



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108351908 B

(45) 授权公告日 2021.08.10

(21) 申请号 201680062257.7

(72) 发明人 M·米歇尔斯 G·克拉斯

(22) 申请日 2016.08.26

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108351908 A

代理人 鄧迅

(43) 申请公布日 2018.07.31

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

G06F 30/17 (2020.01)

62/211,546 2015.08.28 US

B22F 10/28 (2021.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.04.24

B22F 12/00 (2021.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/048893 2016.08.26

B33Y 30/00 (2015.01)

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/040248 EN 2017.03.09

B33Y 40/00 (2020.01)

B29C 64/153 (2017.01)

B29C 64/393 (2017.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

G06F 113/10 (2020.01)

审查员 王璇

(73) 专利权人 物化股份有限公司
地址 比利时鲁汶

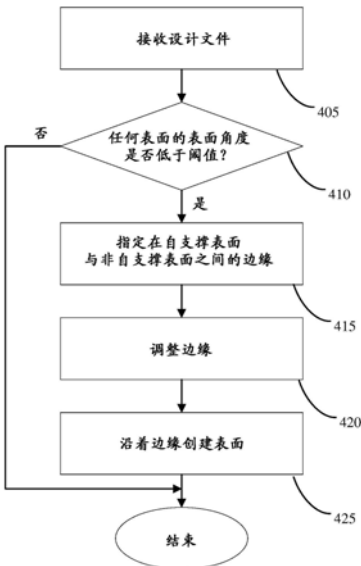
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

在增材制造中的自支撑

(57) 摘要

提供一种用于修改对象设计中的特征以使用增材制造技术和机器将其物理地制造的系统和方法，执行以下步骤：确定对象的一个或多个表面是否具有低于阈值角度的表面角度；指定包括第一边缘的一个或多个边缘，第一边缘在一个或多个表面的第一表面与一个或多个表面的第二表面之间，其中，该第一表面具有低于阈值角度的表面角度，并且该第二表面具有等于或高于阈值角度的表面角度；并且沿着设计文件中的一个或多个边缘生成一个或多个附加表面。



1. 一种用于修改用于增材制造的对象的设计文件的系统,包括:

计算机控制系统,包括具有存储器和处理器的一个或多个计算机,所述计算机控制系统被配置成:

通过确定所述对象的一个或多个表面的表面角度是否低于阈值角度,而确定所述对象的所述表面是否是自支撑表面,其中所述表面角度被计算为所述表面的面的法线和将构建所述对象的构建表面的法线之间的角度;

添加包括第一边缘的一个或多个边缘,所述第一边缘在所述一个或多个表面的第一表面与所述一个或多个表面的第二表面之间,其中所述第一表面具有低于所述阈值角度的表面角度,并且所述第二表面具有等于或高于所述阈值角度的表面角度;以及

沿着所述设计文件中的所述一个或多个边缘生成一个或多个附加表面,其中所述一个或多个附加表面是自支撑的,使得所述对象的设计被修改为自支撑的。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述计算机控制系统还被配置成基于最小壁厚阈值来修改所述设计文件中的所述对象的一个或多个部分的壁厚。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中指定所述第一边缘包括基于所述第一表面的位置和准则来选择所述第二表面。

4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述准则包括使沿着所述第一边缘创建的所述表面对所述对象增加的体积最小。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述一个或多个附加表面是使用行进立方体算法生成的。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述计算机控制系统还被配置成确定所述第一边缘是否在所述对象内适配,并且如果所述边缘在所述对象内不适配,则所述计算机控制系统被配置成去除所述第一边缘。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述计算机控制系统还被配置成确定所述第一边缘是否在另一边缘的阈值距离内,并且如果所述第一边缘不在另一边缘的所述阈值距离内,则所述计算机控制系统被配置成去除所述边缘。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述计算机控制系统还被配置成确定所述第一边缘是否在与多个相邻边缘相反的方向上,并且如果所述第一边缘在与所述多个相邻边缘相反的方向上,则所述计算机控制系统被配置成将所述边缘改变成与所述多个相邻边缘在相同的方向上。

9. 一种在增材制造中将对象的设计修改为自支撑的方法,所述方法包括:

接收设计文件,并且将所接收的设计文件存储在计算机存储器中;

通过确定表面具有低于阈值角度的表面角度而标识在所述设计文件中的所述表面不是自支撑表面,其中所述表面角度被计算为所述表面的面的法线和将构建所述对象的构建表面的法线之间的角度;

添加包括第一边缘的一个或多个边缘,所述第一边缘在所述一个或多个表面的第一表面与所述对象的第二表面之间,其中所述第一表面具有低于所述阈值角度的表面角度,并且所述第二表面具有等于或高于所述阈值角度的表面角度;以及

沿着所述设计文件中的所添加的一个或多个边缘生成一个或多个附加表面,其中所述一个或多个附加表面是自支撑的,使得所述对象的设计被修改为自支撑的;以及

将所修改的设计文件存储在所述计算机存储器中。

10. 根据权利要求9所述的方法,还包括:

标识在所存储的设计文件中非自支撑的特征;以及

通过用预先定义的自支撑特征来代替所标识的特征而修改所述设计文件。

在增材制造中的自支撑

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求美国临时专利申请No.62/211,546的权益和优先权,其全部内容通过引用并入本文。

背景技术

[0003] 本申请一般地涉及增材制造(例如,三维打印)技术。特别地,本申请涉及用于增材制造的自支撑对象的自动化设计。

[0004] 使用能量源以处理原始建材的增材制造技术在制造过程中趋于产生热和机械应力以及应变。例如,这些应力和应变可能是由原始建材的加热和冷却引起的,这导致了在制造期间材料的膨胀和收缩。在制造期间或制造后的对象上的应力和应变可能会使对象变形,或者在制造期间甚至可能阻止构建过程继续进行。

[0005] 在一些实例中,支撑件可以用于支撑在制造过程期间制造的对象。这些支撑件可以直接地接触对象,并且可以阻止应力和应变使对象变形或扭曲,作为散热器,和/或提供竖直支撑(例如,抵抗重力)以将对象保持在特别位置。然而,归因于支撑件需要额外的材料,在设计对象中放置支撑件需要额外的时间,以及去除支撑件必须要额外的后处理,因此添加这些支撑件可能会增加制造时间和成本。

[0006] 因此,在增材制造期间需要改进的技术来支撑对象。

发明内容

[0007] 在一个实施例中,提供一种用于增材制造的系统。该系统包括计算机控制系统,该系统包括具有存储器和处理器的一个或多个计算机。该计算机控制系统被配置成确定对象的一个或多个表面是否具有低于阈值角度的表面角度。该计算机控制系统还被配置成指定包括第一边缘的一个或多个边缘,该第一边缘在一个或多个表面的第一表面与一个或多个表面的第二表面之间,其中,该第一表面具有低于阈值角度的表面角度,并且该第二表面具有等于或高于阈值角度的表面角度。然后沿着设计文件中的一个或多个边缘生成一个或多个附加表面。

附图说明

[0008] 图1是用于设计和制造3D对象的系统的一个示例。

[0009] 图2图示了图1中所示的计算机的一个示例的功能性方框图。

[0010] 图3示出了使用图1的系统用于制造3D对象的高层级过程。

[0011] 图4图示了计算机可以使用增材制造来修改要待制造的对象的设计的过程的流程图。

[0012] 图5A图示了对象的一个示例。

[0013] 图5B图示了图5A具有添加边缘的对象的一个示例。

[0014] 图5C图示了图5B具有沿着边缘添加表面的对象的一个示例。

[0015] 图6图示了沿着对象的不同边缘建立的支撑件之间的体积差异的一个示例。

[0016] 图7图示了计算机可以使用增材制造来修改待制造的对象的设计的另一过程的流程图。

具体实施方式

[0017] 以下描述和附图是指向某些特定实施例。在任何特别上下文中描述的实施例并不旨在将本公开限制为规定实施例或任何特别用途。本领域技术人员将认识到,所公开的实施例、方面和/或特征不限于任何特别实施例。

[0018] 本文描述的系统和方法可以使用各种增材制造和/或三维(3D)打印系统和技术来执行。通常,增材制造技术始于待形成的3D对象的数字表示。一般地,数字表示被分成一系列横截面层或“切片”,它们被叠加以形成作为一个整体的对象。这些层表示3D对象,并且可以使用由计算设备执行的增材制造建模软件来生成。例如,该软件可以包括计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)软件。关于3D对象的横截面层的信息可以被存储为横截面数据。增材制造(例如3D打印)机器或系统利用横截面数据用于逐层基础上构建3D对象的目的。因此,增材制造允许直接从对象的计算机生成数据(诸如计算机辅助设计(CAD)文件,特别是STL文件)来制作3D对象。增材制造提供了快速制造简单和复杂零件的能力,无需工具并且也无需组装不同零件。

[0019] 立体光刻(SLA)是一种用于一次一层“打印”3D对象的增材制造技术。SLA装置可以采用例如激光器利用发射辐射来固化光反应性物质。在一些实施例中,SLA装置跨光反应性物质(诸如例如可固化感光聚合物(“树脂”))的表面指引激光,以便一次一层地构建对象。对于每一层,激光束跟踪液态树脂表面上对象的横截面,激光束固化和凝固横截面并且将其连到下面的层。完成一层后,SLA装置将制造平台降低等于单一层厚度的距离,并且然后在先前一层上沉积未固化树脂(或类似光反应性材料)的新表面。在这个表面上,一个新的模式被追踪,从而形成一个新的层。通过一次一层地重复该过程,可以形成完整3D部分。

[0020] 选择性激光烧结(LS)是用于3D打印对象的另一种增材制造技术。LS装置通常使用高功率激光器(例如二氧化碳激光器)以将小颗粒的塑料、金属、陶瓷或玻璃粉末“烧结”(即熔合)成3D对象。类似于SLA,LS装置可以根据CAD设计使用激光来扫描粉末床表面上的横截面。也类似于SLA,LS装置可以在已经完成的层之后将制造平台降低一层厚度并且添加新的材料层以便可以形成新的层。在一些实施例中,LS装置可以预热粉末以便使激光器在烧结过程期间更容易升高温度。

[0021] 选择性激光熔化(LM)是另一种用于3D打印对象的增材制造技术。类似LS,LM装置通常使用高功率激光器来选择性地熔化薄层金属粉末以形成固体金属对象。虽然类似,但LM不同于LS,因为它通常使用熔点高得多的材料。当使用LM构造对象时,可以使用各种涂层机构来分布薄层的金属粉末。类似SLA和LS,制造表面上下移动以允许单独地形成层。

[0022] 熔融沉积成型(FDM)是另一种增材制造技术,其中,3D对象通过从挤出喷嘴挤出例如热塑性材料的小珠以形成层来生产。在通常的布置中,挤出喷嘴被加热以在原始建材挤出时熔化原始建材。原始建材于是在从喷嘴挤出后立即硬化。挤出喷嘴可以通过合适的机械在一个或多个尺度上移动。类似于前述的增材制造技术,挤出喷嘴遵循由CAD或CAM软件控制的路径。同样类似的,零件是自底向上构建的,一次一层。

[0023] 电子束熔化 (EBM) 和直接金属激光烧结 (DMLS) 是用于3D打印对象的增材制造技术的其他示例。

[0024] 使用下述各种材料通过增材制造装置可以形成对象,诸如(但不限于):聚丙烯、热塑性聚氨酯、聚氨酯、丙烯腈丁二烯苯乙烯 (ABS)、聚碳酸酯 (PC)、PC-ABS、PLA、聚苯乙烯、木质素、聚酰胺、具有添加物 (诸如玻璃或金属颗粒) 的聚酰胺、甲基丙烯酸甲酯-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、可再吸收材料 (诸如聚合物-陶瓷复合材料)、以及其他类似的适合材料。在一些实施例中,可以利用商用材料。这些材料可以包括:来自DSM Somos的DSM**Somos**®系列材料7100、8100、9100、9420、10100、11100、12110、14120和15100;来自Stratasys的ABSplus-P430、ABSi、ABS-ESD7、ABS-M30、ABS-M30i、PC-ABS、PC-ISO、PC、ULTEM9085、PPSF和PPSU材料;来自3-Systems的Accura Plastic、DuraForm、CastForm、Laserform和VisiJet系列材料;铝、钴铬和不锈钢材料;马氏体时效钢;镍合金;钛;来自EOS GmbH的PA系列材料、PrimeCast和PrimePart材料、以及Alumide和CarbonMide。

[0025] 使用上面所描述的增材制造技术形成的对象归因于例如在制造3D对象期间出现的高应力和/或应变而具有从对象的设计尺度变形的趋势。例如,归因于用于生成3D对象的能量源 (诸如激光器) 的高温,在LM过程期间可能出现热和/或机械应力和/或应变。更特别地,归因于LM过程中使用的熔化的粉末,可能存在高温梯度,并且这些高梯度可能在制造期间在对象上引起热应力和/或应变。此外,归因于所使用的特别材料的性质,可能会引起内部机械应力和/或应变。这些机械应力和/或应变可以包括例如在材料被能量源扫描时用于形成对象的材料的收缩或膨胀。

[0026] 对象上的高应力和/或应变可能会引起对象的某些部在构建期间变形,这可能导致构建失败或“崩溃”,或者不准确和/或有缺陷的对象。例如,如果在处理任何层的期间该部分向上弯曲或卷曲,LM机器中的粉末涂层机可能撞击正在制造的对象的下部的层的变形部。

[0027] 对象支撑件 (本文中也被称为“支撑件”) 可用于保持对象或对象的一部分就位,并且阻止对象在构建过程中变形。一般地,“对象支撑件”是在例如基板、内部对象结构 (例如对象的另一部分) 或外部对象结构 (例如,在相同构建过程期间正在制造的对象的另一对象) 与正在制造的对象之间形成连接的结构。对象支撑件可以是与对象一起制造的几乎任何形状和大小。并且基于对象设计和所选择的增材制造过程,通过多种不同形状和大小的对象支撑件,可以在增材制造期间支撑给定对象。例如,美国临时专利申请61/816,313和PCT专利申请No. PCT/EP2014/058484 (其每一个的内容通过引用整体并入本文) 描述了可在增材制造过程期间使用的“混合支撑件”的用途。

[0028] 对象支撑件可以通过将每个层约束到它的设计尺度来改进在增材制造之后得到的对象的准确性。附加地,对象支撑件可将热从对象层传导并且传导入支撑结构和/或基板,以便减少由增材制造过程引起的热应力和应变。

[0029] 然而,在制造对象中添加这种支撑件需要使用附加的材料来构建支撑件,并且需要将支撑件从对象上去除。去除支撑件的过程可能是耗时且困难的。特别地,与本文所描述的用于去除支撑件的相当过程包括使用钳子、锤子和凿子以将支撑件从对象上断裂。支撑件的这种断裂可能需要大的力从钳子、锤子和凿子施加到支撑件上,并且还需要精确度。

[0030] 因此,本文公开的系统和方法可以通过使用增材制造技术和机器修改待制造的对

象的设计来消除制造对象所需的一些或全部支撑件。特别地,对象的设计可以被修改为自支撑的,并且不需要附加的支撑件。在一些实施例中,设计中的对象的部分的壁厚可以被选择性地修改以确保对象是自支撑的。例如,本文公开的系统和方法可以确保设计文件(例如,STL文件)中的对象的每个表面的壁厚高于最小厚度阈值。对于任何被确定为低于阈值的表面,可以修改设计文件,使得低于阈值的任何表面被设定在最小厚度阈值处。

[0031] 另外,本文公开的系统和方法可以对于描述对象的每个表面(例如,三角形的STL文件)确定表面的表面角度是否指示该点处的表面是否为自支撑的(例如,表面角度是否高于以自支撑的最小表面角度阈值)。如本领域已知的,表面的表面角度可以被计算为来自表面的平面的法线与来自构建表面(对象将被构建在其上)的法线之间的角度。对于被确定为具有低于最小表面角度阈值并且因此是非自支撑表面角度的任何表面,可以修改设计文件,使得任何非自支撑表面都连接到自支撑表面。连接可以通过连接非自支撑表面与对象上的自支撑表面之间的边缘(例如线)并且沿着该边缘构建表面来形成。在一些实施例中,可以使用行进立方体算法或者其他适合的方法沿着边缘构建表面。另外,所选的自支撑表面可基于一些准则来选,诸如使非自支撑表面与自支撑表面之间的边缘使沿着边缘构建的表面增加的体积最小化。

[0032] 在某些情况下,根据给定准则将每个非自支撑表面的边缘添加到自支撑表面可能会导致次优选选择边缘(在该边缘上为对象构建表面)。因此,本文的系统和方法可以在沿着对象的边缘构建表面之前进一步调整所选的边缘。例如,如果在对象的给定区域中,大多数边缘沿着一个方向行进,但是存在沿着相反方向的一个或多个边缘,则沿着相反方向的一个或多个边缘可能被重定向为与其他边缘相同的方向行进,并且因此与不同的自支撑表面相关联。例如,如果给定区域中的边缘的某个百分比(例如,高于百分比阈值)全部在一个方向行进,则在相反方向行进的任何边缘可以在该一个方向上重定向。附加地,可以去除任何不在表面内适配的边缘,或者在阈值距离内没有其他边缘(或者没有最小数目的附加边缘)的边缘。

[0033] 本领域技术人员将认识到,可以在设计过程的任何数目的部分期间使用本文所描述的系统和方法来设计自支撑。例如,该系统和方法可以在对象设计的空腔过程期间、在对象穿孔期间、或在任何其他适合的过程或操作期间实施。

[0034] 虽然本文所描述的一些实施例是相对于使用树脂作为建材的立体光刻技术来描述的,但是如本领域技术人员可以理解的,所描述的系统和方法还可以与某些其他增材制造技术和/或某些其他建材一起使用。

[0035] 本发明的实施例可以在用于设计和制造3D对象的系统内实践。转到图1,示出了适合于实施3D对象设计和制造的计算机环境的一个示例。该环境包括系统100。该系统100包括一个或多个计算机102a至102d,该计算机可以是例如任何工作站、服务器或能够处理信息的其他计算设备。在一些方面,计算机102a至102d中的每一台可以通过任何适合的通信技术(例如,互联网协议)连接到网络105(例如,互联网)。因此,计算机102a至102d可以经由网络105彼此之间发射和接收信息(例如,软件、3-D对象的数字表示、用以操作增材制造设备的命令或指令等)。

[0036] 系统100还包括一个或多个增材制造设备(例如3D打印机)106a至106b。如所示,增材制造设备106a直接地连接到计算机102d(并且通过计算机102d经由网络105连接到计算

机102a至102c),并且增材制造设备106b经由网络105连接到计算机102a至102d。因此,本领域技术人员将理解,增材制造设备106可以直接地连接到计算机102,经由网络105连接到计算机102,和/或经由另一计算机102和网络105连接到计算机102。

[0037] 应注意的是,虽然系统100是相对于网络和一个或多个计算机描述的,但是本文所描述的技术也应用于单个计算机102,该计算机可以直接地连接到增材制造设备106。

[0038] 图2图示了图1的计算机的一个示例的功能性方框图。计算机102a包括与存储器220、输入设备230和输出设备240进行数据通信的处理器210。在一些实施例中,该处理器还与可选的网络接口卡260进行数据通信。尽管分离地描述,但应理解的是,相对于计算机102a所描述的功能性方框不需要是分离的结构元件。例如,处理器210和存储器220可以实施在单个芯片中。

[0039] 处理器210可以是通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑设备、分立门或晶体管逻辑、分立硬件组件、或者其设计成执行本文所描述的功能的任何适合的组合。处理器还可以被实施为计算设备的组合(例如,DSP和微处理器的组合)、多个微处理器、一个或多个微处理器与DSP内核的结合、或者任何其他这样的配置。

[0040] 处理器210可以经由一个或多个总线耦合以从存储器220读取信息或向存储器220写入信息。该处理器可以附加地或备选地包含存储器(诸如处理器寄存器)。该存储器220可以包括处理器高速缓存,包括其中不同级别具有不同容量和访问速度的多级分级高速缓存。存储器220还可以包括随机存取存储器(RAM)、其他易失性存储设备或非易失性存储设备。该存储器件可以包括硬盘驱动器、光盘(诸如压缩光盘(CD)或数字视频光盘(DVD)、闪存、软盘、磁带和Zip驱动器。

[0041] 处理器210还可以耦合到输入设备230和输出设备240,用于分别从计算机102a的用户接收输入并且向计算机102a的用户提供输出。适合的输入设备包括但不限于键盘、按钮、按键、开关、指点设备、鼠标、操纵杆、遥控器、红外检测器、条形码阅读器、扫描仪、摄像机(可能与视频处理软件耦合以例如检测手势或面部姿态)、运动检测器或麦克风(可能耦合到音频处理软件以例如检测语音命令)。适合的输出设备包括但不限于可视输出设备(包括显示器和打印机),音频输出设备(包括扬声器、头戴式耳机、耳机和警报器)、增材制造设备以及触觉输出设备。

[0042] 处理器210还可以耦合到网络接口卡260。该网络接口卡260根据一个或多个数据传输协议准备由处理器210生成的数据以经由网络进行传输。该网络接口卡260还根据一个或多个数据传输协议解码经由网络接收的数据。该网络接口卡260可以包括发射器、接收器、或两者。在其他实施例中,发射器和接收器可以是两个分离的组件。该网络接口卡260可以实施为通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑设备、分立门或晶体管逻辑、分立硬件组件、或其设计成执行本文所描述功能的任何适合的组合。

[0043] 图3图示了用于制造3D对象或设备的过程300。如图所示,在步骤305处,使用计算机(诸如计算机102a)来设计对象的数字表示。例如,可以将2D或3D数据输入到计算机102a,以辅助设计3D对象的数字表示。继续到步骤310,将信息从计算机102a发送到增材制造设备(诸如增材制造设备106),并且该设备106根据所接收的信息开始制造过程。在步骤315处,

增材制造设备106使用适合的材料(诸如聚合物或金属粉末)继续制造3D对象。另外,在步骤320处,生成3D对象。

[0044] 图4图示了计算机(诸如图1的计算机102)可以使用增材制造来修改待制造的对象的设计的过程。计算机102可以使得计算机的处理器执行过程400的步骤的运行软件。该过程400在方框405处开始,其中计算机102接收待增材制造的对象的设计文件。该设计文件可以是以STL文件格式(或其他合适的文件格式),如在增材制造领域中使用的那样。如果设计文件不是合适的文件格式,则计算机102可以被配置成使用标准软件将设计文件转换成不同的格式。例如,计算机可以包括将CAD文件转换成STL文件的转换软件。

[0045] 继续,在框410处,该计算机102可以被配置成针对具有低于阈值表面角度的表面角度的任何表面来评阅设计文件(例如,基于逐个表面或逐个三角形)。如果在方框410处,没有表面具有低于阈值表面角度的表面角度,则该过程可以结束。如果在方框410处,一个或多个表面具有低于阈值的表面角度,则该过程可以继续到方框415。例如,如图5A中所示,在框510内的对象500上的表面具有低于阈值的表面角度。对象500的剩余表面被确定为自支撑的。

[0046] 另外,在框415处,计算机102对于具有低于阈值的表面角度(因此被确定为非自支撑表面)的任何表面,指定在非自支撑表面与被确定为用于连接表面的自支撑表面之间的边缘。在一些实施例中,根据准则来选择被选择以连接到特定非自支撑表面的自支撑表面。在一些实施例中,准则可以包括如下因素,使边缘将在非自支撑表面与从自支撑表面中所选择的自支撑表面之间而添加的体积最小。例如,可以选择到非自支撑表面距离最近的自支撑表面。例如,在图5B中所示,边缘515被绘制在非自支撑表面与自支撑表面之间。

[0047] 另外,图6图示了边缘将如何基于所选的沿着构件支撑件的边缘的不同而添加体积。如所示,线605表示对象的非自支撑的表面。线610和615中的每一个表示沿着可以构建支撑件的可能的边缘。如图所示,边缘610比边缘615更多地处于与表面605相同的总体方向上,或者换言之,表面605与边缘610之间的角度小于表面605与边缘615之间的角度。另外,当沿着边缘构建支撑件时,它可以沿着固定或选定的表面区域接触表面。因此,如果支撑件与表面605接触的表面区域被用于沿着每个边缘610和615构建支撑件,则归因于所示角度的差异,沿着边缘610构建的支撑件612的体积小于沿着边缘615构建的支撑件617的体积。因此,在一些实施例中,可以基于与非自支撑表面相同的总体方向或者相对于非自支撑表面的角度最大化来选择边缘,使得边缘将添加的体积最小化。

[0048] 现在回到图4,在可选方框420处,调整所选择的边缘。例如,对于每个边缘,计算机102可以确定,在围绕边缘的对象的给定体积中,一定百分比的边缘是否在一个总体方向上走向,并且该百分比是否高于阈值。如果该百分比高于阈值,并且如果给定边缘与在一个总体方向上走向的边缘大致相反的方向走向,则可以将给定边缘指定为沿与其他边缘相同的方向走向,并且因此与不同的自支撑表面相关联。附加地或备选地,可以去除不适配在表面内的任何边缘。附加地或备选地,对于每个边缘,计算机102可以确定,在围绕边缘的对象的给定体积中,是否存在最小数目的附加边缘,并且如果不存在最小数目的附加边缘,则可以去除给定边缘。

[0049] 另外,在方框425处,在每个边缘上创建表面。例如,可以使用行进立方体算法来创建表面。在其他实施例中,可以使用用于在边缘上创建表面的其他技术。例如,可以沿着边

缘创建分析圆柱体或圆锥体,并且然后转变成三角形模型并使用布尔运算进行联合。在其他实施例中,可以使用非均匀的有理基样条(NURBS)表面。因此,对象的设计现在可以是自支撑的,并且不需要附加的支撑件。例如,图5C图示了利用自支撑的附加表面520修改的对象500。

[0050] 在该过程结束之后,该设计可以使用诸如本文所描述的那些增材制造技术来制造。

[0051] 图7图示了计算机(诸如图1的计算机102)可以使用增材制造来修改待制造的对象的设计的另一过程。如本领域技术人员可以理解的,过程700可以被附加地或备选地用于过程400。例如,过程700可以首先被用来修改对象的设计,过程400然后被用于进行附加的修改。

[0052] 过程700在框705处开始,其中,计算机102接收待增材制造的对象的设计文件。该设计文件可以是以STL文件格式(或其他合适的文件格式),如在增材制造领域中使用的的那样。如果设计文件不是合适的文件格式,则计算机102可以使用标准软件(例如,将CAD文件转换成STL文件)将设计文件转换成不同的格式。

[0053] 继续,在方框710处,计算机102可以被配置程针对对象的已知/预先定义为非自支撑的任何特征(例如,圆孔等,一般地或高于阈值大小/直径)来评阅设计文件(例如,使用已知的成像或特征识别技术)。如果在方框710处,确定没有对象的特征被认为是非自支撑的,则该过程可以结束。如果在方框710处,获悉一个或多个特征是非自支撑的,则该过程可以继续到方框715。例如,对象中的圆孔(例如,高于阈值大小)可以被确定为非自支撑的特征。

[0054] 在方框715处,将被确定为非自支撑的任何特征代替为对应的预定义的自支撑特征。例如,如图5A中所示的圆孔,可以用液滴形状的孔代替,如图5C中所示。计算机102可以包括已知非自支撑的特征以及自支撑的用以代替这种非自支撑特征的对应的特征的库和/或数据库。库可以包括这些特征和代替的一般形状信息,并且计算机102可以能够缩放或变换存储的特征和替换信息以符合设计文件的对象。在该过程结束之后,该设计可以使用诸如本文所描述的那些增材制造技术来制造。

[0055] 本文公开的各种实施例提供了计算机控制系统的使用。本领域技术人员将容易理解,这些实施例可以使用多种不同类型的计算设备来实施,包括通用和/或专用计算系统环境或配置。可以适合于与上面阐述实施例结合使用的公知计算系统、环境和/或配置的示例,可以包括但不限于个人计算机、服务器计算机、手持式或膝上型设备、多处理器系统、基于微处理器的系统、可编程消费电子器件、网络PC、小型计算机、大型计算机、包括任何上面的系统或设备的分布式计算环境等。这些设备可以包括存储的指令,该指令在由计算设备中的微处理器执行时使计算机设备执行规定的动作来施行指令。如本文所使用的,指令是指用于处理系统中的信息的计算机实施的步骤。指令可以在软件、固件或硬件中实施,并且包括由系统组件承担的任何类型的编程步骤。

[0056] 微处理器可以是任何传统的通用单芯片或多芯片微处理器,诸如Pentium®处理器、Pentium®Pro处理器、8051处理器、MIPS®处理器、PowerPC®处理器或Alpha®处理器。附加地,微处理器可以是任何常规的专用微处理器,诸如数字信号处理

器或图形处理器。微处理器通常具有常规地址线、常规数据线和一个或多个常规控制线。

[0057] 本文公开的发明的各方面和实施例可以被实施为使用标准编程或工程技术来生产软件、固件、硬件或其任何组合的方法、装置或制造物品。本文所使用的术语“制造物品”是指在硬件或非暂时性计算机可读介质(诸如光存储设备)、以及易失性或非易失性存储器设备或暂时计算机可读介质(诸如信号、载波等)中实施代码或逻辑。这样的硬件可以包括但不限于现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、复杂可编程逻辑设备(CPLD)、可编程逻辑阵列(PLA)、微处理器或其他类似的处理设备。

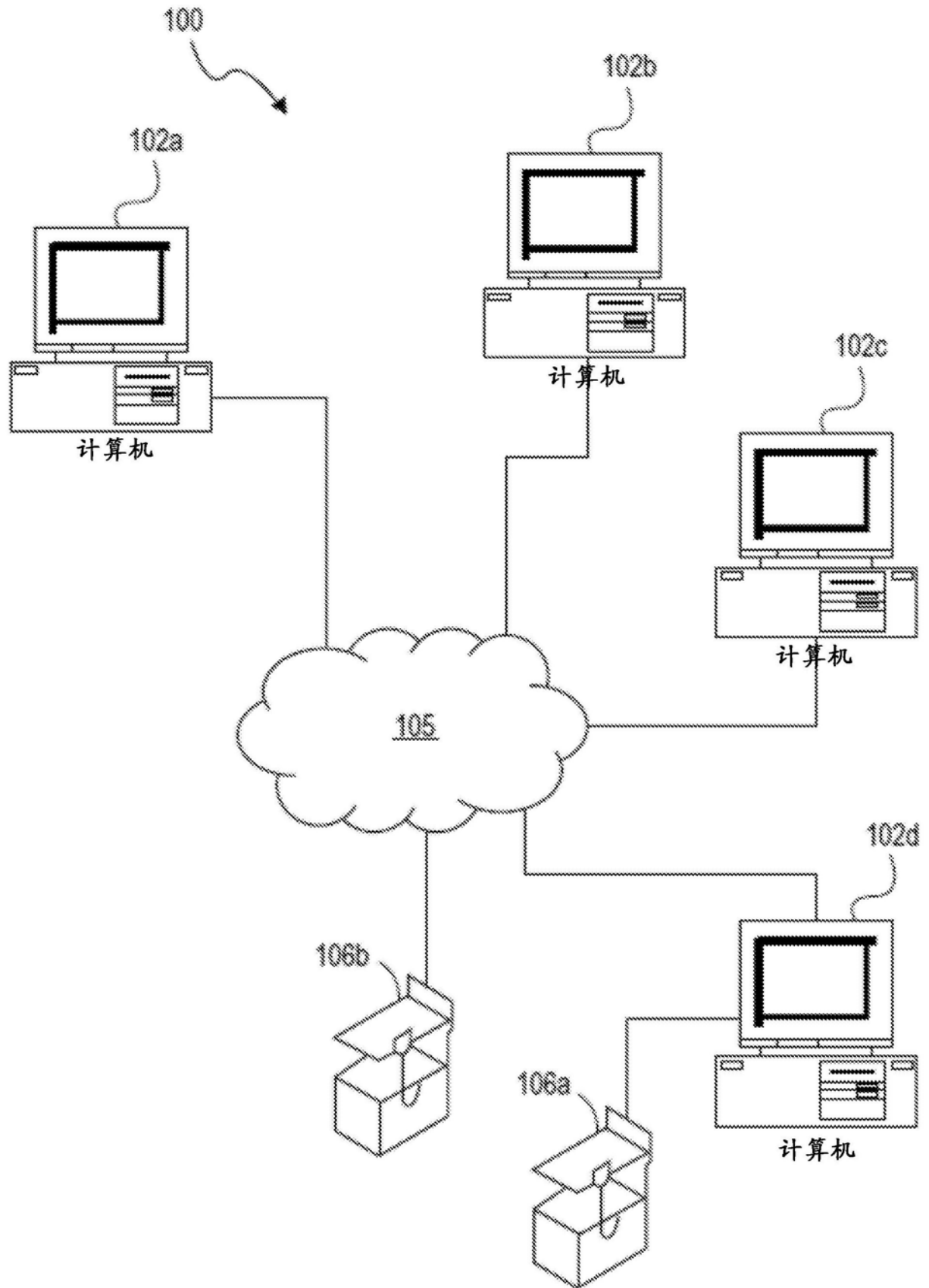


图1

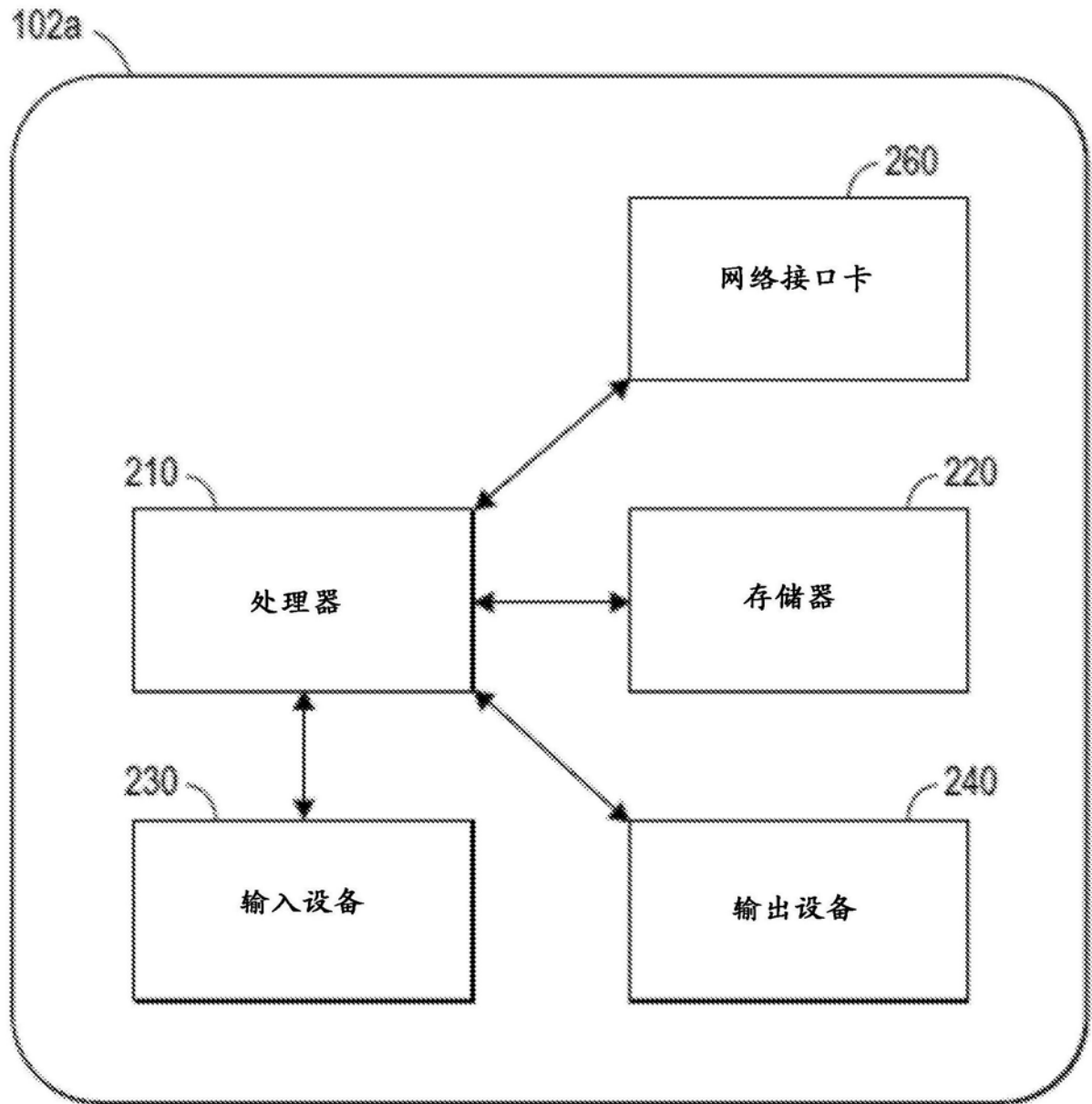


图2

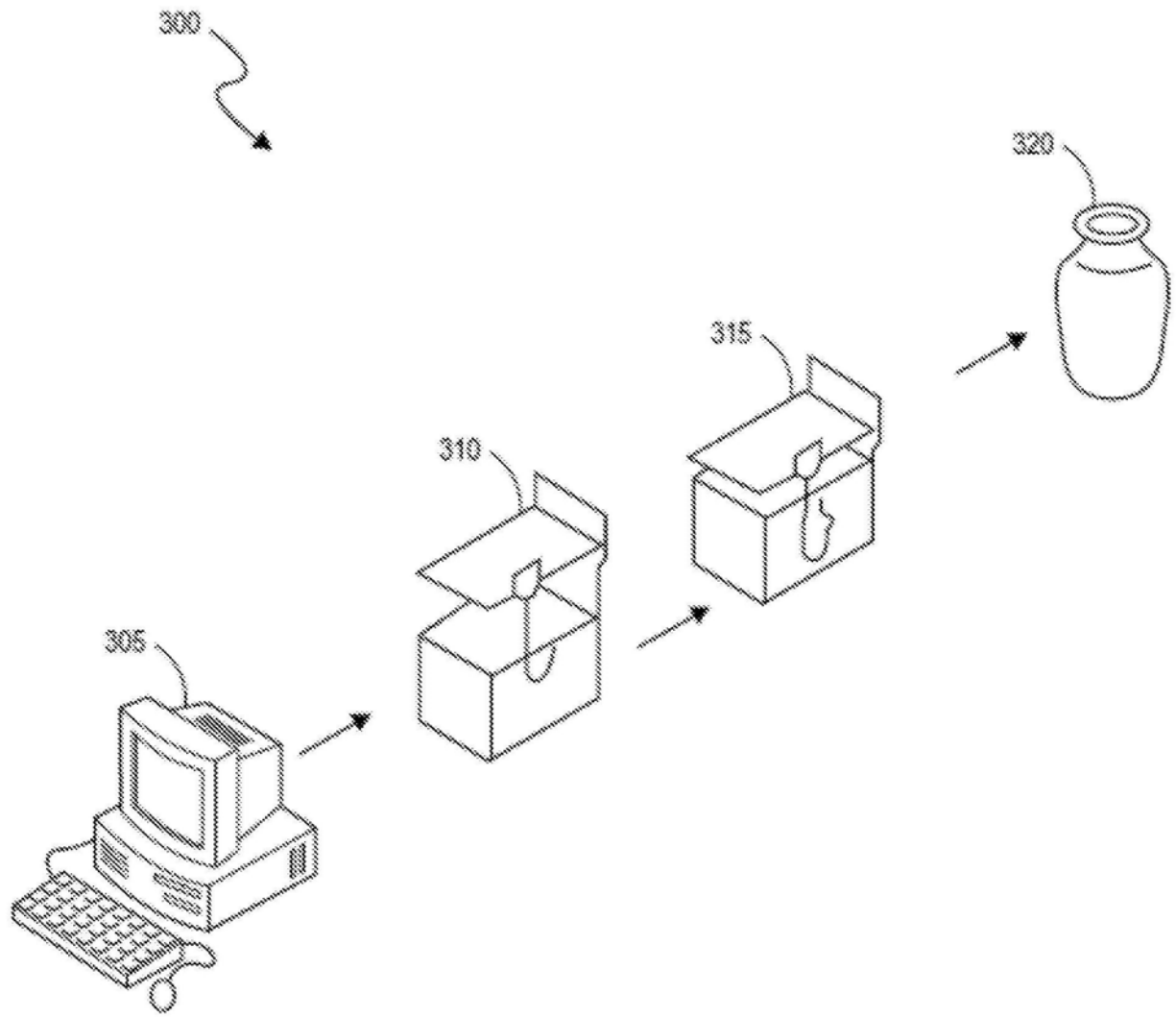


图3

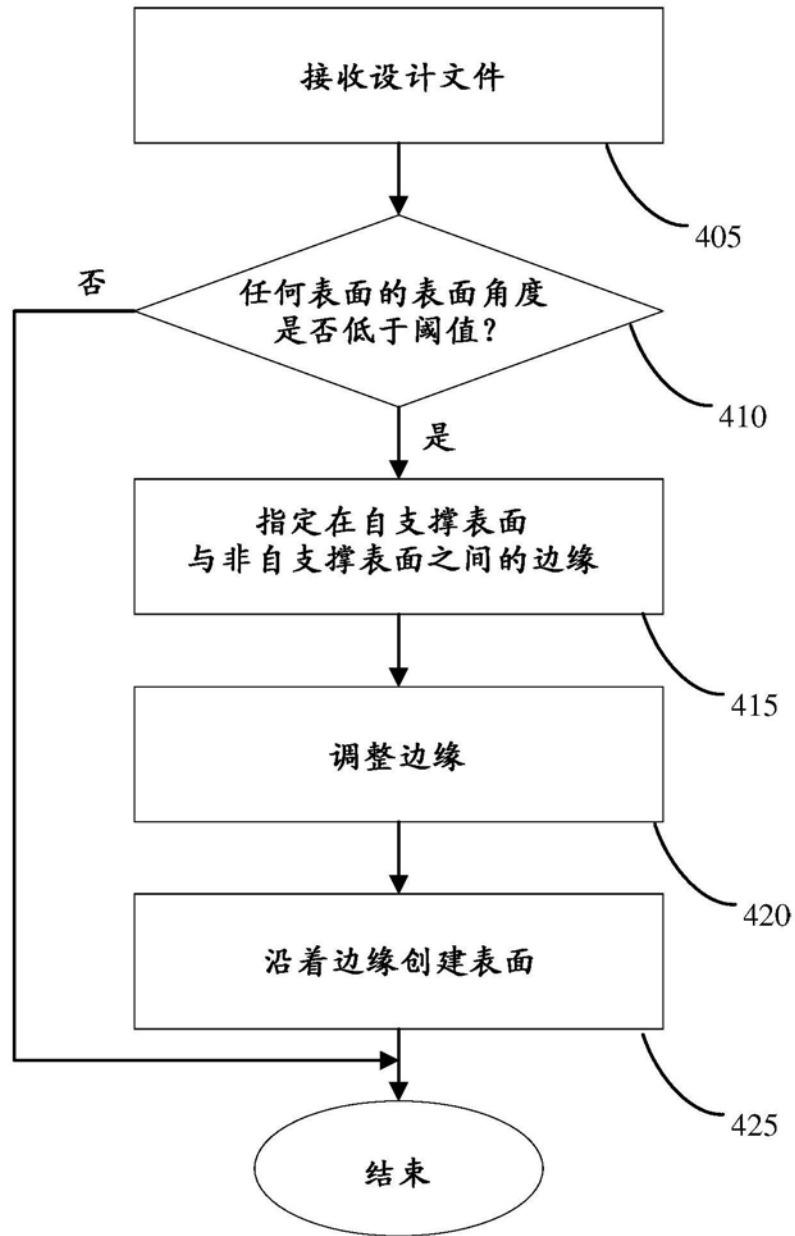


图4

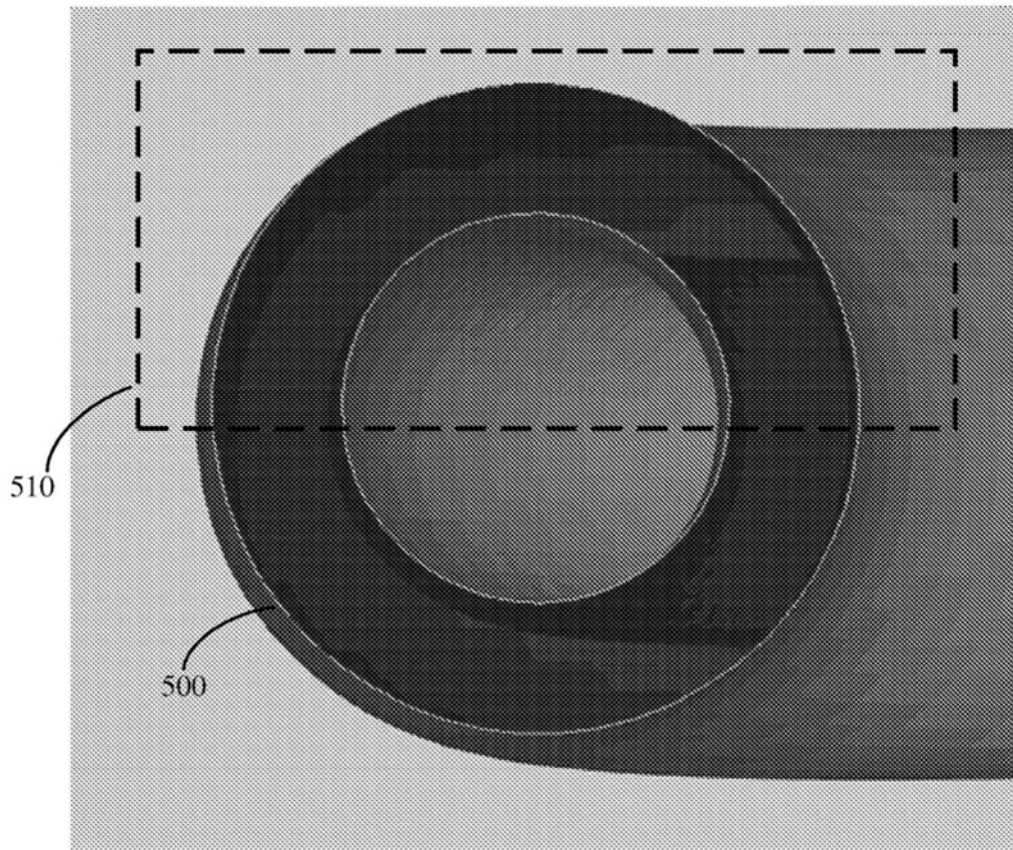


图5A

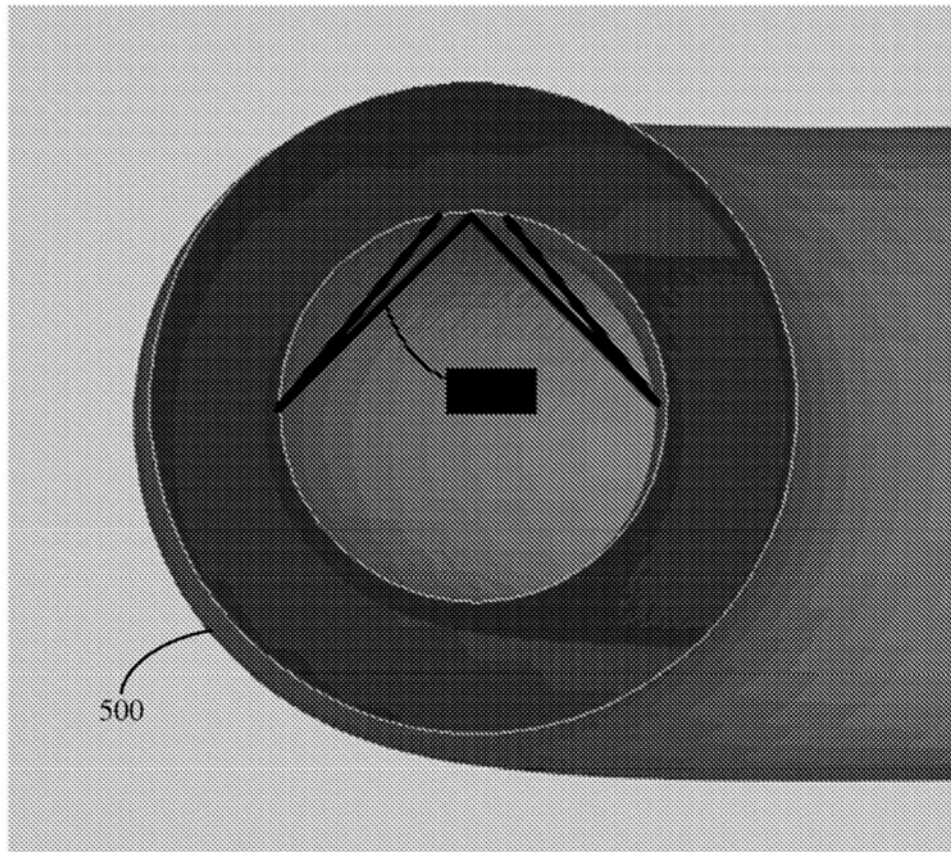


图5B

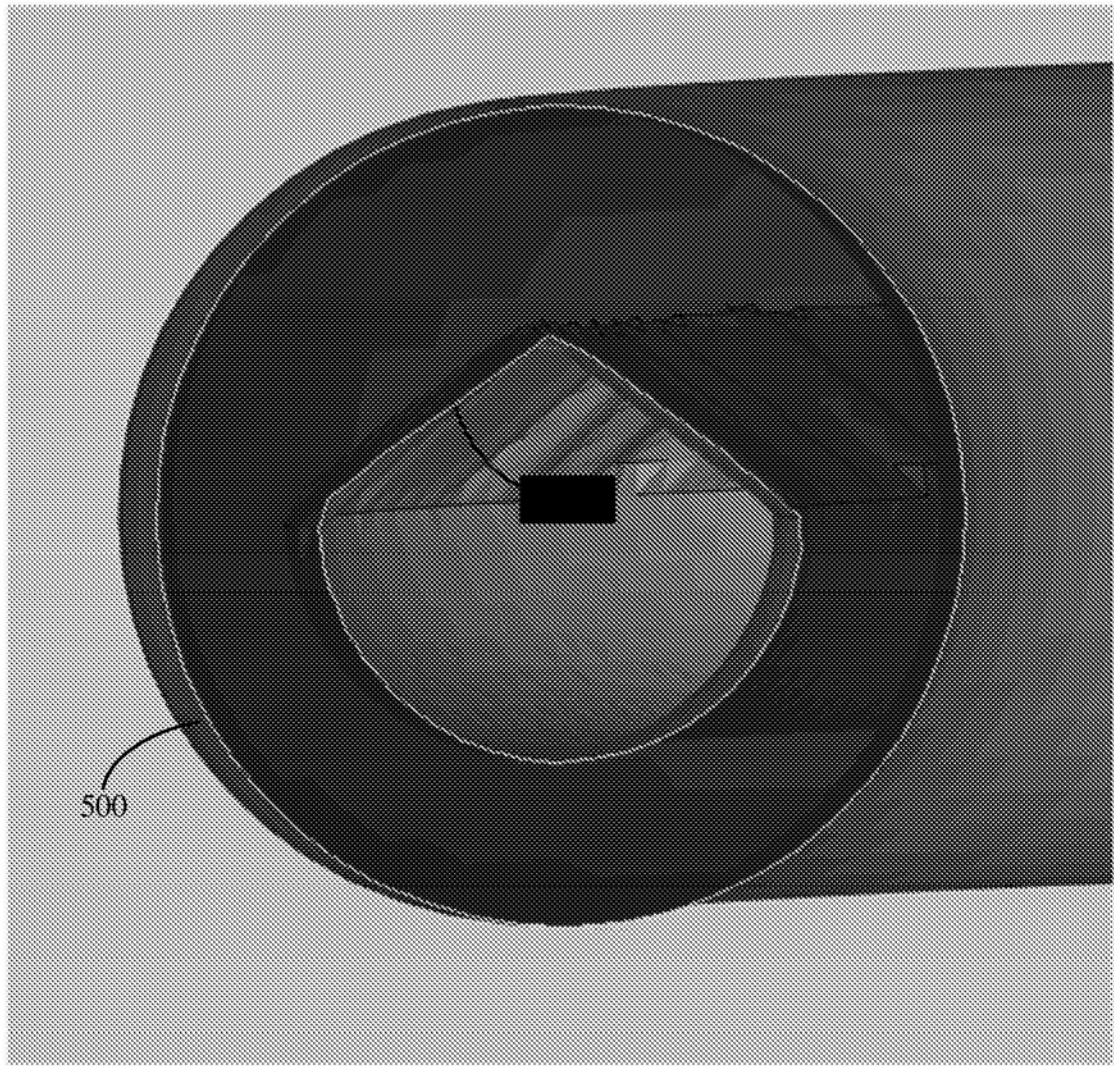


图5C

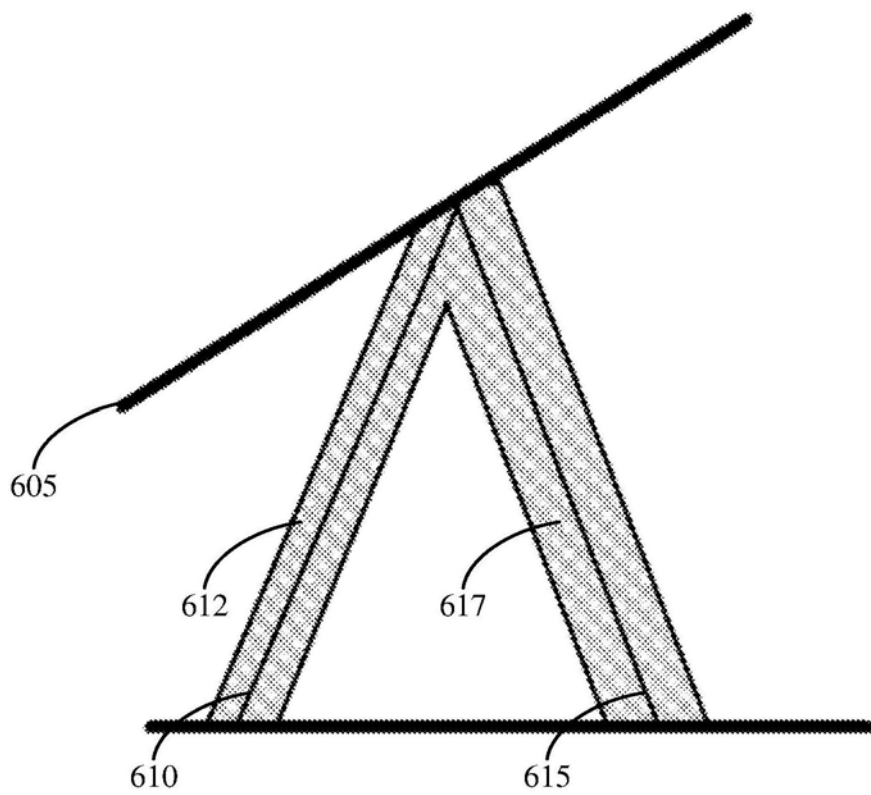


图6

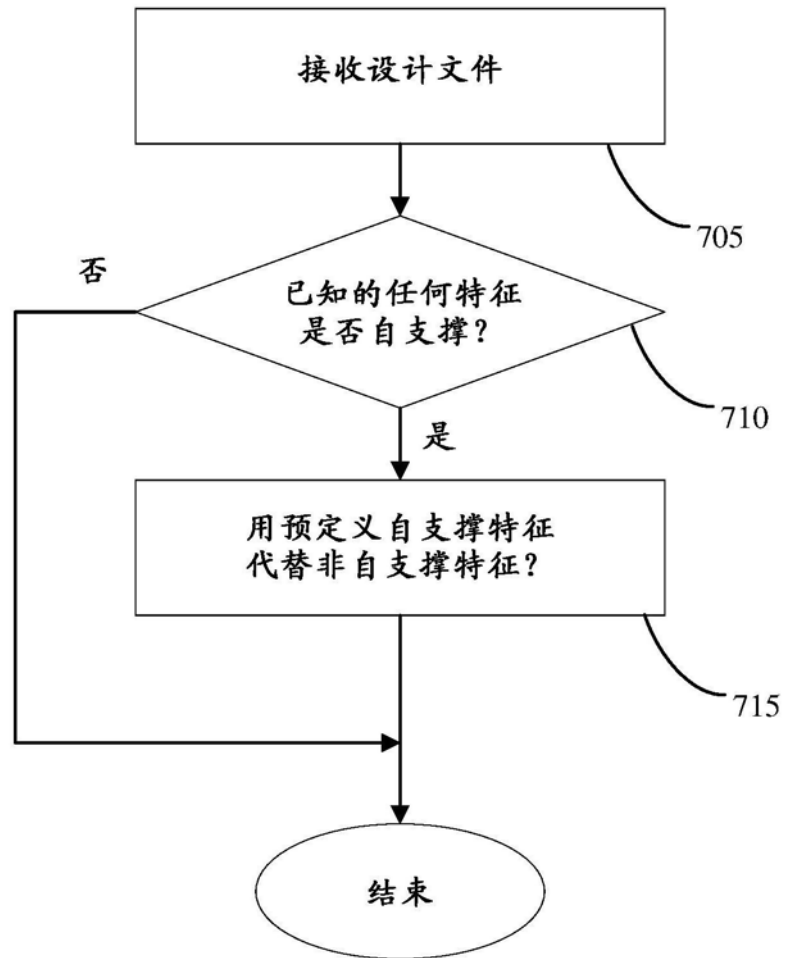


图7