



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104275800 B

(45) 授权公告日 2021.04.09

(21) 申请号 201410295659.4

(22) 申请日 2014.06.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104275800 A

(43) 申请公布日 2015.01.14

(30) 优先权数据
13/940383 2013.07.12 US

(73) 专利权人 施乐公司
地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 P·J·唐纳森 J·J·福克英斯

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
代理人 李献忠

(51) Int. Cl.
B29C 64/153 (2017.01)
B29C 64/20 (2017.01)
B29C 64/209 (2017.01)
B29C 64/241 (2017.01)

B29C 64/232 (2017.01)
B29C 64/236 (2017.01)
B29C 64/393 (2017.01)
B29C 64/245 (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01)
B33Y 40/00 (2020.01)
B33Y 50/02 (2015.01)
B22F 12/00 (2021.01)
B22F 10/22 (2021.01)

(56) 对比文件
CN 102481729 A, 2012.05.30
CN 102481729 A, 2012.05.30
WO 2004/024447 A2, 2004.03.25
DE 4308189 C1, 1994.03.24
WO 2013/091003 A1, 2013.06.27

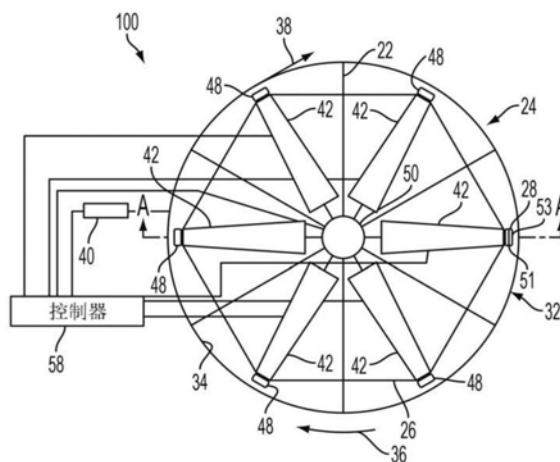
审查员 王燕翔

权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称
一种三维打印机

(57) 摘要

打印机在旋转基材上形成三维物体。打印机包括：第一驱动器，以按照预定速度使基材旋转经过至少一个打印头；和控制器，以操作打印头将材料喷射在基材上从而形成物体。第二驱动器操作以使打印头的位置垂直于基材移动，以保持打印头和最远离基材的材料层之间的预定间隙。第二驱动器还可操作以使打印头的位置平行于基材移动，以调节喷射材料的分辨率。控制器对从位置编码器产生的交替信号进行插值以基于基材的旋转位置和速度来调节打印头的操作。



1. 一种三维打印机,所述三维打印机包括:

空心部件,所述空心部件具有壁,并且所述空心部件包括在第一位置和第二位置之间能移动的壁架;

第一打印头,所述第一打印头安装在所述空心部件内以使得所述第一打印头能够将材料喷射到所述壁的内表面上;

第一驱动器,所述第一驱动器可操作地连接到所述空心部件以使得所述空心部件的所述壁围绕所述第一打印头旋转;和

控制器,所述控制器可操作地连接到所述第一打印头和所述第一驱动器,所述控制器构造成操作所述第一驱动器以使得所述空心部件旋转并且操作所述第一打印头,以在所述壁围绕所述第一打印头旋转时将材料喷射到所述壁的所述内表面上并在所述壁上构建材料层;

其中,所述空心部件的所述壁形成一角度,所述角度与所述第一驱动器使所述空心部件绕其旋转的轴线平行,或所述角度与所述第一驱动器使所述空心部件绕其旋转的轴线倾斜,所述第一驱动器使所述空心部件绕其旋转的所述轴线在使用中是竖直的;和

其中,所述控制器进一步配置为调整所述空心部件的旋转,从而重力使得在所述壁上的所述材料层相对于所述空心部件移动,并且在所述第一位置的所述壁架防止在所述壁上的所述材料层因为重力而相对于所述空心部件移动,以及在所述第二位置的所述壁架使所述壁上的所述材料层因为重力而相对于所述空心部件移动;

第二打印头,所述第二打印头安装在所述空心部件内,以使所述第二打印头能够将材料喷射到所述壁的所述内表面上。

2. 根据权利要求1所述的三维打印机,还包括:

第二驱动器,所述第二驱动器可操作地连接到所述第一打印头以使得所述第一打印头相对于所述空心部件的壁移动,所述控制器可操作地连接到所述第二驱动器并且还构造成操作所述第二驱动器以使得所述第一打印头从第一位置移动到第二位置。

3. 根据权利要求2所述的三维打印机,所述第二驱动器还构造成使所述第一打印头沿着与所述空心部件的所述壁垂直的方向从所述第一位置移动到所述第二位置。

4. 根据权利要求3所述的三维打印机,所述控制器还构造成操作所述第二驱动器以使得所述第一打印头以下列方式中的一种或多种从所述第一位置移动到所述第二位置:(i) 在所述空心部件旋转期间的连续运动;和(2) 在所述空心部件一次或多次旋转之后的至少一个离散移动。

5. 根据权利要求2所述的三维打印机,还包括:

传感器,所述传感器构造成生成与所述传感器和最远离所述空心部件的所述内表面的喷射材料层之间的间隙的距离相对应的信号,所述控制器可操作地连接到所述传感器并且还构造成:

参考由所述传感器生成的信号来确定从所述传感器到最远离所述空心部件的所述内表面的喷射材料层的距离;和

参考确定的距离来操作所述第二驱动器以使得所述第一打印头沿与所述空心部件的所述内表面垂直的方向移动,从而保持所述第一打印头和最远离所述空心部件的所述内表面的喷射材料层之间的预定间隙。

6. 根据权利要求2所述的三维打印机, 所述第二驱动器还构造成使所述第一打印头沿着与所述空心部件的所述壁平行的方向从所述第一位置移动到所述第二位置。

7. 根据权利要求6所述的三维打印机, 所述控制器还构造成操作所述第二驱动器以使所述第一打印头以下列方式中的一种或多种从所述第一位置移动到所述第二位置: (i) 在所述空心部件旋转期间的连续运动; 和 (2) 在所述空心部件一次或多次旋转之后的至少一个离散移动。

8. 根据权利要求1所述的三维打印机, 还包括:

位置编码器, 所述位置编码器可操作地连接到所述空心部件, 所述位置编码器构造成产生作为所述空心部件的旋转位置的函数的交变信号, 所述控制器可操作地连接到所述位置编码器并且还构造成:

将在预定时段上产生的交变信号的整数周期的数量和分数周期相加,

参考在所述预定时段上所述交变信号的整数周期和分数周期来确定所述空心部件的旋转速度,

参考所述交变信号的整数周期和分数周期以及转换因子来确定所述空心部件的位置, 和

参考确定的旋转速度和确定的所述空心部件的位置来操作所述第一打印头以将材料喷射在所述壁的所述内表面上。

一种三维打印机

技术领域

[0001] 本文公开的装置一般地涉及三维打印机,更具体地涉及用于在移动表面上产生三维物体的装置。

背景技术

[0002] 数字三维制造(也称为数字添加制造)是由数字模型制造基本上任意形状的三维实心物体的工艺。三维打印是使用在不同形状的基材上形成材料的连续层的添加工艺来实现。三维打印不同于传统物体形成技术,其中传统物体形成技术主要依靠通过消减工艺(例如切割或钻削)从工件去除材料。

[0003] 但是,现有的三维系统使用缓慢且产生显著浪费的生产技术。现有技术的系统使用平坦工作台区域,其中单个扫描打印头在该平坦工作台区域上慢速地沉积材料层来形成物体。打印头通常远小于工作台,并且必须在工作台上往复扫描多次以形成物体的每一层。扫描运动类似于家用喷墨打印机操作的方式,并且对三维打印机可以生产物体的速度有严格的限制。期望改进三维打印机,消除跨工作台地扫描打印头以形成物体的需求。

发明内容

[0004] 已经研究用于生成三维物体的装置的第一实施例。装置的第一实施例包括空心部件,所述空心部件具有壁;第一打印头,所述第一打印头安装在所述空心部件内以使得所述打印头将材料喷射到所述壁的内表面上;第一驱动器,所述第一驱动器可操作地连接到所述空心部件以使得所述空心部件的所述壁围绕所述打印头旋转;和控制器,所述控制器可操作地连接到所述第一打印头和所述第一驱动器,所述控制器构造成操作所述第一驱动器以使得所述空心部件旋转并且操作所述第一打印头,以在所述壁围绕所述第一打印头旋转时将材料喷射到所述壁的所述内表面上并在所述壁上构建材料层。

附图说明

[0005] 图1是用于产生三维物体的打印机的第一实施例的透视图。

[0006] 图2是图1的打印机的俯视图,示出旋转基材和至少一个打印头相对于基材的旋转轴线的取向。

[0007] 图3是图2的打印机沿着线A-A的部分截面图,示出旋转基材和至少一个打印头相对于基材的旋转轴线的取向。

[0008] 图4是图1的打印机的第二实施例的俯视图。

[0009] 图5是图4的打印机沿着线B-B的部分截面图,示出旋转基材和至少一个打印头相对于基材的旋转轴线的取向。

[0010] 图6是图1的打印机的第三实施例的俯视图。

[0011] 图7是图6的打印机沿着线C-C的部分截面图,示出旋转基材和至少一个打印头相对于基材的旋转轴线的取向。

[0012] 图8是作用在于图4的第二实施例打印机中形成的三维物体上的力的示意图。

[0013] 图9是作用在于图1的第一实施例打印机中形成的三维物体上的力的示意图。

具体实施方式

[0014] 图1和图2示出用于生成三维物体20的打印机100。打印机100包括外框架22和内框架26,外框架22构造成支撑可旋转的空心部件24,内框架26构造成将第一打印头28(图2)支撑在空心部件24内。外框架22还构造成使得空心部件24能够相对于内框架26围绕轴线30旋转。空心部件24具有形成连续内表面34或围绕轴线30的基材的至少一个壁32。空心部件24围绕轴线30的旋转(沿箭头36的方向)使得壁32的内表面34的一部分沿着加工方向38(图2)移动经过第一打印头28。第一打印头28在空心部件24内的布置使得第一打印头28能够将材料沿着大致远离轴线30的方向喷射到壁32的内表面34上。如本文所使用的,术语“加工方向”表示与在内表面34围绕轴线30旋转时壁32的内表面34上的任意位置的切线表面速度相同的方向。

[0015] 打印机100还包括第一驱动器40和第二驱动器42,第一驱动器40可操作地连接到空心部件24,第二驱动器42可操作地连接到第一打印头28。第一驱动器40构造成使得空心部件24的壁32围绕第一打印头28旋转。在一个实施例中,第一驱动器40是构造成通过一个或多个电机驱动齿轮来使空心部件24旋转的机电电机。在另一实施例中,第一驱动器40是构造成通过产生移动磁场来使空心部件24旋转的磁性驱动系统。在另一实施例中,第一驱动器40是构造成通过在压力介质中产生压力差来使空心部件24旋转的气动或液压系统。

[0016] 第二驱动器42构造成使第一打印头28的位置相对于空心部件24的壁32移动。在一个实施例中,第二驱动器42使得第一打印头28沿着与壁32的内表面34平行的方向移动。在某些实施例中,第二驱动器42使得第一打印头28沿着跨越壁32的内表面34的宽度的交叉加工方向44(图3)移动。如本文中所使用的,术语“交叉加工方向”表示与加工方向38垂直并在壁32的平面内的方向。

[0017] 在另一实施例中,第二驱动器42使得第一打印头28沿与壁32的内表面34垂直的z方向46移动。在某些实施例中,z方向46垂直于轴线30。在其他实施例中,z方向46倾斜于轴线30。第一打印头28沿z方向46的移动使得第一打印头28能够保持距最远离空心部件24的内表面34的喷射材料层为恒定距离或间隙。下文将更详细讨论z方向46和壁32的内表面34相对于轴线30的取向。

[0018] 在一个实施例中第一打印头28是能够沿着交叉加工方向44在空心部件24的全宽度上喷射材料的全宽度打印头。在另一实施例中,打印机100包括安装在空心部件24内的一个或多个附加全宽度打印头48,以使得每个附加打印头48能够在内表面34旋转经过每个打印头时将材料喷射到壁32上。在本实施例中第一打印头28和附加打印头48沿着由空心部件24的旋转所限定的周向彼此间隔开。由周向间隔形成的多行打印头28、48使得打印头28、48能够以更快的加工速度形成三维物体并且喷射具有变化特性(例如,颜色、导电性等)的一种或多种不同类型材料。由多行打印头28、48喷射不同类型的材料使得打印机100能够通过将多种类型材料喷射在相同或不同层上构建三维物体来形成复杂零件。

[0019] 另一实施例中第一打印头28是能够沿着交叉加工方向44在空心部件24的一部分宽度上喷射材料的部分宽度打印头。在本实施例中第一打印头28沿着交叉加工方向44平行

于内表面34平移,以使得第一打印头28能够沿着空心部件24的宽度喷射材料。在某些实施例中,第一打印头28沿交叉加工方向44的平移使得打印机能够在空心部件24的内表面34上形成多个离散或连续垂直环。在其他实施例中,第一打印头28沿交叉加工方向44的平移使得打印机100能够在空心部件24的内表面34上形成螺旋或理发店旋转柱式图案。在第一打印头28是部分宽度打印头的另一实施例中,打印机100包括安装在空心部件24内并定位成与第一打印头28相邻的一个或多个附加部分宽度打印头48。打印头48布置成沿着交叉加工方向44在空心部件24的全部宽度上无缝地喷射材料。打印机100可以包括沿周向间隔开的一行或多行部分宽度打印头28、48或者一行或多行全宽度打印头28、48,以由各行打印头28、48喷射相同或不同类型的材料。

[0020] 在一个实施例中,打印机100具有至少一个多通道打印头,该多通道打印头使得打印机100能够从多通道打印头将一种或多种不同类型的材料喷射在空心部件24上。在一个实施例中多通道打印头构造成从第一通道将聚乳酸(PLA)材料、尼龙材料、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)材料、金属颗粒中的一种或多种喷射在空心部件24的内表面34上。多通道打印头还构造成从第二通道将可去除支撑架喷射在空心部件24上或被喷射在空心部件24上的一个或多个材料层上。在一个实施例中喷射的支撑架可通过一个或多个消减工艺(包括但不限于研磨、切割和磨削)去除。在另一实施例中,喷射的支撑架可通过化学或热分解工艺去除。

[0021] 打印机100还包括用于在第一驱动器40使空心部件24围绕轴线30旋转时确定空心部件24的累积位置和周期性平均速度的监测系统。监测系统包括位置编码器50,位置编码器50可操作地连接到空心部件24。位置编码器50构造成在空心部件24的索引标记围绕轴线30旋转时产生表征该索引标记的角位置的一系列周期信号。监测系统还包括:高频时钟,所述高频时钟构造成产生频率大于编码器信号的最大频率的时钟脉冲;和用于控制预定取样间隔的总时间的计时器。监测系统还包括用于累计完成的整数编码器信号周期的数量的计数器;和运算逻辑单元,该运算逻辑单元被构造成确定在最后整数编码器循环和取样间隔的末端之间完成的编码器信号周期的分数部分的大小。

[0022] 通过计算整数编码器信号周期的数量与编码器周期的任意分数部分的总和、并将该总和除以预定取样间隔来确定空心部件24的旋转速度。通过将整数编码器信号周期的数量与编码器周期的任意分数部分的总和乘以编码器位置转换因子来确定空心部件24的累积位置。在某些实施例中,将查找校正标定增加到编码器信号以补偿由于空心部件24的缺陷造成的可重复周期性偏心或者由于物体的构造引起的已知可计算变化。在授予Raj等人的美国专利5,237,521中可以找到用于确定旋转主体的累计位置和周期平均速度的系统的其他细节,该专利通过引用整体结合于本说明书中。

[0023] 图3示出图2的打印机100的第一实施例沿着线A-A的部分横截面图,以表示空心部件24的壁32相对于轴线30的取向。为本文公开的目的,相对取向“竖直”表示与图面的侧边缘大致平行的取向,相对取向“水平”表示与图面的顶边缘和底边缘大致平行的取向。本文所使用的竖直取向大致平行于重力作用在物体上的方向。

[0024] 打印机100的第一实施例中空心部件24的壁32平行于轴线30。尽管空心部件24的轴线30在图3中显示为竖直对准,但是轴线30可以有其他取向,例如水平取向或者在水平取向和竖直取向之间的取向。尽管图3示出打印机100在轴线30的右侧具有一个部分宽度打印

头28并且在轴线30的左侧具有两个交叉加工间隔开的部分宽度打印头48,但是打印机100可以包括任意数量和组合的部分宽度打印头和全宽度打印头以形成三维物体。使用第一实施例打印机100打印三维物体涉及对作用于喷射材料上的重力和由于喷射到空心部件24的内表面34上的材料旋转引起的反作用力之间的平衡。下文将更详细地讨论重力和反作用力的平衡。

[0025] 参考图2和图3,在一个实施例中打印机100还包括至少一个间隙传感器51,间隙传感器51构造成生成与跨过在传感器51和最远离空心部件24的内表面34的喷射材料层之间的间隙的距离相对应的信号。在图示的实施例中传感器51定位成与第一打印头28的打印侧表面53平齐,以使得由传感器51产生的信号对应于跨过在第一打印头28和最远离内表面34的材料层之间的间隙的距离。在另一实施例中传感器51与打印头的打印侧表面53间隔开已知距离。这种布置使得跨过在第一打印头28和最远离内表面34的材料层之间的间隙的距离能够从由传感器51产生的信号和传感器51到打印侧表面53的已知间隔来确定。在某些实施例中间隙传感器51是接触传感器,在其他实施例中是非接触传感器。

[0026] 图4示出沿着与轴线30对齐的方向观察的用于生成三维对象的第二实施例打印机200。除了空心部件24的壁32是圆锥形而不是圆柱形之外,打印机200的第二实施例基本类似于图1-图3中所示的打印机100的第一实施例。空心部件24的壁32的内表面34在靠近打印机200的顶部的上边缘49和靠近打印机200的底部的轴线间隔下边缘55之间延伸。下边缘55的直径小于上边缘49的直径。上边缘49和下边缘55的不同直径将壁32的内表面34定位成在打印机200的底部处比在打印机200的顶部处更靠近轴线30,从而使内表面34朝向轴线30倾斜。

[0027] 图5示出图4的打印机200的第二实施例沿着线B-B的部分横截面图,以进一步表示空心部件24的壁32相对于轴线30的取向。如图5所示,空心部件24的壁32相对于轴线30具有倾斜取向。尽管空心部件24的壁32显示为相对于轴线30成特定角度,但是壁32可以具有在相对于轴线30成平行对准和竖直对准之间的任意角度。第二驱动器42和打印头28、48也定位成相对于壁32成角度,该角度使得打印头平行于壁32的斜度。尽管图5示出打印机200在轴线30的右侧具有一个部分宽度打印头28并且在轴线30的左侧具有两个交叉加工间隔的部分宽度打印头48,但是打印机200可以包括任意数量和组合的部分宽度打印头和全宽度打印头以形成三维物体。使用打印机200的第二实施例打印三维物体涉及对作用于喷射材料上的重力和由于喷射到空心部件24的内表面34上的材料旋转引起的反作用力之间的平衡。下文将更详细地讨论重力和反作用力的平衡。

[0028] 图6示出用于生成三维物体的打印机300的第三实施例。打印机300包括构造成支撑可旋转圆形部件52的基部和构造成将第一打印头28支撑在圆形部件52的外径内的框架54。基部还构造成使得圆形部件52能够相对于框架54围绕轴线30(图7)旋转。圆形部件52具有围绕打印机300的轴线30的至少一个连续顶表面56或基材。圆形部件52围绕轴线30(沿箭头36的方向)的旋转引起圆形部件52的顶表面56的一部分沿加工方向38移动经过第一打印头28。第一打印头28在圆形部件52的外径内的布置使得第一打印头28能够将材料沿与轴线30大致平行的方向喷射到圆形部件52的顶表面56上。如本文所使用的,术语“加工方向”表示与在圆形部件52围绕轴线30旋转时圆形部件52的顶表面56上的任意给定位置的切线表面速度相同的方向。

[0029] 打印机300还包括可操作地连接到圆形部件52的第一驱动器40和可操作地连接到第一打印头28的第二驱动器42。第一驱动器40构造成使圆形部件52的顶表面56旋转经过第一打印头28。如参考图1-图3所讨论的,第一驱动器40可以是机电电机、磁性驱动系统、气动或液压系统、或构造成使得圆形部件52绕轴线30旋转的任意装置或系统。

[0030] 第二驱动器42构造成使第一打印头28的位置相对于圆形部件52的顶表面56移动。在一个实施例中,第二驱动器42使第一打印头28沿与圆形部件52的顶表面56平行的方向移动。在某些实施例中,第二驱动器42使打印头沿交叉加工方向44移动经过圆形部件52的顶表面56的宽度。如本文所使用的,术语“交叉加工方向”表示与加工方向38垂直的方向。

[0031] 图7示出图6的打印机300的第三实施例沿线C-C的部分横截面图,以表示打印机300的元件的相对取向。如图7所示,圆形部件52的顶表面56垂直于轴线30。在本实施例中第一打印头28定位成平行于轴线30。第二驱动器42还构造成使第一打印头28沿与圆形部件52的顶表面56垂直并与轴线30平行的z方向46移动。第一打印头28沿z方向46的移动使得第一打印头28能够保持距最远离圆形部件52的顶表面56的喷射材料层为恒定距离或间隙。在另一实施例中,圆形部件52的顶表面56构造成被远离第一打印头28降低,从而保持恒定间隙。

[0032] 类似于打印机100、打印机200的第一实施例和第二实施例,打印机300的第三实施例可以包括安装在圆形部件52的外径内的一个或多个附加打印头48,以使得打印头能够将材料喷射到圆形部件52的顶表面56上。第一打印头28和一个或多个附加打印头48可以是全宽度打印头、部分宽度打印头或全宽度和部分宽度打印头的任意组合。

[0033] 在第一打印头28是部分宽度打印头的一个实施例中,第一打印头28沿着交叉加工方向44平行于顶表面56平移,以使得第一打印头28能够跨过圆形部件52的宽度喷射材料。在某些实施例中,第一打印头28的平移使得打印机300能够在圆形部件52的顶表面56上形成多个连续或离散垂直环。在其他实施例中,第一打印头28的平移使得打印机300能够在圆形部件52的顶表面56上形成螺旋或理发店旋转柱式图案。在具有多个打印头的一个实施例中,第一打印头28和一个或多个附加打印头48沿由圆形部件52的旋转限定的周向彼此间隔开。由周向间隔形成的多行打印头使得打印头能够喷射具有变化特性(例如,颜色、导电性等)的一种或多种不同类型材料。由多行打印头喷射不同类型的材料使得打印机300能够通过将多种类型材料喷射在相同或不同层上构建三维物体来形成复杂零件。在包括多个打印头的另一实施例中,第一打印头28和一个或多个附加打印头48定位成彼此相邻,以使得打印头28、48布置成沿交叉加工方向44跨过圆形部件52的全宽度无缝地喷射材料。

[0034] 在一个实施例中,打印机300具有至少一个多通道打印头,该多通道打印头使得打印机300能够从多通道打印头将一种或多种不同类型的材料喷射在圆形部件52上。在一个实施例中多通道打印头构造成从第一通道将聚乳酸(PLA)材料、尼龙材料、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)材料、金属颗粒中的一种或多种喷射在圆形部件52的顶表面56上。多通道打印头还构造成从第二通道将可去除支撑架喷射在圆形部件52上或被喷射在圆形部件52上的一个或多个材料层上。在一个实施例中喷射的支撑架可通过一个或多个消减工艺(包括但不限于研磨、切割和磨削)去除。在另一实施例中,喷射的支撑架可通过化学或热分解工艺去除。

[0035] 参考图6和图7,在一个实施例中打印机300还包括至少一个间隙传感器51,间隙传感器51构造成生成与跨过在传感器51和最远离圆形部件52的顶表面56的喷射材料层之间

的间隙的距离相对应的信号。在图示的实施例中传感器51定位成与第一打印头28的打印侧表面53平齐,以使得由传感器51产生的信号对应于跨过在第一打印头28和最远离顶表面56的材料层之间的间隙的距离。在另一实施例中传感器51与打印头的打印侧表面53间隔开已知距离。这种布置使得跨过在第一打印头28和最远离顶表面56的材料层之间的间隙的距离能够从由传感器51产生的信号和传感器51到打印侧表面53的已知间隔来确定。在某些实施例中间隙传感器51是接触传感器,在其他实施例中是非接触传感器。

[0036] 打印机100、200、300的各种子系统、部件和功能的操作和控制利用控制器和存储器的辅助来实施。具体地,控制器监测基材的速度和位置并确定从一个或多个打印头喷射材料的定时。控制器可以利用执行编程指令的通用或专用可编程处理器来实现。控制器可操作地连接到存储器以使得控制器能够读取指令并在存储器中读写执行编程功能所需要的数据。这些部件可以设置在印刷电路卡上或设置成专用集成电路(ASIC)中的电路。每个电路可以利用单独的处理器来实现,或者多个电路可以在同一处理器上实现。可替换地,电路可以利用分立部件或设置在VLSI电路中的电路来实现。此外,本文描述的电路可以利用处理器、ASIC、分立部件或VLSI电路的组合来实现。

[0037] 控制器58可操作地连接到第一打印头28、第一驱动器40、第二驱动器42和编码器50。控制器58构造成执行存储在存储器中的编程指令以操作三维打印机100、200、300来产生三维物体。在下面的讨论中,术语“基材”总的表示空心部件24的内表面34(图1-5)和圆形部件52的顶表面56(图6和图7),术语“打印机”总的表示上述打印机100、200、300的第一(图1-3)、第二(图4和图5)和第三(图6和图7)实施例。

[0038] 控制器58操作第一驱动器40以使得基材34、56以恒定角速度旋转。在打印机100的第一实施例中,基材34、56上的所有位置定位成与轴线30相距基本相同的距离,所以在基材34、56上任意位置的表面速度相同。在打印机200、300的第二和第三实施例中,基材34、56上的某些位置与其他位置相比定位成与轴线30相距不同的距离,所以基材34、56上的表面速度不同。

[0039] 为适应在基材34、56上的变化的表面速度,在一个实施例中控制器58在距轴线30预定距离处保持预定表面速度。在本实施例中,基材34、56上比预定距离更靠近轴线30的位置的表面速度比预定距离处的速度慢。相反,在基材34、56上比预定距离更远离轴线30的位置的表面速度比预定距离处的速度快。在另一实施例中,控制器58操作第一驱动器40以调节基材34、56的角速度,以使得基材34、56的与操作打印头的预定点相对的部分以预定表面速度移动经过该预定点。

[0040] 控制器58操作第一打印头28以在第一驱动器40使基材34、56以恒定角速度旋转时将材料喷射到基材34、56上。第一打印头28可以选择性地或连续地操作以构建材料层,从而生成三维物体。作为基材34、56的角位置的函数,控制器58使用来自监测系统的插值编码器信号来选择性地操作打印头。控制器58还使用插值编码器信号来调节基材34、56的角速度以补偿在基材34、56上的速度变化。在某些实施例中可以修改图像处理位映射图以考虑在操作打印头中的径向远离所述预定点的点处的不同有效速度,在所述预定点处,控制器58保持预定速度。

[0041] 在一个实施例中控制器58选择性地操作第一打印头28以在基材34、56一次或多次旋转之后将材料喷射到基材34、56上,以使得从打印头喷射的一个或多个材料层能够硬化。

在另一实施例中,控制器58操作第一驱动器40以临时停止或暂停基材34、56的旋转,以实现最近喷射材料的硬化或固化。在另一实施例中,执行激光烧结处理以在从第一打印头28喷射后续层之前固化最近喷射的材料。

[0042] 控制器58以由将在基材34、56上形成的物体的数字图像驱动的大致恒定频率来激发第一打印头28。在一个实施例中,控制器58以约39千赫的频率操作打印头。在其他实施例中,控制器58操作以大于或小于39千赫的频率操作打印头。通常参考多个系统参数来选择打印头操作频率。这些参数包括但不限于待制造的三维物体的复杂性和/或尺寸、用于生成三维物体的基材和/或打印机的尺寸、用于构件三维物体的层的一种或多种材料的特性和特征。

[0043] 控制器58识别每个材料层距第一打印头28的距离以调节第一打印头28沿z方向40的位置。在一个实施例中控制器58基于喷射在基材34、56上的材料的位置、数量和特性来估计该距离。在另一实施例中,控制器58参考由间隙传感器51产生的信号来识别最远离基材34、56的材料层的距离。在一个实施例中间隙传感器46被固定至第一打印头28,以使得打印头的移动也会使传感器51移动。在其他实施例中,间隙传感器51固定到框架26、54,以使得传感器51到基材的距离保持恒定。在实施间隙传感器51的所有实施例中,传感器51相对于基材的位置被校准作为参考位置并存储在存储器中。

[0044] 控制器58参考识别的距离来操作第二驱动器42,以使第一打印头28沿z方向46移动,从而保持打印头和最远离基材34、56的喷射材料层之间的预定间隙。预定间隙使得控制器58能够保持用于打印机100、200、300的条件一致以形成三维物体。预定间隙使得控制器58能够利用从第一打印头28到基材34、56或到现有材料层的可预测飞行时间来从第一打印头28喷射材料。预定间隙还使得控制器58能够考虑从旋转物体携带的空气。预定间隙还防止当已经喷射到基材上的材料移动经过第一打印头28时发生碰撞。在一个实施例中,第二驱动器42实施为由控制器58参考插值编码器输出和间隙传感器51中的一个或多个进行操作的步进电机。在某些实施例中,打印头沿z方向46的运动在基材34、56旋转期间是平滑或连续的。在其他实施例中,打印头沿z方向46的运动是离散运动,例如在基材34、56每次完全旋转经过打印头之后进行离散平移。

[0045] 在某些实施例中,控制器58操作第二驱动器42以使得第一打印头28相对于基材34、56沿交叉加工方向44移动。交叉加工移动使得打印头以比在交叉加工方向44上固定的打印头的可能实现的交叉加工分辨率更高的交叉加工分辨率来喷射材料。在某些实施例中,打印头沿交叉加工方向44的运动在基材34、56旋转期间时平滑或连续的。在其他实施例中,打印头沿交叉加工方向44的运动是离散运动,例如在基材34、56每次完全旋转经过能够运动的打印头之后进行离散平移。在其他实施例中,打印头沿交叉加工方向44的运动包括连续或螺旋运动和离散运动的组合,以使得打印头沿着空心部件24的宽度形成均匀连续喷射。

[0046] 当生成三维物体时为避免物体缺陷(例如,特征移动或下陷、或来自打印机100、200、300的喷射材料的方向错误),考虑各种打印机实施例的基材取向、作用在喷射材料上的重力和向心力。考虑向心力是有用的,这是因为向心力随着附加材料层被沉积在基材34、56上而改变。在某些实施例中,控制器58可以执行软件映射处理以调节像素位置和/或从打印头进行材料喷射的定时,从而补偿由于各种力引起的物体特征下陷或未对准。在某些实

施例中执行物体图像文件的有限元模型计算,以找出避免特征缺陷的调节。还可以执行翻转计算以确保物体在其形成期间不会翻转。

[0047] 当生成三维物体时为确保物体不会由于重力或向心力而在基材34、56上滑动,还考虑基材34、56和与基材34、56相邻的喷射材料的部分之间的摩擦力。在某些实施例中,通过使基材34、56构造成具有高摩擦表面来避免滑动。但是,高摩擦力会增加从基材34、56移除完成的三维物体的难度。

[0048] 图8示出当普通物体20放置在打印机200的第二实施例(图4和图5)的基材34、56上时作用在该物体上的各种力。该图示出相对于与重力平行的竖直轴线具有任意角度(θ)的基材34、56。重力(F_g)指向竖直方向,并且被分解成在基材平面中的矢量(F_{gp})和与基材平面垂直的矢量(F_{gn}),其中 $F_{gp}=F_g \cos\theta$, $F_{gn}=F_g \sin\theta$ 。离心伪力(F_c)指向与轴线30垂直的方向,并且被分解成在基材平面中指向远离轴线30的矢量(F_{cp})和垂直于基材平面的矢量(F_{cn}),其中 $F_{cp}=F_c \sin\theta$, $F_{cn}=F_c \cos\theta$ 。作用在物体上的重力的法向力分量(F_{gn})和作用在物体上的离心伪力的法向力分量(F_{cn})的和等于基材上的物体的法向力(F_n),其中 $F_n=F_{gn}+F_{cn}$ 。

[0049] 在某些实施例中,打印机100、200、300构造成平衡作用在物体上的力,以使得物体和基材34、56之间的静摩擦足以在物体围绕轴线30旋转时将物体保持在适当位置。表1示出与打印机200的第二实施例一起使用以大致平衡作用在由打印机200生成的物体上的力的设计参数的示例。

[0050] 表1

	速度	2.54 m/s	500 ft/min
	半径	0.75 m	29.53 in
	角速度	3.39 rad/s	
	向心加速度	8.6 m/s ²	
	重力加速度	9.8 m/s ²	
	角度 (θ)	0.54 rad	30.9 度
	沿基材的重力分量	8.41	
	沿基材的离心力分量	4.42	
[0051]	法向力	12.42	
	静摩擦系数	0.45	
	在基材平面中的净加速度	3.98	正 = 向下和入, 负 = 向上和出
	反作用摩擦	5.59	
	交叉加工部件尺寸	0.1 m	
	底边缘的速度	2.45 m/s	
	顶边缘的速度	2.63 m/s	
	速度偏差百分比	7%	

[0052] 如表1所示,基材34旋转以具有500ft/min的表面速度。在表中表示的0.45的静摩擦系数是用于喷射在钢基材上的聚酯热塑性材料的静摩擦系数范围的大约中点。在一个实施例中,必要时,工业标准高摩擦涂层被施加到基材以将静摩擦系数增加到0.5至0.6的大致范围。在表1所述的系统中基材34具有距离打印机200的轴线30为30英寸的半径。为平衡作用在喷射材料上的重力和离心力,基材与竖直方向的角度(θ)约为30度。成角度的基材跨过由打印机200形成的物体的表面引起速度差。对于具有0.1m交叉加工长度的物体,从最接近轴线30的物体的底部到最远离轴线30的物体的顶部存在大约7%的速度差。在某些实施例中,通过减小基材的半径来减小基材与轴线30的角度(θ)。

[0053] 表2示出与打印机100的第一实施例一起使用以大致平衡作用在由打印机100生成的物体上的力的设计参数的示例。

[0054] 表2

[0055]	速度	2.54 m/s	500 ft/min
--------	----	----------	------------

	半径	0.25 m	9.84 in
	角速度	10.16 rad/s	
	向心加速度	25.8 m/s ²	
	重力加速度	9.8 m/s ²	
	角度	0 rad	0 度
	沿基材的重力分量	9.8	
	沿基材的离心力分量	0	
[0056]	法向力	25.81	
	静摩擦系数	0.45	
	在基材平面中的净加速度	9.8	正=向下和入 负=向上和出
	反作用摩擦	11.61	
	交叉加工部件尺寸	0.1 m	
	底边缘的速度	2.54 m/sec	
	顶边缘的速度	2.54 m/sec	
	速度偏差百分比	0%	

[0057] 如表2所示,基材34旋转以具有500ft/min的表面速度。在表中表示的0.45的静摩擦系数是用于喷射在钢基材上的聚酯热塑性材料的静摩擦系数范围的大约中点。打印机100的第一实施例的尺寸通常小于打印机200的第二实施例的尺寸,以使作用在物体上的离心力最大化。基材34的尺寸调整为确保作用在旋转物体上的离心力足以产生比作用在物体上的重力更大的反作用摩擦力。如表2所示,打印机100的第一实施例的基材34的尺寸调整为具有距离打印机100的轴线30为大约9.84英寸的半径。

[0058] 尽管打印机100的第一实施例通常小于本文描述的打印机200、300的其他实施例,但是由打印机100的第一实施例形成的物体在其表面上没有产生速度差,这是由于基材34上的所有位置与轴线30的间距相等。表2中描述的打印机100的基材34尽管与其他实施例相比具有较小的尺寸,但是具有用于物体生成的大表面积。在一个实施例中,例如,打印机100的第一打印头28沿着交叉加工方向44在基材34的大约3英寸上喷射材料。在具有10英寸半径的基材34的系统中,打印头可以在可与现有制造系统相当的大约1.25平方英尺的表面积上将材料喷射在基材34上。沿着交叉加工方向44增加与第一打印头28相邻的一个或多个附加打印头48能够实现具有在单批次中形成大量离散物体的潜力的可扩展架构。

[0059] 表3示出与打印机300的第三实施例一起使用以大致平衡作用在由打印机300生成的物体上的力的设计参数的示例。

[0060] 表3

速度	1.65 m/s	325 ft/min
半径	2 m	78.74 in
角速度	0.83 rad/s	
向心加速度	1.4 m/s ²	
重力加速度	9.8 m/s ²	
角度	1.57 rad	90 度
沿基材的重力分量	0	
沿基材的离心力分量	1.36	
[0061] 法向力	9.8	
静摩擦系数	0.35	
在基材平面中的净加速度	-1.36	正 = 向下和入, 负 = 向上和出
反作用摩擦	3.43	
交叉加工部件尺寸	0.1 m	
底边缘的速度	1.61 m/s	
顶边缘的速度	1.69 m/s	
速度偏差百分比	5%	

[0062] 如表3所示,基材56旋转以具有325ft/min的表面速度。在表中表示的0.35的静摩擦系数是用于喷射在钢基材上的聚酯热塑性材料的静摩擦系数范围的大约中点。打印机300的第三实施例的尺寸通常大于打印机100、200的其他实施例的尺寸,以使作用在物体上的离心力最小化。基材56的尺寸调整为确保单独作用在物体上的重力引起的反作用摩擦力足以克服在基材56旋转时作用在物体上的离心力。如表3所示,打印机300的第三实施例的基材56的尺寸调整为具有距离轴线30为大约78.74英寸的半径。

[0063] 打印机300的第三实施例的基材56的表面速度通常小于打印机100、200的其他实施例的表面速度以使作用在物体上的离心力最小化。通过减小基材56到轴线30的半径来减小在由打印机300形成的物体的表面上的速度差。如表3所示,大半径基材56在具有0.1m交叉加工长度的物体上产生约5%速度偏差。

[0064] 在一个实施例中,打印机100、200构造成基于重力的系统,其中作用在物体上的重力超过作用在物体和基材34之间的反作用摩擦力。在打印机200的第二实施例(图8)和打印机100的第一实施例(图9)中的每一个中,基材34包括壁架60,壁架60构造成与邻近壁架60的喷射材料相互作用。壁架60承受压靠在壁架60上的物体20的力,并且防止物体20在基材34上滑动。尽管作用在物体20上的离心力不需要超过作用在物体20上的重力,但是离心力必须足以大到防止物体20旋转越过壁架60。

[0065] 在一个实施例中,打印机100、200包括传送机构62(图1),传送机构62构造成接收由打印机100、200形成的一个或多个三维物体20并从打印机100、200移走物体20。在本实施

例中,控制器58操作第一驱动器40以降低基材34的角速度,以使得作用在完成物体20上的重力超过作用在物体上的离心力,物体20滑过基材34而滑到传送机构62上。在打印机包括壁架60以在物体形成期间支撑物体的实施例中,壁架60构造成可相对于基材34移动,所以完成的物体可以滑过壁架60并滑到传送机构62上。

[0066] 在打印机100的某些实施例中,轴线30的取向相对于重力倾斜。例如,在一个实施例中轴线30的水平取向使得打印机100的一个或多个打印头能够沿着与重力基本上平行的方向向下喷射材料。在本实施例中,为确保在形成期间物体保留在基材上,必须考虑在物体绕轴线30旋转时作用在物体上的重力的变化方向。一个这样的考虑包括选择适当的速度以确保当重力的最大重力分量作用在物体上以使物体与基材分开时物体保留在基材上。

[0067] 在打印机100、200、300的替换实施例中,一个或多个打印头构造成旋转经过固定基材以形成三维物体。在本替换实施例中,一个或多个打印头被支撑在构造成相对于基材旋转的可移动框架上。材料供应沿着打印机的轴线设置,提供材料供应管线以将墨从材料源传送到一个或多个打印头。控制器操作至少一个驱动器以使可移动框架与材料源和材料供应管线一起围绕轴线旋转。控制器操作一个或多个打印头以将材料喷射到基材上,从而构建材料层并形成三维物体。控制器操作与上文参考打印机100、200、300的第一、第二和第三实施例讨论的驱动器类似的附加驱动器,以使得在打印头旋转经过基材时一个或多个打印头相对于基材移动。

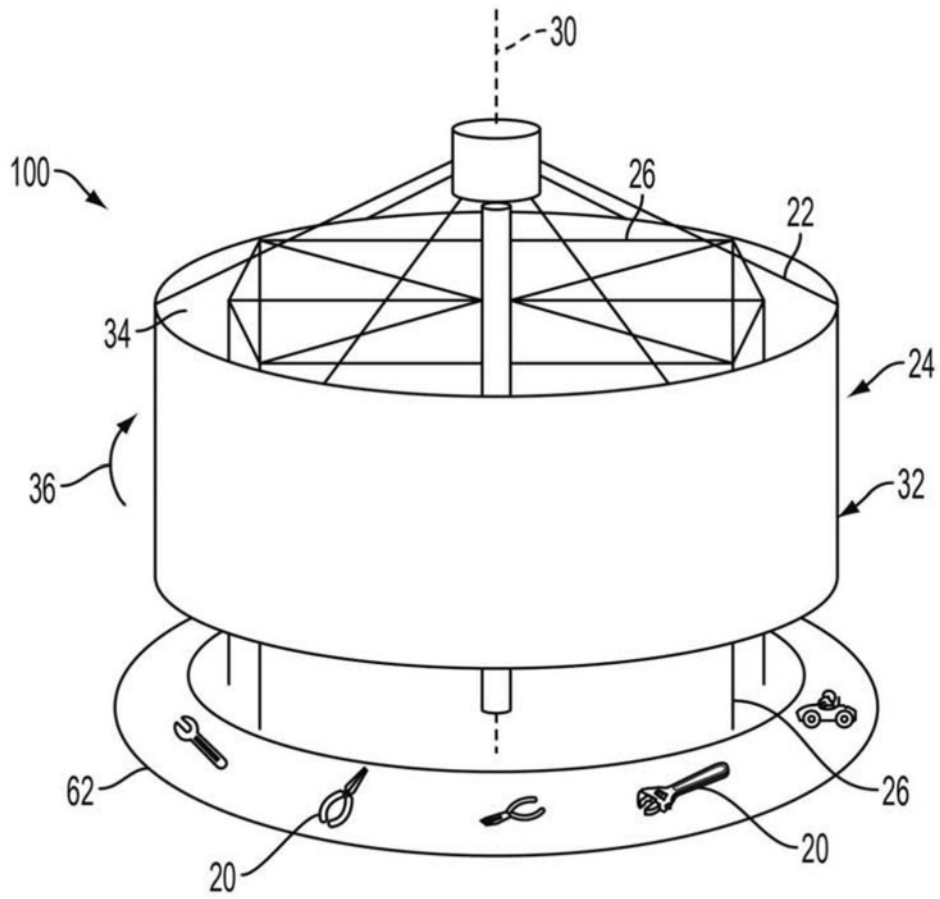


图1

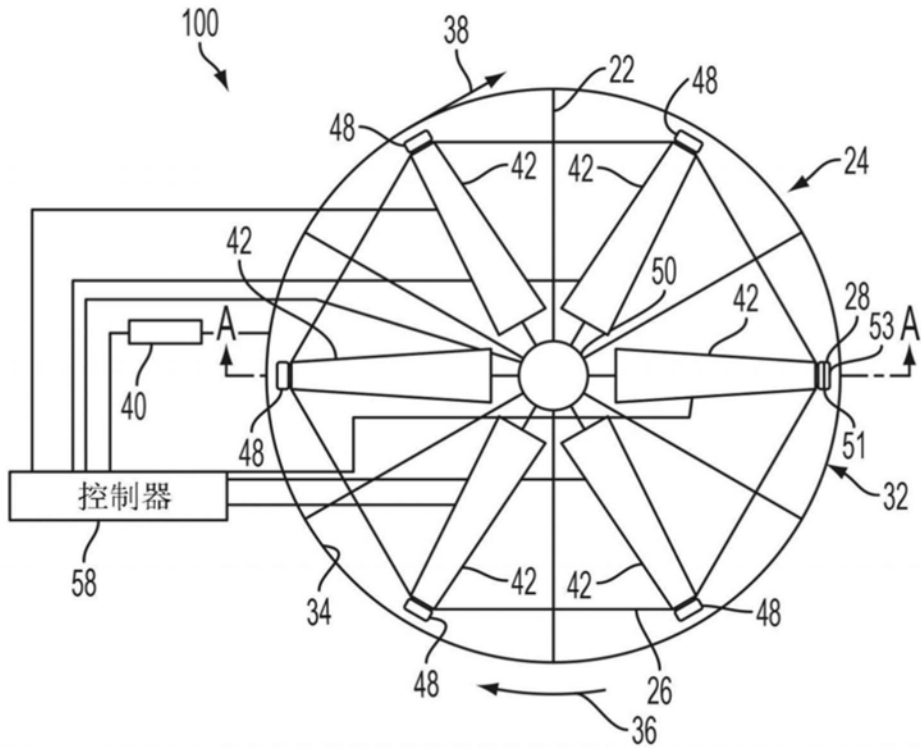


图2

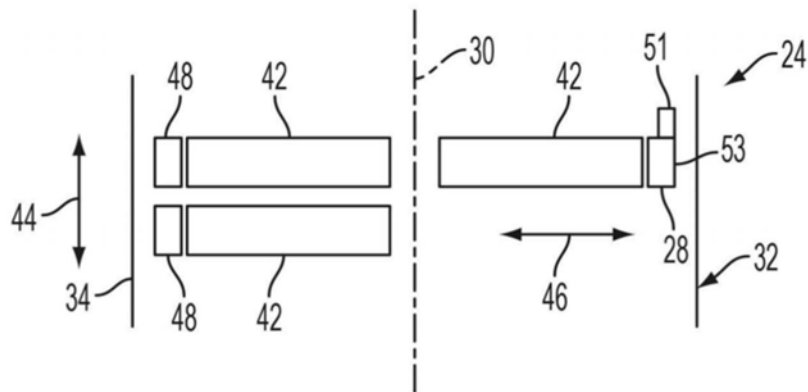


图3

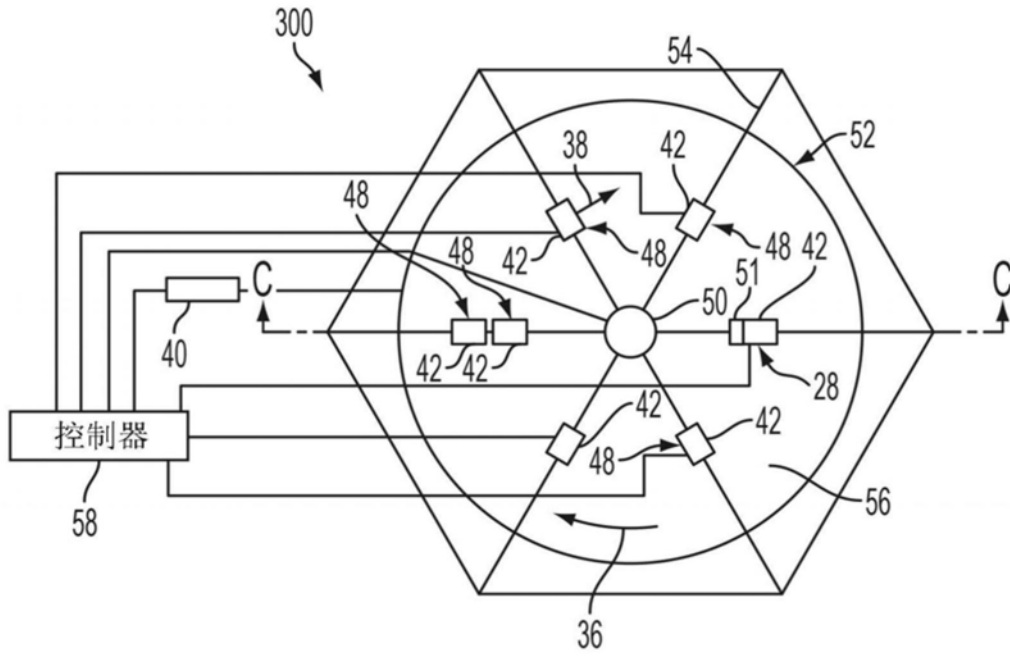


图6

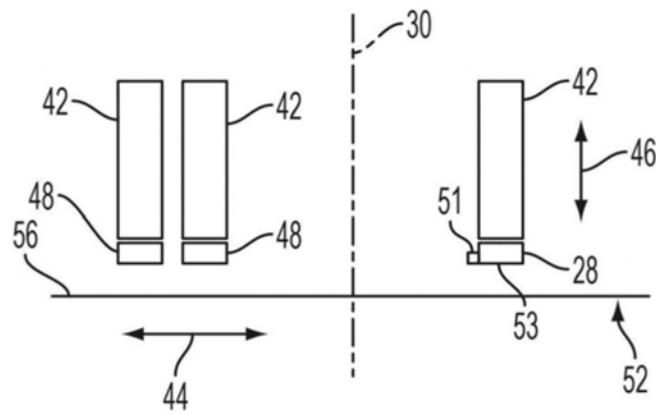


图7

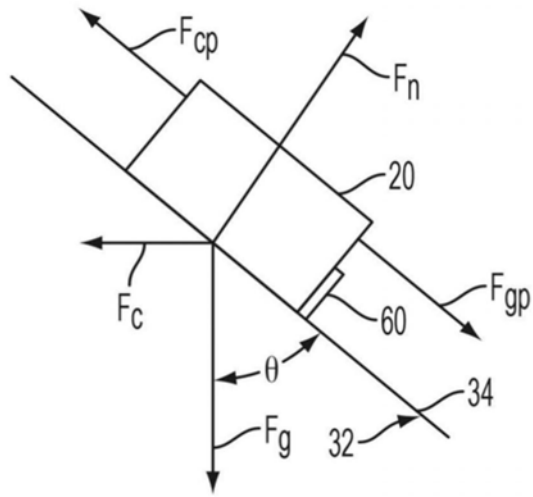


图8

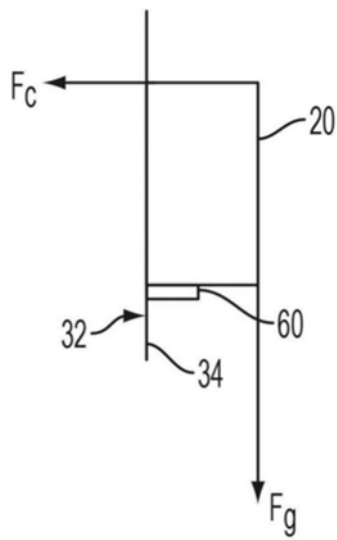


图9