器的机器布置和一次一个层或平面的构建,更难以沿垂直于所述层或表面的方向控制构建过程。这样,在垂直于构建平面的方向上的结构的特征不与所述模型以及构建平面中的特征相匹配。例如,图8A-8C、9A-9C和10证实了一个特定RMT机器的这种方向差异。参照图8B-8C和9B-9C,此机器在XY平面中构建的支柱(在图8B-8C中示出)与在Z平面中构建的支柱(在图9B-9C中示出)具有不同的表面粗糙度和外观,其中,Z平面中的支柱更粗糙且看起来“更朦胧”。参照图10,此机器构建的在Z平面中的支柱比在XY平面中构建的支柱稍厚,平均要厚约50微米,虽然根据输入模型这两组支柱应该具有相同的厚度。

[0035] 这样,每个RMT机器通常具有系统差异因数。例如,支柱厚度可受激光强度影响,激光强度可与距激光(例如热源)的距离成比例。此外,设备的构建平台以及被构建的结构也可用作散热器。例如,更靠近散热器的部分更可能具有正确的尺寸。此外,热量从热源向散热器的流动的相对复杂性也对机器的方向差异有贡献。在多孔金属结构中,至少更难的是使得支柱的振动分子加热相邻的金属分子(如果金属分子未被牢固地结合的话),因此降低热耗散。

[0036] 尽管不打算受理论限制,但是存在对系统方向差异的若干可能解释。例如,如果热量过高,则熔池可失去其形状并变平。在该情形中,相邻材料互相结合,使得零件比根据模型所期望的厚。另一方面,如果热量过低,则层之间的结合以及X-Y平面中的相邻粒子之间的结合可能小于最佳情况的,由此产生比根据模型的期望支柱更薄的支柱。根据表面粗糙度(基于提及的其它因数中的一些),用于清理掉过量粉末的清洁过程可影响多孔孔口的形状和大小。这在下侧很粗糙(高表面积)并使用蚀刻技术(对高表面积更敏感)时尤其适用。

[0037] 在优选实施例中,术语“热源”通常指的是激光,术语“加热区”通常指的是熔融粉末层,并且术语“散热器”通常指的是用于相同目的的构建平台或构建特征。此外,如上所述,与散热器相关的热流也影响构建差异。例如,差的热流区域可仅接收计划热量的80%,这与模型相比减少20%。类似地,中等热流接收计划热量的90%,由此导致与模型相比在大小上减少10%,并且高或最佳热流区域接收全部热量,由此产生根据模型或稍微更厚的构建特征。差的热流区域通常比中等和高热区域更远离构建平台。中等热区域比高热区域更远离构建平台。高热区域最靠近构建平台。

[0038] 一个可行方案用于补偿特定RMT机器的这种偏差。例如,如果已知所使用的RMT机器在垂直平面内构建比模型要厚一定百分比的结构,则操作者可通过修改模型或指示机器构建在垂直方向上比模型薄达该百分比的结构来手动补偿此差异。此方法适用于大型结构。但是,在需要精确尺寸的较小结构(诸如,意在促进和/或支撑组织内生长的结构)中会产生问题。例如,过薄的支柱倾向于发生故障,并且过厚或细长的支柱将不能提供用于组织内生长的最佳范围内的孔尺寸。

[0039] 参照图1A,结构10具有长度为A且厚度为B的支柱12。如果特定机器通常构建比输入模型所规定的更薄的支柱12的厚度B,则产生或辅助产生用于RMT机器的输入模型的三维软件应用可允许向输入模型应用仿射缩放因数,以考虑到/计入RMT机器中某一构建方向差

异,诸如比规定的更薄的支柱12。遗憾的是,通过仿射缩放对支柱12的厚度B进行的任何调整会导致结构10中孔(诸如孔14)的位置改变。例如,参照图1B,当仿射缩放因数 γ 被用于增加支柱12的厚度B时,得到厚度B',长度A也受同一因数 γ 影响,得到长度A'。换言之,仿射缩放可表示如下:

$$[0040] \quad A' = \gamma A \quad B' = \gamma B.$$

[0041] 因此,仿射缩放致使增大至图1B中的结构10。当结构10生长时,孔14的位置改变,这反映在更大的长度A'上。这样,这类仿射缩放将期望的B'的改变与不期望的A'的改变联系起来。当仅需要局部缩放时,仿射缩放的全局缩放效果产生了整个结构的不希望的变形。如果结构10是用于大型应用的较大结构,则孔14的位置或尺寸的改变可具有最小的影响。然而,如果结构10是需要精确尺寸的较小结构,诸如意在促进和/或支撑组织内生长的结构,则相对于输入模型的理想尺寸的任何微小变化和移动都可能导致明显的结构缺陷,所述结构缺陷致使结构10不能用于其预期应用。例如,在仿射缩放之后,在仿射缩放之后,孔14可能大于促进组织生长的期望最佳孔尺寸。

[0042] 用于大型应用的较大结构的例子通常包括感兴趣的特征大于约1mm-2mm的情况。此外,术语“大”通常指的是尺寸及其公差之间的比率。例如,如果方向差异约为0.050至0.25mm且公差为+/-0.3mm,则由于差异在可接受的公差范围内,可能不需要进行补偿。另一方面,如果对于相同的方向差异公差为+/-0.1mm,则误差不合适并且需要补偿。

[0043] 本公开还提供在最小化经修改的结构的不期望变形的情况下补偿自由成型制造机器或受类似方向差异影响的其它机器过程中固有的方向差异的方法。在一个实施例中,经修改的特征并非成比例地生长,相反,所述过程增加一层或多层材料以补偿差异。在另一实施例中,材料的层通常小于1/10毫米。

[0044] 根据本公开的一个方面,解决方向差异的一种方法包括非均匀仿射缩放,诸如,仅沿需要补偿的方向(例如Z方向)执行缩放。执行非均匀缩放的一种方法包括压缩或扩大结构的模型的孔格。在优选实施例中,沿Z方向扩大所述结构等同于沿X-Y方向收缩所述结构并放大支柱或整个结构,直到X-Y方向看起来未发生改变。类似地,所述结构或支柱沿Z方向收缩等同于沿X-Y方向扩大,然后缩小支柱或结构,直到X-Y方向看起来未发生改变。

[0045] 在压缩或扩大之后,可限定模型的支柱,以赋予结构以厚度和形式。在一个实施例中,孔优选地看起来是椭圆形并沿Z方向被压缩的(或细长的)。然后可沿Z方向缩放模型,使得孔最后位于它们的初始位置并且支柱成比例地增厚。当进行需要修改结构的一部分时,此方法需要修改整个孔结构或格子。

[0046] 根据本公开的另一方面,解决方向差异的另一种方法包括:通过使得对整个结构的总体或整体缩放效果与对特定部分的期望局部缩放效果之间解除联系,单独地缩放结构的某些部分。

[0047] 使得全局缩放效果和局部缩放效果解除联系的一个实施例包括:为结构的需要局部缩放的某些部分分配局部坐标系。在优选实施例中,局部坐标系的一个轴沿支柱的主体定向,并且另一个轴大体沿变形方向,例如Z方向。其它可逆坐标系可用于实现解除联系的效果,只要它们允许支柱返回它们的初始位置。所分配的局部坐标系允许利用线性代数沿期望方向使这些部分缩放以最佳或期望量,以补偿机器差异。在分配局部坐标系之后,这些部分的三维(3D)体积被投影到构建平面(例如横向或X-Y平面)上,从而使得待被缩放的这

些部分的位置处于该平面内。然后,沿期望方向(例如Z方向)修改(例如,增加或减小厚度)这些部分以最佳或期望量,以补偿该方向上的机器构建的差异。在横向平面中修改所述部分之后,经缩放的部分投影返回到它们的初始位置,其中,经缩放的部分与构建平面(例如X-Y平面)相独立地沿Z方向更大或更小(根据需要)。因此,局部缩放不会改变这些经缩放部分相对于整个结构的位置,由此最小化所述结构在缩放过程期间的不希望的变形。

[0048] 在另一实施例中,待被缩放的部分可被转换到横向平面,而非将这些部分的3D体积投影到横向平面。在优选实施例中,转换是将新坐标系和所有相关物体放置为与另一坐标系(通常称作“全局”坐标系)一致的旋转和平移。当在横向平面中时,可沿垂直于构建平面的方向根据需要修改(例如,增加或减小)部分的厚度。然后,经缩放的部分被转换回到它们的初始位置,其中,经缩放的部分与构建平面(例如X-Y平面)相独立地沿Z方向(根据需要)变大或缩小。在本实施例中,除了在局部坐标系的X-Y平面中之外,经缩放部分的其它区域可在构建平面(例如机器坐标系的X-Y平面)内轻微变形。因为当在横向平面或在全局坐标系中时沿Z方向缩放特定特征,因此当进行逆转换时所述特征可能沿Z方向轻微变形。在一个实施例中,支柱相对于全局坐标系的角度决定该轻微的变形,例如,应用于Z方向的扩张/收缩因数的大小。例如,如果厚度增加10%,则水平支柱增加至其厚度的110%。但是,对于与水平方向成45度角的支柱来说,厚度增加至其厚度的105%,并且竖直支柱保持不变。在其它实施例中,固定的值(例如,50或150微米)可被分配以根据需要补偿支柱厚度或长度的增大或减小,而非以某个百分比来补偿。

[0049] 替代性地,通过基于需要修改的特征相对于水平方向的方向来移动限定模型中的支柱/多孔结构的点的z坐标,可执行局部缩放作用,而不产生总体改变。例如,如果支柱的表面是多面的,并且那些面平行于构建平台,则可垂直于该表面移动坐标达完全补偿量。另一方面,如果多个面垂直于构建平台,则不垂直于它们的表面地移动坐标。本实施例不需要使得支柱被限定在模型中。通过移动z坐标实现局部缩放可能需要大量计算资源以及操作所述结构的三维文件。

[0050] 根据另一方面,本公开解决RMT机器中的方向差异,该方向差异具体是由部分与RMT机器中的热源/散热器的相对距离导致的。在某些例子中,相比于结构的较远部分,所述结构的部分倾向于在较靠近热源处构建得较厚,即使输入模型规定相同的厚度而不管与热源的距离。类似地,与较接近散热器的部分相比,结构的部分在较远离散热器处可以较厚。为了补偿由相对于热源的构建距离导致的差异,可利用梯度缩放因数或台阶式扩张。梯度缩放因数可以是常数或根据机器或应用而改变。例如,结构可具有在热源处或热源附近为输入模型的厚度的80%并且逐渐增加至在远离热源足够距离处100%的缩放梯度。替代性地,根据本公开的一些方面,可将热源处或热源附近的部分修改为构建80%厚度,在距离热源约100微米处为85%,在距离热源约200微米处为90%,以此类推。这些数字仅是示例性的,因为优选至少基于所使用的特定机器的具体方向差异和/或操作情况来选择缩放梯度或台阶式扩张。

[0051] 在用于改变结构的某些特征的形状以考虑/计入沿垂直于构建平面或层的方向的变化的方法的特定实施例中,需要改变的特征(例如支柱)被隔离并单独地被缩放,以避免结构的其它特征(例如孔)的不希望变形。这优选通过使得支柱的仿射缩放所导致的对整个结构的全局缩放效果与对单独特征或支柱的期望的局部缩放效果之间解除联系来实现。

[0052] 在一个实施例中,存在用于RMT机器的结构模型输入,其具有理想地放置的支柱和节点,以限定期望的孔配置,就像机器在没有任何构建差异的情况下根据模型来构建结构的特征那样。在特定实施例中,参照图2,支柱200优选包括第一端202、第二端204、以及在第一端202和第二端204之间的连续的细长主体206。主体206具有选定或预定的厚度和长度。在优选实施例中,第一端202和第二端204用作支柱200的节点,其中,节点可包括第一支柱的一端和第二支柱的主体之间的交叉点、第一支柱的一端和第二支柱的一端之间的交叉点、和/或第一支柱的一端和整个结构的任何其它部分之间的交叉点。

[0053] 为了清楚和保持简单,在附图中仅提供较大结构(未示出)的支柱200,并在此为了示例性目的对其进行论述。应该理解,本公开的各个方面可被应用,以修改要由RMT机器构建的结构的多个支柱或各种部分。在一个实施例中,支柱200被限定成像RMT机器可如输入模型所规定的那样不存在任何差异地一直生产完美的零件。在优选实施例中,限定理想支柱包括识别节点之间的每个区域的所有表面和/或体积。例如,这包括限定支柱200的主体206的某些特性。这些特性包括支柱直径、纵向形状、剖面形状、大小、形状轮廓、支柱厚度、材料特征、强度曲线或其它特性。这是支柱200的理想输入模型。

[0054] 参照图2,在一个实施例中,支柱200的理想模型是不同于机器坐标系210的分配的局部或节点坐标系208。局部或节点坐标系208允许缩放支柱200,以在不对支柱200作为其一部分的较大结构(未示出)引入不希望的变形的情况下补偿特定机器的构建方向差异。例如,特定的RMT机器可具有系统扩张问题,诸如沿垂直于构建平面的方向的构建方向差异,其中,机器倾向于产生具有较厚的支柱或在热源附近较厚且在远离热源的垂直于构建平面的方向上较薄的其它特征的结构。与散热器或热流的相对距离也对机器的系统扩张误差有贡献,如上所述。

[0055] 最小化补偿过程中的不希望的变形的一种方法是在利用局部坐标系208修改支柱200的主体206的厚度时保持支柱202和204的位置。优选地,线性代数可用于缩放主体206的厚度。

[0056] 参照图3,在一个实施例中,支柱200的3D体积投影到平面上,其中,不需要进行改变从而使得节点202和204位于该平面中。投影由箭头212示出。当支柱200投影到新的平面上时,仍保持某些3D特性。在一个实施例中,此平面是构建平面或机器坐标系210,诸如横向或X-Y平面,其中,在一些情形中,由该平面中的结构的部分从机器的热源吸收的能量基本相同。主体206在投影之前所具有的厚度214与当支柱200投影到具有机器坐标系210的平面中时的厚度216相同。一旦在此平面中,主体206就适当地扩张或收缩,以补偿特定机器的构建方向差异,得到主体206'。例如,如果机器展现沿垂直于构建平面的方向(例如Z方向)朝向热源构建约更厚25%的较厚支柱的倾向,则可沿此垂直方向应用80%的缩放因数以获得由输入模型规定的约100%的厚度,而非125%的更大厚度。所述补偿通过执行与输入数据相反的作用来解决制造过程的系统误差。根据特定机器所展现的构建差异,可如上所述地以梯度方式或台阶式方式应用缩放因数。在已经应用期望的缩放因数之后,可将支柱200投影返回其初始位置,如箭头218所示。支柱200(现在具有主体206')在Z方向(或需要补偿的方向)上与X-Y方向(或构建平面)相独立地被单独缩放。当支柱200在具有机器坐标系210的构建平面中被缩放并投影返回局部坐标系208中时,节点202和204的位置不变。这样,主体206的厚度缩放局部地发生并且不会导致节点202和204的位置的任何不希望的变形。在本实施例

中,相对于机器坐标系210缩放支柱200。

[0057] 尽管不希望受理论限制,但以下例子提供了上述投影过程的一般类比。支柱可被看做根据第一坐标系切片的一块面包,这导致切片是成角度的。为了将该块面包投影到第二平面,切片彼此挨着放置就像它们属于精确平直的面包块那样。在此新平面中,新的面包块看起来短于且大于在第一坐标系中被切片之前的情况。在第二坐标系的新面包块中,根据切片之前面包块的平坦程度,每个切片可具有不同的高度。第二坐标系(即新平面)中的新面包块的切片沿期望的方向被拉伸期望的量。然后,切片投影返回第一坐标系,其中,切片彼此挨着放置在它们的成角度位置,现在整个面包块被沿期望方向拉伸。

[0058] 参照图4,在另一实施例中,可相对于局部坐标系208缩放支柱200。具体地,如箭头212所示地,支柱200被转换到不需要改变的平面,诸如如上所述的横向平面。在优选实施例中,利用诸如 $[T]$ 和 $[T]^{-1}$ 的转换矩阵实现此转换,其中, $[T] \equiv$ 旋转和/或平移到机器坐标系210,如箭头212所示,并且 $[T]^{-1} \equiv$ 旋转和转换到节点坐标系208,如箭头214所示。当支柱200被转换到具有机器坐标系210的平面时,支柱200的局部坐标系208与机器坐标系210相同。可使用的示例性转换矩阵是运动矩阵;但也可使用其它合适的转换矩阵。在其它实施例中,可使用旋转和平移到期望位置的卡登角、欧拉角或任何其它方法。在将支柱200转换到具有机器坐标系210的平面之后,可根据机器差异是否导致主体206的厚度增加或减小来根据需要缩放主体206的厚度。缩放或修改主体206的至少一个尺寸得到具有不同尺寸的主体206'。在执行完期望的缩放之后,支柱200'被转换回局部坐标系208,如箭头214所示。在本实施例中,相对于局部坐标系208缩放支柱200。现在具有主体206'的支柱200与缩放之前的主体206相比具有新的厚度,其中,节点202和204的位置与应用仿射因数情形下的位置相比保持较小的变形。

[0059] 在一些例子中,当结构中存在多于一个支柱时,机器偏差可能需要缩放一个支柱的厚度并缩放该支柱的长度。本公开的各个方面可被采用以单独地解决不同的方向要求,而不会将改变与整个结构联系起来。参照图5A,存在结构500,其包括具有厚度504和长度506的支柱502,结构500根据本公开的一些方面被缩放为包括具有厚度504'和长度506'的支柱502的图5B的结构500。图6描绘了缩放支柱502的厚度504的示例性过程,并且图7描绘了缩放支柱502的长度506的示例性过程。在优选实施例中,与长度506相独立地缩放厚度504。换言之,解除联系的缩放可表示如下:

$$[0060] 504' = \gamma 504 \quad 506' = \xi 506$$

[0061] 其中, $\gamma \neq \xi$, 并且 γ 和 ξ 可以 >1 、 <1 或 $=1$ 。

[0062] 参照图6,用于在图5描绘的补偿结构500的制造过程中的已知构建误差的第一步骤包括限定支柱502的节点508和510。这包括限定节点508和510相对于结构500的位置和/或节点508和510之间的距离。该过程进一步包括识别节点508和510之间的每个区域的所有表面和/或体积的步骤。例如,这包括限定支柱502的主体512的某些特性。这些特性包括支柱直径、纵向形状、剖面形状、大小、形状轮廓、支柱厚度、材料特征、强度曲线或其它特性。

[0063] 该过程进一步包括为支柱502分配不同于机器坐标系516的局部坐标系514。在优选实施例中,机器坐标系516是一个特征(机器的主散热器)的坐标系,例如,机器内的规定此系统构建误差需要修正的坐标系。当缩放厚度504时保持节点508和510的位置,由此引入与机器的输入数据相反的作用,以在最小化结构500的不希望变形的情况下抵消制造过程

的系统误差。如上所述,可相对于机器坐标系或相对于局部坐标系实现厚度补偿。

[0064] 为了相对于局部坐标系514缩放厚度504,支柱502被转换到不需要改变的平面,诸如如上所述的具有机器坐标系516的横向平面。在优选实施例中,利用诸如 $[T]$ 和 $[T]^{-1}$ 的转换矩阵实现此转换,其中, $[T] \equiv$ 旋转和/或平移到机器坐标系516,如箭头518所示,并且 $[T]^{-1} \equiv$ 旋转和转换到节点坐标系514,如箭头520所示。可使用的示例性转换矩阵是运动矩阵。根据需要在机器坐标系516中缩放厚度504,得到厚度504'。缩放因数优选至少基于机器构建差异表明主体512的厚度增加还是缩小。在执行期望的缩放之后,支柱502被转换回局部坐标系514,如箭头520所示。在缩放支柱502之后,相比旧的厚度504,支柱502具有新的厚度504'。

[0065] 为了相对于机器坐标系516缩放厚度504,支柱502的3D体积被投影到平面上,其中,不需要进行改变,从而使得节点202和204位于该平面中。在一个实施例中,此平面是构建平面或机器坐标系516,诸如如上所述的横向或X-Y平面。一旦在此平面中,主体512就适当地扩张或收缩,以补偿特定机器的构建方向差异。所述补偿通过执行与输入数据相反的作用来解决制造过程的系统误差。根据特定机器所展现的构建差异,可如上所述地以梯度方式或台阶式方式应用缩放因数。在根据需要修改厚度504之后,支柱502被投影回其初始位置,其中,独立于构建平面,厚度504'在需要补偿的方向上更大或更小。

[0066] 参照图7,在一个实施例中,通过在机器坐标系516中缩放节点508和/或510的位置以保持厚度504以及将支柱502转换回局部坐标系514,可在最小化引入图5A所描绘的结构500中的不希望变形的情况下修改长度506。在将支柱502转换到机器坐标系516之前,其被分配以具有它们自己的局部坐标系522的新节点508'和510'。利用对于节点508和510的原始位置的上述转换矩阵 $[T]$ 和用于节点508'和510'的新位置的转换矩阵 $[T_{new}]$ 将两个局部坐标系514和522转换到机器坐标系516,其中, $[T_{new}] \equiv$ 从局部坐标系522旋转和/或平移到机器坐标系516。利用 $[T]$ 和 $[T_{new}]$ 的转换由箭头524表示。参照图7,在支柱502被转换到机器坐标系516之后,如图所示,局部坐标系514、局部坐标系522和机器坐标系516彼此匹配。在机器坐标系516中执行缩放以为支柱502提供新的长度506'和新的相应节点518和520之后,利用 $[T_{new}]^{-1}$ 仅将新的局部坐标系522转换回机器坐标系514,其中, $[T_{new}]^{-1} \equiv$ 从机器坐标系516旋转和转换到节点坐标系522,如箭头526所示。此转换导致补偿输入机器中以用于制造的数据中的长度506'的缩放。在缩放和转换回局部坐标系522之后,支柱502具有新节点508'和510',其与旧节点508和510相比反映了长度506的变化,同时厚度504保持相同。

[0067] 替代性地,参照图3描述的投影方法也可用于补偿支柱502的长度。在本实施例中,除了构建平面的X-Y平面之外,经缩放(即延长或缩短)部分的其它区域可看起来轻微变形。支柱相对于构建平面的角度导致此轻微变形,例如,沿Z方向应用的扩张/收缩因数的大小。例如,利用投影方法的水平支柱的长度缩放实现长度缩放的完全效果,但竖直支柱不会经受任何延长效果,而是变厚。可基于知晓角度和延长百分比来缩放作为角度的支柱的长度,从而使得竖直支柱不会经受任何长度缩放,而水平支柱经受完整量的缩放。在其间,应用于成角度的支柱的长度的缩放因数可相应地改变,诸如通过角度的余弦值乘以应用于水平支柱的缩放因数的完整量进行。“水平”和“竖直”是相对于特定机器的热源而言的。

[0068] 在一个实施例中,如果沿Z方向缩放物体,而不影响X或Y方向上的特征,则可独立地执行X或Y方向的缩放。在优选实施例中,期望的是识别支柱是否与X或Y最对齐,然后利用

在X-Y平面中的投影支柱和最靠近的轴之间的角度。延长过程可应用于该方向并与所计算的角度成比例。

[0069] 修改或补偿(例如厚度或长度)的顺序优选地是无关紧要的。本公开的实施例使局部坐标系和全局坐标系对齐。因此,与顺序相关的许多问题不再成问题。

[0070] 补偿机器的构建差异的过程可发生在所限定的支柱被写入待被RMT机器读取的计算机文件之前。替代性地,它可以在支柱被限定的同时完成。在另一实施例中,对制造过程的系统误差的补偿可发生在理想模型已经被转化为用于RMT机器的计算机可读文件并被传输到机器(在所述机器处添加机器设置)之后。在优选实施例中,在限定支柱之后执行补偿。

[0071] 根据另一实施例,计算机程序产品可用于实施或执行本公开的实施例。例如,计算机程序产品优选包括非临时性计算机可读介质,其具有将局部坐标系分配给结构的需要局部缩放的某些部分的代码。介质还包括将这些部分的三维(3D)体积投影到构建平面(例如横向或X-Y平面)的代码,从而使得待被缩放的这些部分的位置处于该平面内。介质进一步包括沿期望方向(例如Z方向)将这些部分修改(例如增加或减小厚度或长度或期望的任何其它扩张补偿)达最佳或期望量以补偿该方向上的机器构建差异的代码。介质还包括在横向平面内修改经缩放的部分之后将所述部分投影回它们的初始位置的代码。

[0072] 在另一实施例中,介质还包括转换到横向平面的代码。介质还包括在横向平面内根据需要(即,沿垂直于构建平面的方向)修改部分的尺寸的代码。介质还包括将经缩放的部分转换回它们的初始位置的代码,在初始位置,经缩放的部分与构建平面(例如X-Y方向)相独立地在Z方向上更大或更小(根据需要)。

[0073] 根据另一实施例,提供包括联接到储存器的处理器的系统,其中,处理器被配置为实施或执行本公开的实施例。例如,处理器被配置为将局部坐标系分配给结构的需要局部缩放的某些部分。处理器还被配置为将这些部分的三维(3D)体积投影到构建平面,例如横向或X-Y平面,从而使得待被缩放的这些部分的位置处于该平面内。处理器进一步被配置为沿期望方向(例如Z方向)将这些部分修改(例如增加或减小厚度或长度或期望的任何其它扩张补偿)达最佳或期望量以补偿该方向上的机器构建差异。处理器还被配置为在横向平面内修改经缩放的部分之后将所述部分投影回它们的初始位置。

[0074] 在另一实施例中,处理器还被配置为转换到横向平面。处理器还被配置为在横向平面内根据需要(即,沿垂直于构建平面的方向)修改部分的尺寸。处理器还被配置为将经缩放的部分转换回它们的初始位置,在初始位置,经缩放的部分与构建平面(例如X-Y方向)相独立地在Z方向上更大或更小(根据需要)。

[0075] 本发明的系统的实施例可包括用于实施本发明的各种方法的一个或多个计算机系统。一个示例性计算机系统可包括中央处理单元(CPU),其可以是任何通用CPU。本发明不受CPU或本发明的系统的其它部件的架构限制,只要CPU和其它部件支持本文所述的本发明的操作即可。CPU可运行根据本发明的实施例的各种逻辑指令。例如,CPU可运行代码以确定如上所述的各个实施例。

[0076] 此外,示例性计算机系统还可包括随机存取存储器(RAM),其可以是SRAM、DRAM、SDRAM等。实施例还可包括只读存储器(ROM),其可以是PROM、EPROM、EEPROM等。RAM和ROM保存用户和系统的数据和程序,如本领域众所周知的。

[0077] 示例性计算机系统还包括输入/输出(I/O)适配器、通信适配器、用户接口适配器

和显示器适配器。在某些实施例中，I/O适配器、用户接口适配器和/或通信适配器可使用户与计算机系统相互作用，以便输入信息并获得经计算机系统处理的输出信息。

[0078] I/O适配器优选将一个或多个存储装置(诸如硬盘驱动器、光盘(CD)驱动器、软盘驱动器、磁带驱动器等中的一个或多个)连接到示例性计算机系统。当RAM不足以满足与存储用于上述元件(例如要求裁定系统)的操作的数据相关的储存器需要时，可采用存储装置。通信适配器优选适于将计算机系统联接到网络，这可使得经由网络(例如，互联网或其他广域网、局域网、公共或私人交换电话网络、无线网络、任何前述的组合)将信息输入和/或输出计算机系统。用户接口适配器将用户输入装置(诸如键盘、指针装置和麦克风)和/或输出装置(诸如扬声器)连接到示例性计算机系统。显示器适配器由CPU驱动，以控制显示装置上的显示内容，例如，以显示待被上述各个实施例修改的结构的模型。

[0079] 应该明白，本发明不限于示例性计算机系统的架构。例如，任何合适的基于处理器的装置都可用于执行上述各种元件(例如，用于呈现用户接口的软件、要求裁定系统等)，包括但不限于个人电脑、笔记本电脑、计算机工作站和多处理器服务器。此外，本发明的实施例可在专用集成电路(ASIC)或超大规模集成(VLSI)电路上实现。实际上，本领域普通技术人员可采用能够运行根据本发明的实施例的逻辑操作的任意数量的合适的结构。

[0080] 尽管已经详细描述了本发明及其优点，但是应该理解，在不脱离由所附权利要求所限定的本发明的精神和范围的情况下可对本发明进行各种改变、替换和更改。此外，本申请的范围不旨在受说明书中描述的过程、机器、制造、物质的组成、方式、方法和步骤的特定实施例限制。如本领域普通技术人员可根据本发明的公开内容容易地明白的，根据本发明可采用现有的或以后将研制出的执行与本文描述的相应实施例基本相同的功能或实现与所述相应实施例基本相同的结果的过程、机器、制造、物质的组成、方式、方法或步骤。因此，所附权利要求的范围意在包括这类过程、机器、制造、物质的组成、方式、方法或步骤。

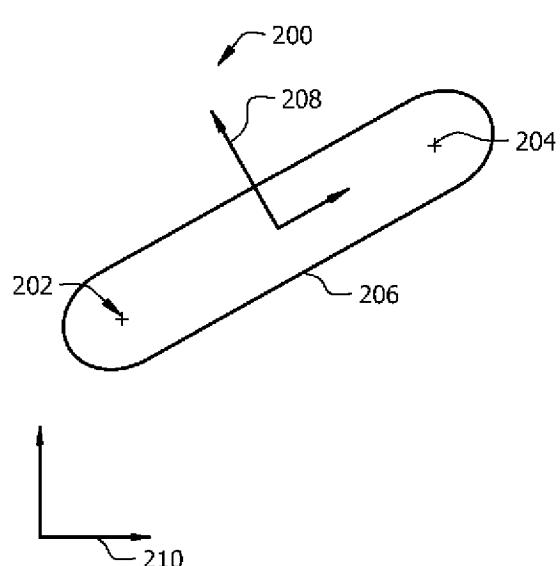
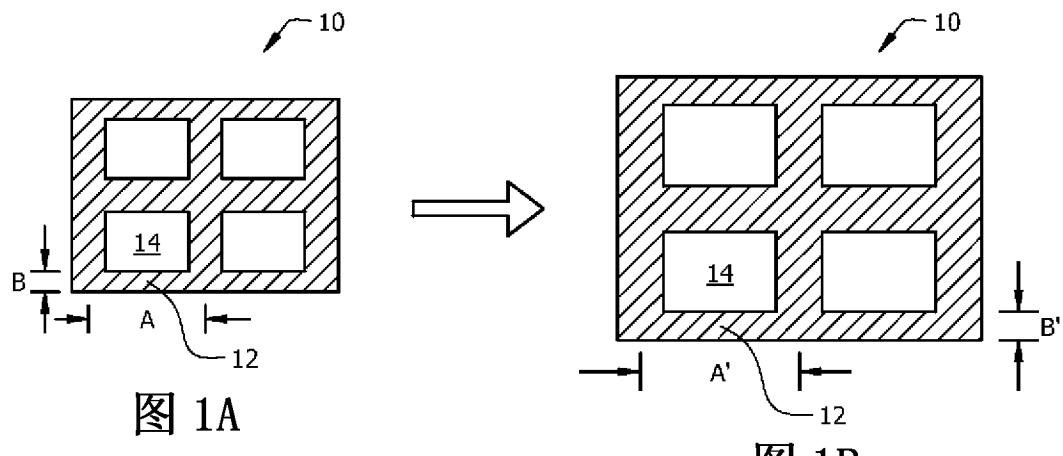


图 2

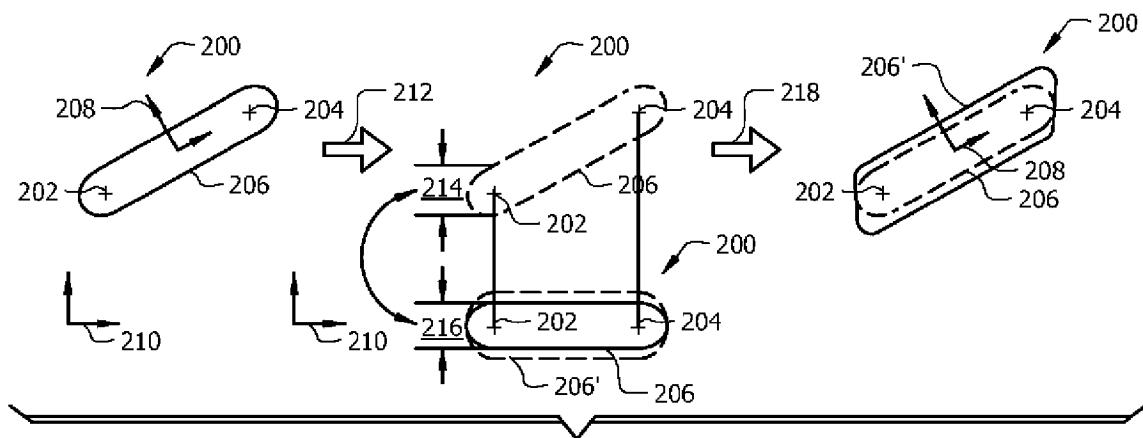


图 3

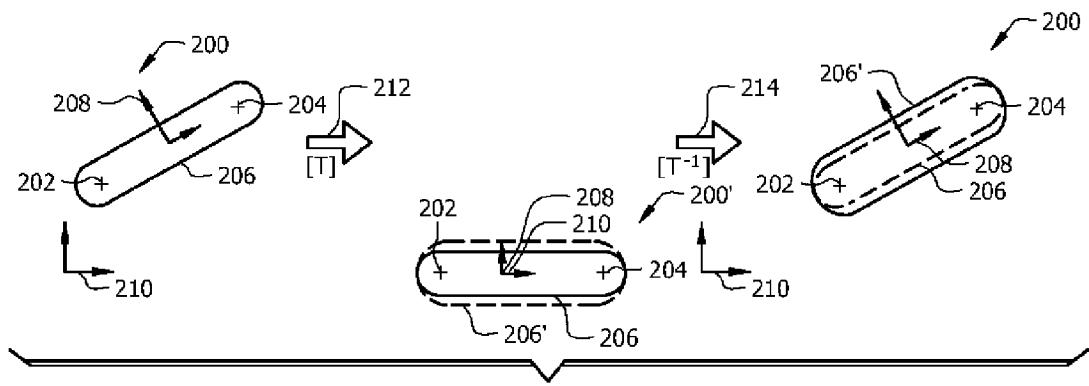


图 4

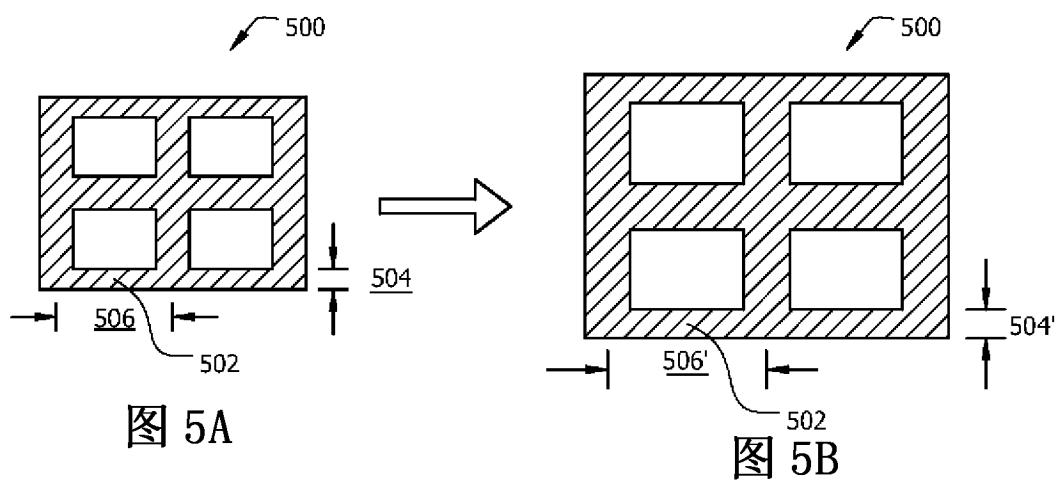


图 5A

图 5B

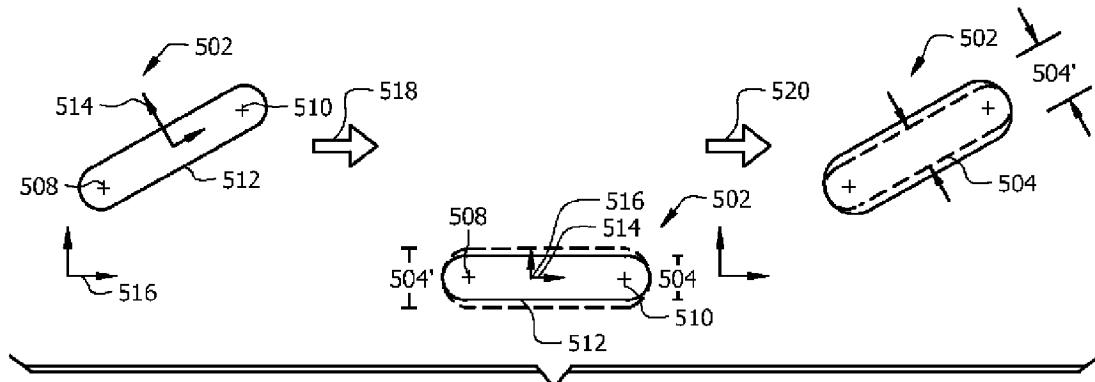


图 6

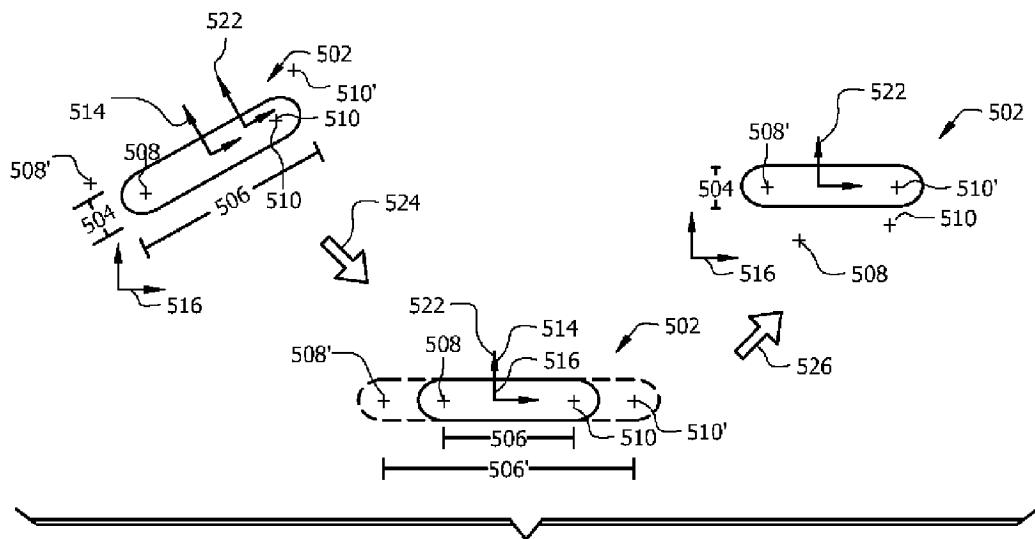


图 7

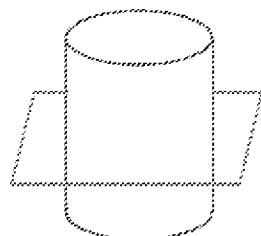


图 8A

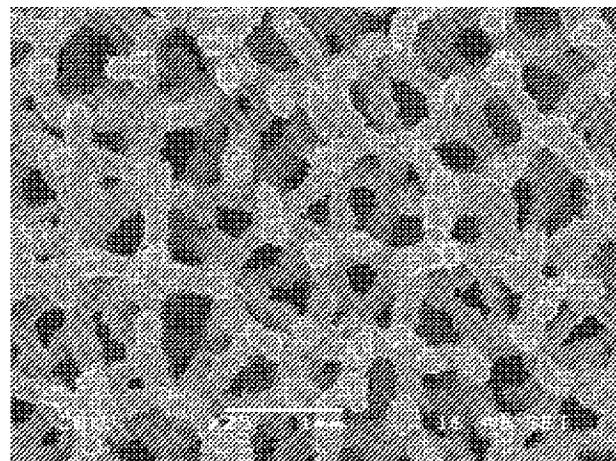


图 8B

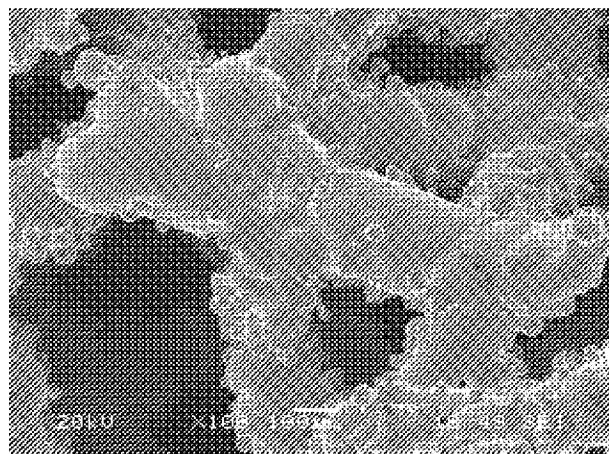


图 8C

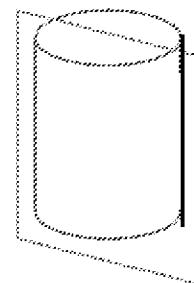


图 9A

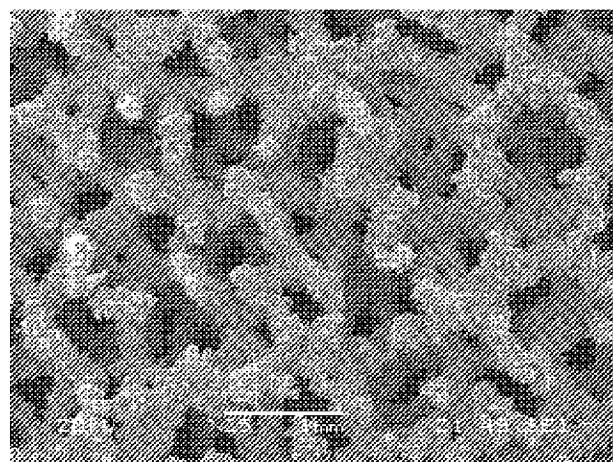


图 9B

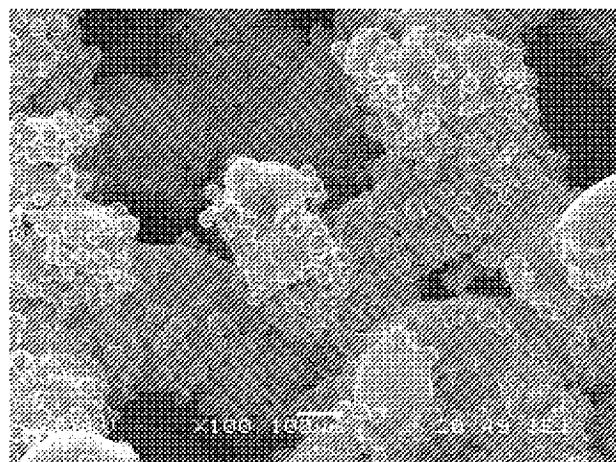


图 9C

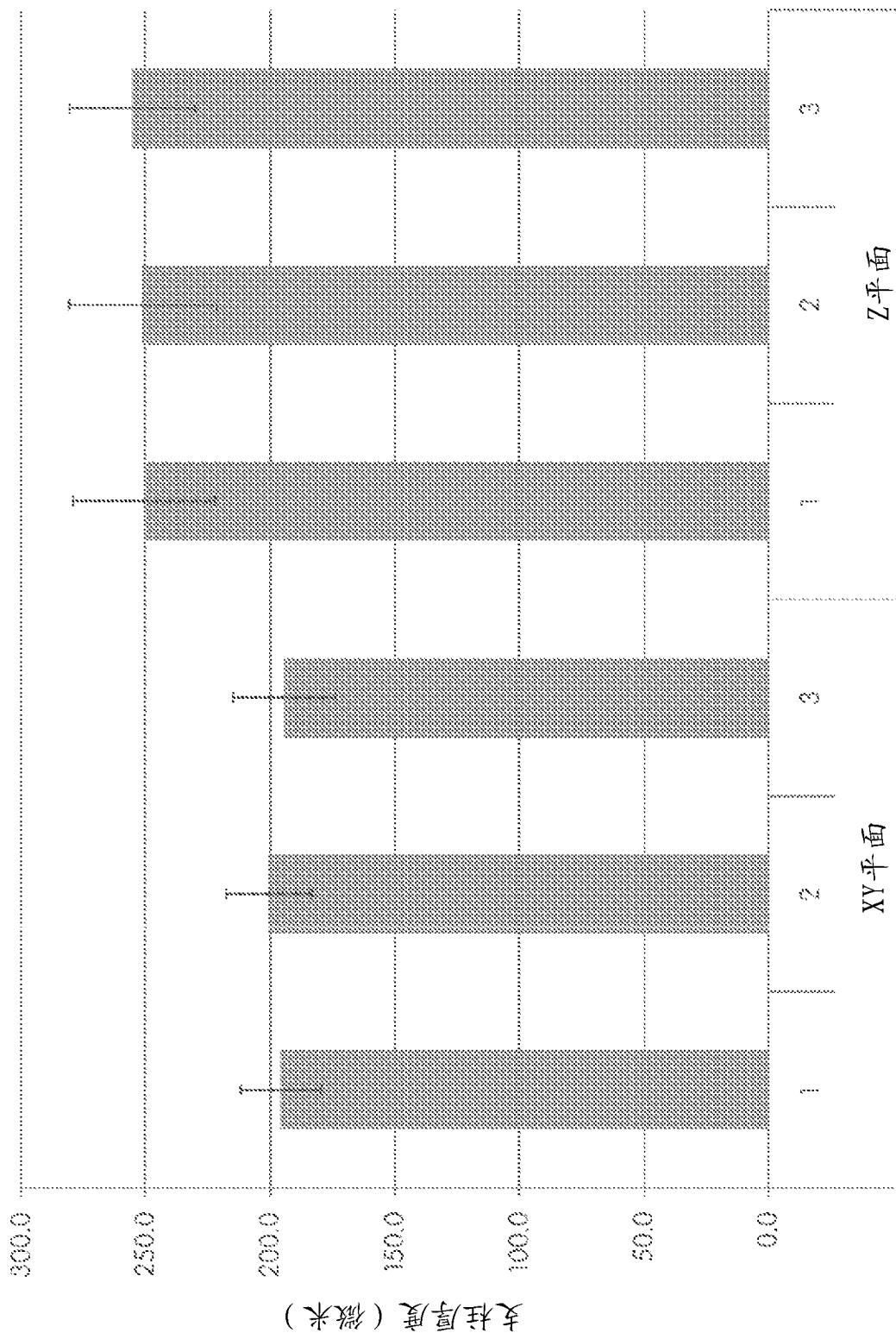


图 10