



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110394989 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 01

(21) 申请号 201910270679.9  
(22) 申请日 2019.04.04  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
    申请公布号 CN 110394989 A  
(43) 申请公布日 2019.11.01  
(30) 优先权数据  
    15/961256 2018.04.24 US  
(73) 专利权人 施乐公司  
    地址 美国康涅狄格州  
(72) 发明人 D·A·曼特尔 P·J·奈斯特龙  
    C·G·林恩 J·奥尼尔  
(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 64/393 (2017.01)  
    B29C 64/112 (2017.01)  
    B33Y 50/02 (2015.01)  
    B33Y 10/00 (2015.01)  
审查员 赵胥英

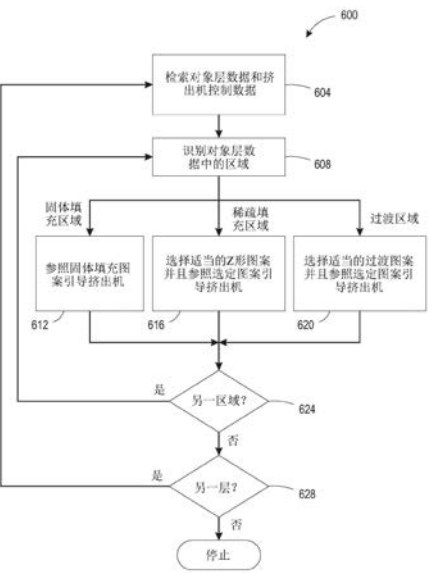
权利要求书3页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

使用提供改进的结构完整性的Z形图案操作多喷嘴挤出机的方法

(57) 摘要

增材制造系统操作致动器以参照选定第一Z形图案移动挤出机,以通过挤出具有由成角度部分连接的笔直部分的热塑性材料条带来稀疏填充对象的内部区域。在完成使用所述第一Z形图案的第一行程之后,使用第二Z形图案来形成与第一条带形成刚性结构的互补条带。交替使用所述两种图案以稀疏填充所述对象的多个层中的所述内部区域,直到检测到与固体填充结构或表面相距的预定距离。然后使用过渡图案来增加所述对象的下一个连续层中的所述内部区域中的所述条带的密度,直到到达所述层,其中在使用所述过渡图案形成的所述条带上形成固体填充表面。



1. 一种用于操作三维 (3D) 对象制造系统的方法, 包含:

用控制器从存储在可操作地连接到所述控制器的存储器中的多种Z形图案中选择第一Z形图案;

用所述控制器操作致动器以在第一对象层中的内部区域中移动挤出机, 所述挤出机的所述移动是相对于支撑正在制造的对象的平台, 以使用所述第一Z形图案以移动所述挤出机在所述第一对象层中的所述内部区域中形成条带, 同时通过所述挤出机中的多个喷嘴挤出热塑性材料, 形成在所述第一对象层的所述内部区域中的所述热塑性材料的条带在所述第一对象层中的所述内部区域中具有笔直部分和成角度部分, 当所述挤出机沿一对正交轴移动时形成所述笔直部分, 一个正交轴以 $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ 取向, 另一个正交轴以 $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$ 取向, 并且当所述挤出机沿除所述正交轴之一以外的路径移动时形成所述成角度部分;

从存储在所述存储器中的所述多种Z形图案中选择第二Z形图案; 和

用所述控制器操作所述致动器以在与所述第一对象层相邻的第二对象层中的所述内部区域中移动所述挤出机, 所述挤出机的所述移动是相对于所述平台, 以使用所述第二Z形图案以移动所述挤出机在所述第二对象层中的所述内部区域中形成条带, 同时通过所述挤出机中的所述多个喷嘴挤出热塑性材料, 所述第二对象层的所述内部区域中的所述热塑性材料条带在所述第二对象层中的所述内部区域中具有笔直部分和成角度部分, 所述第一对象层中的所有成角度部分均以与所述正交轴之一成正偏差或负偏差取向, 并且所述第二对象层中的所有成角度部分均以与相同的所述正交轴成正偏差或负偏差中的另一个取向。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其另外包含:

将所述挤出机在形成所述条带的所述成角度部分时的移动速度调整为慢于所述挤出机在形成所述笔直部分时的移动速度。

3. 根据权利要求1所述的方法, 其中使用所述第一Z形图案以移动所述挤出机以与所述正交轴之一成 $+45^{\circ}$ 角延伸, 在所述第一对象层中形成所述条带的所述成角度部分, 并且使用所述第二Z形图案以移动所述挤出机以与相同的所述正交轴成 $-45^{\circ}$ 角延伸, 在所述第二对象层中形成所述条带的所述成角度部分。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其另外包含:

使用所述第一Z形图案用所述控制器操作所述致动器以移动所述挤出机, 以形成所述条带中的所述笔直部分的至少一个, 所述笔直部分的所述至少一个的长度长于使用所述第一Z形图案形成的所述条带中的其它笔直部分的长度。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其另外包含:

使用所述第一Z形图案操作所述致动器以移动所述挤出机并形成所述至少一个笔直部分, 从而沿所述正交轴之一形成的所有笔直部分具有较长的长度, 并且沿所述正交轴中的另一个形成的其他的笔直部分不具有较长的长度。

6. 根据权利要求5所述的方法, 其还包括:

用所述控制器操作所述致动器以使用所述第一Z形图案和按照所述内部区域的填充百分比移动所述挤出机, 以形成具有所述较长的长度的所述条带的所述笔直部分。

7. 根据权利要求1所述的方法, 其另外包含:

用所述控制器操作所述挤出机以打开所述挤出机中的所述多个喷嘴中的每个喷嘴, 同时使用所述第一Z形图案并且使用所述第二Z形图案移动所述挤出机。

8. 根据权利要求1所述的方法,其另外包含:

用所述控制器操作所述致动器以使用所述第二Z形图案移动所述挤出机,以将使用所述第二Z形图案形成的所述条带的所述成角度部分定位成与通过使用所述第一Z形图案移动所述挤出机形成的所述条带的所述成角度部分相邻。

9. 根据权利要求1所述的方法,其另外包含:

交替所述挤出机的移动:使用所述第一Z形图案以在奇数层内移动所述挤出机与使用所述第二Z形图案以在偶数层内移动所述挤出机,直到由所述热塑性材料形成的所述条带到达与形成固体填充表面的位置相距的预定距离。

10. 根据权利要求9所述的方法,其另外包含:

用所述控制器从多种过渡图案中选择第一过渡图案;和

在第一对象层中的内部区域中用所述控制器移动所述挤出机,在所述第一对象层中使用所述第一过渡图案用于所述挤出机的移动,所述第一对象层与其中使用所述第一Z形图案和所述第二Z形图案中的一个的最近形成的奇数对象层或偶数对象层相邻,发生所述挤出机使用所述第一过渡图案的所述移动,同时通过所述挤出机的所述多个喷嘴挤出热塑性材料,以在先前在其中使用所述第一Z形图案和所述第二Z形图案中的一个以移动所述挤出机的所述最近形成的奇数对象层或偶数对象层中形成的所述条带上形成热塑性材料条带。

11. 根据权利要求10所述的方法,其另外包含:

在第二对象层中的内部区域中用所述控制器移动所述挤出机,在所述第二对象层中使用所述第一过渡图案用于所述挤出机的移动,其中使用第一过渡图案用于所述挤出机的移动的所述第二对象层与其中使用第一过渡图案的所述第一对象层相邻,所述挤出机在其中使用所述第一过渡图案的所述第二对象层中的所述移动是使用所述第一过渡图案进行,同时通过所述挤出机的所述多个喷嘴挤出热塑性材料,以在先前在所述第一对象层中形成的所述条带上形成热塑性材料的条带,在所述第一对象层中使用所述第一过渡图案以移动所述挤出机。

12. 根据权利要求11所述的方法,其另外包含:

使用所述第一过渡图案在其中使用所述第一过渡图案用于挤出机的移动的所述第一对象层中用所述控制器操作所述挤出机,其中所述多个喷嘴中的第一数量的喷嘴打开,所述第一数量的喷嘴少于所述多个喷嘴中的所有所述喷嘴;和

使用所述第一过渡图案在其中使用所述第一过渡图案用于挤出机的移动的所述第二对象层中用所述控制器操作所述挤出机,其中所述多个喷嘴中的第二数量的喷嘴打开,以在其中使用所述第一过渡图案用于挤出机的移动的所述第一对象层中形成的所述条带上放置较宽的热塑性材料的条带,所述第二数量的喷嘴多于所述第一数量的喷嘴。

13. 根据权利要求10所述的方法,其另外包含:

用所述控制器从所述多种过渡图案中选择第二过渡图案;

使用所述第二过渡图案在下一个对象层中的内部区域中用所述控制器移动所述挤出机,所述下一个对象层在其中使用所述第一过渡图案用于挤出机的移动的所述第一对象层之后形成,同时通过所述挤出机的所述多个喷嘴挤出热塑性材料,以在使用所述第一过渡图案以移动所述挤出机而形成的所述条带上形成热塑性材料的条带。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中使用所述第一过渡图案用于挤出机的移动而形

成的条带数量不同于使用所述第二过渡图案用于挤出机的移动而形成的条带数量。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中使用所述第一过渡图案用于挤出机的移动而形成的所述条带数量为偶数, 并且使用所述第二过渡图案用于挤出机的移动而形成的所述条带数量为奇数。

16. 根据权利要求13所述的方法, 其中使用所述第一过渡图案用于所述挤出机的移动而形成的所述条带具有笔直部分和成角度部分, 当所述挤出机沿所述正交轴之一移动时形成所述笔直部分并且当所述挤出机沿除所述正交轴之一以外的路径移动时形成所述成角度部分, 并且所述第二过渡图案为直线式图案, 仅使用所述直线式图案沿所述正交轴移动所述挤出机; 并且所述方法另外包含:

使用所述直线式图案用所述控制器操作所述挤出机, 以通过所述挤出机的所述多个喷嘴挤出热塑性材料, 以形成仅具有沿所述正交轴形成的笔直部分的热塑性材料的条带。

17. 根据权利要求16所述的方法, 其另外包含:

使用所述直线式图案用所述控制器操作所述挤出机, 其中所述多个喷嘴中的第一数量的喷嘴打开, 以在使用所述第一过渡图案移动所述挤出机时形成的所述条带的至少一部分上形成所述条带; 和

使用所述直线式图案用所述控制器操作所述挤出机, 其中所述多个喷嘴中的第二数量的喷嘴打开, 以增加先前使用所述直线式图案移动所述挤出机并且所述第一数量的喷嘴打开时形成的所述条带中的至少一个的宽度, 所述第二数量的喷嘴多于所述第一数量的喷嘴。

18. 根据权利要求16所述的方法, 其另外包含:

在穿过先前形成的条带之间的开口时, 将所述挤出机的移动速度调整得更慢。

19. 根据权利要求1所述的方法, 其中使用所述第一Z形图案以移动所述挤出机形成的所述条带将至少一个条带的所述成角度部分定位成与相邻条带的所述成角度部分相邻。

## 使用提供改进的结构完整性的Z形图案操作多喷嘴挤出机的方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及用于三维对象打印机的多喷嘴挤出机,并且更具体地,涉及在填充区中形成支撑表面的结构特征。

### 背景技术

[0002] 三维打印,也称为增材制造,是从几乎任何形状的数字模型制作三维立体对象的过程。许多三维打印技术使用增材过程,其中增材制造装置在先前沉积层的顶部上形成部件的连续层。这些技术中的一些使用挤出机将如ABS塑料的挤出材料软化或熔化成热塑性材料,并且然后以预定图案喷射热塑性材料。打印机通常操作挤出机以形成连续热塑性材料层,其形成具有各种形状和结构的三维打印对象。在形成三维打印对象的每一层之后,热塑性材料冷却并且硬化以将层结合到三维打印对象的下层。这种增材制造方法可与传统的对象形成技术区分,传统的对象形成技术主要依靠通过如切割或钻孔的减材过程从工件上去除材料。

[0003] 许多现有的三维打印机使用单个挤出机,其通过单个喷嘴挤出材料。挤出机以预定路径移动,以基于三维打印对象的模型数据将构建材料挤出到支撑构件的选定位置或三维打印对象的挤出材料的先前沉积条带上。将模型数据加工成待制造对象的横截面层,其中每层大致对应于单个挤出材料条带的厚度。使用仅具有单个喷嘴的挤出机来挤出构建材料通常需要相当长的时间来形成三维打印对象。另外,具有较大喷嘴直径的挤出机可更快地形成三维打印对象,但是对于更详细的特征来说失去以更精细形状喷射构建材料的能力,而具有较窄直径的喷嘴可形成详细的结构,但是需要更多时间来构建三维对象。

[0004] 为了解决单喷嘴挤出机的局限性,已经开发出多喷嘴挤出机。在这些多喷嘴挤出机中,喷嘴形成于共同面板中,并且通过喷嘴挤出的材料可来自一个或多个歧管。在具有单个歧管的挤出机中,所有喷嘴挤出相同的材料,但是从歧管到每个喷嘴的流体路径可包括操作以选择性地打开和关闭喷嘴的阀。通过改变挤出材料的喷嘴数量以及哪些是挤出材料,这种能力使来自喷嘴的热塑性材料挤出机的条带形状能够变化。在具有不同歧管的挤出机中,每个喷嘴可挤出不同材料,其中从歧管中的一个到其对应喷嘴的流体路径包括可操作以选择性地打开和关闭喷嘴的阀。这种能力使条带中的材料成分以及来自喷嘴的热塑性材料挤出机的条带形状能够变化。同样,通过改变挤出材料的喷嘴数量以及哪些是挤出材料来实现这些变化。这些多喷嘴挤出机使不同材料能够从不同喷嘴挤出并且用于形成对象而不必协调不同挤出机体的移动。这些不同材料可增强增材制造系统生产具有不同颜色、物理特性和配置的对象的能力。另外,通过改变挤出材料的喷嘴数量,可更改生产的条带的大小,以在如对象边缘的需要精确特征形成的区中提供窄条带,并且提供更宽的条带以快速形成对象的区,如其内部区域。

[0005] 在喷嘴处于共同面板中的这些多喷嘴挤出机中,面板相对于构建平台的移动以及面板相对于平台的轴的取向对于形成条带至关重要。如本文档所使用的,“条带”是指在多

喷嘴挤出机中作为聚集体从任何打开的喷嘴挤出材料,只要至少一个喷嘴保持打开并且材料从任何打开的喷嘴挤出。也就是说,即使打开多个喷嘴,但并非所有喷射的挤出物彼此接触,离散的挤出物构成条带。连续的条带是来自多个喷嘴的所有挤出物在交叉加工方向上在条带上连续接触的条带。

[0006] 在正在形成的对象的层内为表面区域、过渡区域和内部区域。对象的内部区域可稀疏填充,因为它们是不可观察的。这些区域必须具有足够的结构和刚度,以便它们可支撑需要在内部区域上形成的过渡和表面结构。另外,使这些内部区域有助于对象的整体刚性为有利的。在对象制造中,在这些不同类型的区域中所需的挤出材料量之间找到适当的平衡为重要的。在用多喷嘴挤出机形成对象的制造系统中,挤出机可沿 $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  (X) 轴或 $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$  (Y) 轴移动,如图8所示。沿这些轴挤出使所描绘的挤出机的所有九个喷嘴能够有助于形成连续的条带,并且条带具有其最大宽度。如本文档所使用的,术语“ $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ 轴”意指在 $0^{\circ}$ 方向或 $180^{\circ}$ 方向上移动,其中挤出机的面板这样取向,如果打开所有喷嘴,那么形成挤出机可生产的最有效生产的连续的条带,并且术语“ $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$ 轴”意指在 $90^{\circ}$ 或 $270^{\circ}$ 方向上移动,其中挤出机的面板这样取向,如果打开所有喷嘴,那么形成挤出机可生产的最有效生产的连续的条带。由于所有喷嘴垂直于移动方向等距间隔,因此有效地生产连续的条带。为了牢固地填充内部区域,挤出机可在 $0^{\circ}$ 方向上双向移动一层并且在下一层中在 $90^{\circ}$ 方向上双向移动。然而,用稀疏图案打印这些内部区域存在问题,因为这种层的正交交替打印图案需要不同层中的条带彼此垂直交叉。在交叉条带下方没有固体支撑的情况下,当前的挤出在经过垂直条带之后趋于不连续。这种连续性的缺乏损害区域的结构完整性,并且对其支撑区域上形成的表面的能力产生不利影响。操作具有带有共同面板的多喷嘴挤出机的三维对象打印机以填充对象的内部区域而不损害对象的结构完整性将为有益的。

## 发明内容

[0007] 操作多喷嘴挤出机的新方法使内部区域能够以提供先前未知的结构完整性的方式稀疏形成。方法包括用控制器从存储在可操作地连接到控制器的存储器中的多种Z形图案中选择第一Z形图案,用控制器操作致动器以在第一对象层中的内部区域中移动挤出机,挤出机的移动是相对于支撑正在制造的对象的平台,以参照第一Z形图案在第一对象层中的内部区域中形成条带,同时通过挤出机中的多个喷嘴挤出热塑性材料条带,第一对象层的内部区域中的热塑性材料条带在第一取向上在第一对象层中的内部区域中具有笔直部分和成角度部分。方法通过以下继续:从存储在存储器中的多种Z形图案中选择第二Z形图案,和用控制器操作致动器以在与第一对象层相邻的第二对象层中的内部区域中移动挤出机,挤出机的移动是相对于平台,以参照第二Z形图案在第二对象层中的内部区域中形成条带,同时通过挤出机中的多个喷嘴挤出热塑性材料条带,第二对象层的内部区域中的热塑性材料条带在第二取向上在第二对象层中的内部区域中具有笔直部分和成角度部分,第一取向和第二取向相对于挤出机在条带形成期间的直线移动成不同角度。

## 附图说明

[0008] 在下面的描述中,结合附图解释使用Z形图案操作多喷嘴挤出机以在稀疏填充内部区域中形成具有改进的3D对象结构完整性的支撑结构的前述方面和其它特征。

[0009] 图1描绘增材制造系统,其以改进填充有稀疏图案的区的结构完整性的方式操作多喷嘴挤出机。

[0010] 图2描绘增材制造系统的替代实施例,其以改进填充有稀疏图案的区的结构完整性的方式操作多喷嘴挤出机。

[0011] 图3A和图3B说明两种Z形图案,其可用于稀疏填充3D对象的内部区域而不损害区域的结构完整性。

[0012] 图4说明过渡图案的组合,其可连续地用于填充3D对象的稀疏填充内部区域与待形成固体填充表面的位置之间的体积,从而适当地支撑固体填充表面。

[0013] 图5A为形成有图3A和图3B的Z形图案的内部区域的仰视图,并且图5B为由图4中所描绘的图案组合形成的内部区域的仰视图。

[0014] 图6为由图1和图2的增材制造系统的控制器使用的过程的流程图,以沿预定稀疏图案移动那些系统的挤出机,这改进正在形成的3D对象的结构完整性。

[0015] 图7描绘现有技术的三维对象增材制造系统或打印机100,其被配置成操作挤出机108以形成三维打印对象140。

[0016] 图8描绘当以0°和90°取向时可由现有技术的九个喷嘴面板形成的条带。

## 具体实施方式

[0017] 为了大致理解本文公开的装置环境以及装置细节,参照附图。在附图中,相同标号表示相同元件。

[0018] 如本文所使用的,术语“挤出材料”是指通常被软化或熔化以形成待由增材制造系统中的挤出机喷射的热塑性材料。挤出材料包括但不限于形成三维打印对象的永久部分的“构建材料”以及形成临时结构以在打印过程期间支撑构建材料部分并且在打印过程完成后被任选地去除的“支撑材料”两者。构建材料的实例包括但不限于丙烯腈丁二烯苯乙烯 (ABS) 塑料、聚乳酸 (PLA)、脂族或半芳族聚酰胺 (尼龙)、包括悬浮碳纤维或其它聚集材料的塑料、导电聚合物以及可被热处理以生产适于通过挤出机喷射的热塑性材料的任何其它形式材料。支撑材料的实例包括但不限于高抗冲聚苯乙烯 (HIPS)、聚乙烯醇 (PVA) 和能够在热处理后挤出的其它材料。挤出材料还包括除热塑性聚合物之外的材料,如巧克力。在一些挤出打印机中,挤出材料作为通常称为“长丝”的连续细长长度的材料供应。这种长丝通过一个或多个辊以固体形式提供,所述辊从卷轴或其它供应源中拉出挤出材料长丝并且向加热器供给长丝,所述加热器流体地连接到挤出机内的歧管。尽管说明的实例使用作为长丝供应给加热器的挤出材料,但也可使用其它挤出材料供应源,如颗粒或球形挤出材料。加热器软化或熔化挤出材料长丝,以形成流入歧管的热塑性材料。当打开定位于喷嘴与歧管之间的阀时,一部分热塑性材料通过喷嘴从歧管流过并且作为热塑性材料流喷射。如本文所使用的,如施加于挤出材料的术语“熔化”是指挤出材料的任何温度升高软化或改变挤出材料的相,以在三维对象打印机操作期间使热塑性材料能够通过挤出机中的一个或多个喷嘴挤出。在本文档中,熔化的挤出材料也表示为“热塑性材料”。如本领域技术人员所知,在打印机操作期间,某些无定形的挤出材料不转变成纯液态。

[0019] 如本文所使用的,术语“挤出机”是指打印机的部件,在单个液压油腔中熔化挤出材料并且将熔化的挤出材料提供给连接到一个或多个喷嘴的歧管。一些挤出机包括阀组

件,其可电子操作以使热塑性材料能够选择性地流过喷嘴。阀组件使一个或多个喷嘴能够独立地连接到歧管以挤出热塑性材料。如本文所使用的,术语“喷嘴”是指挤出机中的孔口,其在挤出机中流体地连接到歧管,并且热塑性材料通过所述孔口朝向材料接收表面喷射。在操作期间,喷嘴可沿挤出机的加工路径挤出热塑性材料的基本上连续的线性条带。控制器操作阀组件中的阀以控制连接到阀组件的喷嘴挤出热塑性材料。喷嘴的直径影响挤出的热塑性材料线的宽度。不同挤出机实施例包括具有一系列孔口大小的喷嘴,其具有较宽的孔口,生产的线宽度大于由较窄孔口生产的线的宽度。

[0020] 如本文所使用的,术语“歧管”是指在挤出机的壳体内形成的腔,其保持热塑性材料供应,在三维对象打印操作期间输送到挤出机中的一个或多个喷嘴。如本文所使用的,术语“条带”是指在三维对象打印操作期间,挤出机在材料接收表面上形成的挤出材料的任何图案。常见的条带包括挤出材料和弯曲条带的直线线性排列。在一些配置中,挤出机以连续方式挤出热塑性材料,以在加工和交叉加工两个方向上形成具有连续的挤出材料块的条带,而在其它配置中,挤出机以间歇方式操作,以形成沿线性或弯曲路径排列的较小的热塑性材料组。三维对象打印机使用挤出材料的不同条带的组合形成各种结构。另外,三维对象打印机中的控制器使用对象图像数据和挤出机路径数据,其在操作挤出机之前对应于不同挤出材料条带以形成挤出材料的每个条带。如下所述,控制器任选地调整阀组件的操作和挤出机移动的速度,以在三维打印操作期间通过一个或多个喷嘴形成多个热塑性材料条带。

[0021] 如本文所使用的,术语“加工方向”是指挤出机与材料接收表面之间的相对移动方向,所述材料接收表面接收从挤出机中的一个或多个喷嘴挤出的热塑性材料。材料接收表面为在增材制造过程期间保持三维打印对象的支撑构件或部分形成的三维对象的表面。在本文所述的说明性实施例中,一个或多个致动器使挤出机围绕支撑构件移动,但是替代系统实施例移动支撑构件以在挤出机保持静止时在加工方向上产生相对运动。一些系统将两种系统的组合用于不同运动轴。

[0022] 如本文所使用的,术语“交叉加工方向”是指垂直于加工方向并且平行于挤出机面板和材料接收表面的轴。加工方向和交叉加工方向是指挤出机与接收热塑性材料的表面的相对移动路径。在一些配置中,挤出机包括可在加工方向、交叉加工方向或两者上延伸的喷嘴阵列。挤出机内的相邻喷嘴在交叉加工方向上以预定距离分离。在一些配置中,系统旋转挤出机,以调整在挤出机中分离不同喷嘴的交叉加工方向距离,以当热塑性材料线形成条带时调整分离从挤出机中的喷嘴挤出的热塑性材料线的对应的交叉加工方向距离。

[0023] 在增材制造系统操作期间,挤出机相对于在三维对象打印过程期间接收热塑性材料的表面沿笔直和弯曲路径两者在加工方向上移动。另外,系统中的致动器任选地使挤出机围绕Z轴旋转,以调整挤出机中分离喷嘴的有效交叉加工距离,以使挤出机能够形成两条或更多条热塑性材料线,每条热塑性材料线之间具有预定距离。挤出机沿外周长移动以在打印对象的层中形成二维区域外墙,并且在周长内移动以用热塑性材料填充二维区域的全部或一部分。

[0024] 图7描绘现有技术的三维对象增材制造系统或打印机100,其被配置成操作挤出机108以形成三维打印对象140。打印机100包括支撑构件102、多喷嘴挤出机108、挤出机支撑臂112、控制器128、存储器132、X/Y致动器150、任选的Z<sub>0</sub>致动器154和Z致动器158。在打印机

100中,X/Y致动器150沿X和Y轴将挤出机108移动到二维平面(“XY平面”)中的不同位置,以挤出在如图7所描绘的对象140的三维打印对象中形成一层的热塑性材料条带。举例来说,在图7中,X/Y致动器150沿导轨113平移支撑臂112和挤出机108,以使臂和挤出机沿Y轴移动,同时X/Y致动器150沿支撑臂112的长度平移挤出机108,以沿X轴移动挤出机。挤出图案包括层中的一个或多个区域的轮廓和填充热塑性材料图案的轮廓内的区域的热塑性材料的条带。Z致动器158控制挤出机108与支撑构件102之间沿Z轴的距离,以确保挤出机108中的喷嘴保持在合适的高度,以当对象在打印过程期间形成时将热塑性材料挤出到对象140上。对于围绕Z轴旋转的挤出机108的一些实施例,Z<sub>θ</sub>致动器154控制挤出机108围绕Z轴的旋转角度。这种移动控制挤出机108中喷嘴之间的加工和交叉加工分离,尽管在制造过程中一些挤出机无需旋转。在系统100中,X/Y致动器150、Z<sub>θ</sub>致动器154和Z致动器158被实施为机电致动器,如电动机、步进电机或任何其它合适的机电装置。在图6的打印机中,在形成由多层热塑性材料形成的三维打印对象140期间描绘三维对象打印机100。

[0025] 支撑构件102为平面构件,如玻璃板、聚合物板或泡沫表面,其在制造过程期间支撑三维打印对象140。在图2的实施例中,在施加每层热塑性材料后,Z致动器158还在远离挤出机108的方向Z上移动支撑构件102,以确保挤出机108维持与对象140的上表面相距的预定距离。挤出机108包括多个喷嘴,并且每个喷嘴将热塑性材料挤出到支撑构件102的表面上或如对象140的部分形成的对象的表面上。在图6的实例中,挤出材料作为长丝从挤出材料供应源110提供,所述挤出材料供应源是ABS塑料的卷轴或另一种合适的挤出材料长丝,其从卷轴展开以将挤出材料供应到挤出机108。

[0026] 支撑臂112包括支撑构件和一个或多个致动器,其在打印操作期间移动挤出机108。在系统100中,一个或多个致动器150在打印操作期间沿X和Y轴移动支撑臂112和挤出机108。举例来说,致动器150中的一个沿Y轴移动支撑臂112和挤出机108,而另一个致动器沿支撑臂112的长度移动挤出机108,以沿X轴移动。在系统100中,X/Y致动器150沿X和Y轴同时沿笔直或弯曲路径任选地移动挤出机108。控制器128控制挤出机108在线性或弯曲路径中的移动,使挤出机108中的喷嘴能够将热塑性材料挤出到支撑构件102上或对象140的先前形成的层上。控制器128任选地沿X轴或Y轴以栅格化运动移动挤出机108,但是X/Y致动器150也可沿X-Y平面中的任意线性或弯曲路径移动挤出机108。

[0027] 控制器128为数字逻辑装置,如微处理器、微控制器、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)或被配置成操作打印机100的任何其它数字逻辑。如本文档所使用的,术语“控制器”意指一个或多个控制器、处理器或计算机,其配置有编程指令以形成多个任务来实现功能。因此,用于打印机的控制器可为多个控制器,其操作挤出机、移动挤出机、处理对象数据,以及优化正在制造的对象内的区域的填充,以及其它任务和功能。在打印机100中,控制器128可操作地连接到控制支撑构件102和支撑臂112的移动的一个或多个致动器。控制器128还可操作地连接到存储器132。在打印机100的实施例中,存储器132包括易失性数据存储装置,如随机存取存储器(RAM)装置,以及非易失性数据存储装置,如固态数据存储装置、磁盘、光盘或任何其它合适的数据存储装置。存储器132存储编程指令数据134和三维(3D)对象图像数据136。控制器128执行存储的程序指令134以操作打印机100中的部件以形成三维打印对象140并且在对象140的一个或多个表面上打印二维图像。3D对象图像数据136包括例如在逐层的基础上定义对象的横截面视图的数据。每个数据层代表打印机100在

三维对象打印过程期间形成的一层热塑性材料。挤出机路径控制数据138包括一组几何数据或致动器控制命令,控制器128处理所述命令以使用X/Y致动器150控制挤出机108的移动路径并且使用Z $\theta$ 致动器154控制挤出机108的取向。控制器128操作致动器以使挤出机108在支撑构件102上方移动,如上所述,同时挤出机挤出热塑性材料以形成对象。

[0028] 图1描绘增材制造系统100',其具有通过面板中的孔挤出多种热塑性材料的挤出机108。尽管打印机100'被描绘为使用平面运动来形成对象的打印机,但是可使用其它打印机架构,其挤出机和控制器被配置成相对于如本文档所述的挤出机的角度取向来调节挤出机的速度。这些架构包括delta-bot、驯服的装配机器人臂(SCARA)、多轴打印机、非笛卡尔打印机等。这些替代实施例中的运动仍然具有如上定义的加工和交叉加工方向,并且这些实施例的挤出机中的喷嘴间距仍然限定相对于交叉加工方向的喷嘴间距。图1中仅示出一个歧管216,以简化附图,但挤出机108可具有多个歧管216。在一个实施例中,挤出机108中的每个歧管216可操作地连接到不同加热器208,其由不同挤出材料供应源110以一对一的对应方式供给。可替代地,每个歧管216可联接到单个加热器208',其容纳由多个挤出材料供应源110供给的多个通道232',如图2的实施例100"所示。图2中的每个通道232'将热塑性材料供应到挤出机108中的歧管216,以使每个歧管能够接收与其它歧管正在接收的材料不同的材料。在挤出机108中,每个喷嘴218仅流体地连接到挤出机108内的歧管中的一个,因此每个喷嘴可挤出与从连接到其它歧管的喷嘴挤出的材料不同的热塑性材料。通过操作阀组件204中的阀,控制器128选择性地并且独立地激活和停用来自每个喷嘴的挤出。每个喷嘴218还与面板260中的孔对准,以配置喷嘴,以在对象中更灵活地形成材料的条带。

[0029] 在图1和图2的实施例中,阀组件204将阀定位在挤出机108中的歧管之间,并且每个喷嘴连接到挤出机108中的歧管。阀组件204可操作地连接到控制器128,因此控制器可打开和关闭阀,用于从挤出机108的多个喷嘴挤出热塑性材料。具体地,控制器128激活和停用连接到挤出机108中的阀的组件204中的不同致动器,以从喷嘴挤出热塑性材料,并且在如图6中的对象140的三维打印对象的每层中形成不同热塑性材料的条带。

[0030] 图1的系统100'还包括用于每个加热器208的挤出材料分配系统212,其连接到挤出机108中的歧管。来自每个单独的供应源110的挤出材料以在系统100'操作期间将连接到加热器的歧管中的热塑性材料的压力维持在预定范围内的速率供给到对应的加热器208。分配系统212为适合于调节挤出机108的每个歧管中的热塑性材料的压力的一个实施例。在图2的实施例100"中,多个挤出材料分配系统212以一对一的对应方式可操作地连接在多个挤出材料供应源110与加热器208'中的通道232'之间。另外,在两个实施例中,控制器128可操作地连接到每个分配系统212的致动器,以控制分配系统212将挤出材料从供应源110输送到由供应源供给的加热器的速率。图2的分配系统212可被配置成图1的分配系统212。加热器208和208'软化或熔化经由驱动辊224(图1)供给到加热器208的挤出材料220。致动器240驱动辊224并且可操作地连接到控制器128,因此控制器可调节致动器驱动辊224的速度。与辊224相对的另一个辊自由转动,因此其遵循辊224被驱动的旋转速率。虽然图1描绘使用机电致动器和驱动辊224作为机械移动器以将长丝220移动到加热器208或208'中的供给系统,但分配系统212的替代实施例使用一个或多个致动器来以旋转螺旋钻或螺杆的形式操作机械移动器。螺旋钻或螺杆将固相挤出材料以挤出材料粉末或小球形式从供应源110移动到加热器208或208'中。

[0031] 在图1和图2的实施例中,每个加热器具有由不锈钢形成的主体,所述主体包括一个或多个加热元件228,如电阻加热元件,其可操作地连接到控制器128。控制器128被配置成选择性地将加热元件228连接到电流,以软化或熔化加热器208或208'内的一个或多个通道中的挤出材料220的长丝。虽然图1和图2示出加热器208和加热器208'接收作为固体长丝220呈固相的挤出材料,但在替代实施例中,加热器接收作为粉末或球状挤出材料呈固相的挤出材料。散热片236减弱加热器上游的通道中的热量。在散热片236处或附近的通道中保持固体的挤出材料的一部分在通道中形成密封,所述密封防止热塑性材料从除了与歧管216的连接之外的任何开口离开加热器,这维持使挤出材料在进入歧管时处于热塑性状态的温度。挤出机108还可包括附加加热元件,以维持挤出机内每个歧管内的热塑性材料的高温。在一些实施例中,热绝缘体覆盖挤出机108外部的部分,以维持挤出机内歧管内的温度。同样,图2中喷嘴周围的区域维持在使材料保持热塑性状态的温度,因此当其行进到面板中的孔时其不开始凝固。

[0032] 为了将歧管216内的热塑性材料的流体压力维持在预定范围内,避免损坏挤出材料,并且控制通过喷嘴的挤出速率,滑动离合器244可操作地连接到每个致动器240的驱动轴,将长丝从供应源110供给到加热器。如本文档所使用的,术语“滑动离合器”是指将摩擦力施加到对象以将对象移动到直到预定设定值的装置。当超过摩擦力的预定设定值周围的范围时,装置滑动,因此不再向对象施加摩擦力。滑动离合器使通过辊224施加在长丝220上的力能够保持在长丝强度的约束范围内,无论驱动器240被驱动的频率、速度或时长如何。通过以高于长丝驱动辊224的最快预期旋转速度的速度驱动致动器240或者通过将编码器轮248放在辊224上并且用传感器252感测旋转速率来维持此恒定力。由传感器252产生的信号指示辊224的角度旋转,并且控制器128接收此信号以识别辊224的速度。控制器128被另外配置成调整提供给致动器240的信号以控制致动器的速度。当控制器被配置成控制致动器240的速度时,控制器128操作致动器240,使其平均速度略快于辊224的旋转速度。此操作确保驱动辊224上的扭矩总是滑动离合器扭矩的函数。

[0033] 控制器128具有存储在连接到控制器的存储器中的设定值,其识别致动器输出轴比辊224的旋转速度略高的速度。如本文档所使用的,术语“设定值”意指控制器用于操作部件以将对应于设定值的参数保持在设定值周围的预定范围内的参数值。举例来说,控制器128改变操作致动器240的信号,以使输出轴以由输出信号识别的速度在设定值周围的预定范围内旋转。除了致动器的命令速度之外,阀组件204中打开或关闭的阀的数量和离合器的扭矩设定值也影响长丝驱动系统212的操作。所得辊224的旋转速度由传感器252产生的信号识别。控制器128内的比例-积分-微分(PID)控制器参照存储在存储器中的差分设定值识别来自此信号的误差,并且调整控制器输出的信号以操作致动器240。可替代地,控制器128可更改滑动离合器的扭矩水平,或者控制器128可更改扭矩水平并且调整控制器操作致动器的信号。

[0034] 滑动离合器244可为固定的或可调整的扭矩摩擦盘式离合器、磁粉离合器、磁滞式离合器、铁磁流体离合器、气压离合器或永磁离合器。磁力操作的离合器类型可通过向离合器施加电压来调整其扭矩设定值。此特征使得能够参照打印条件改变离合器上的扭矩设定值。术语“打印条件”是指当前正在进行的制造操作的参数,其影响歧管中用于充分形成对象所需的热塑性材料的量。这些打印条件包括供给到挤出机的挤出材料的类型、从挤出机

喷射的热塑性材料的温度、挤出机在X-Y平面中移动的速度、在对象上形成的特征的位置、挤出机相对于平台移动的角度等。

[0035] 在图1和图2所示的实施例中,控制器128如上所述配置有程序指令134、对象图像数据136和挤出机头路径控制数据138,以识别挤出机在层的不同区域中的移动路径并且将一个或多个信号传输到X/Y致动器150以移动挤出机108并且调节挤出机108在平台102上方移动的速度。图1和图2中的控制器128配置有程序指令和头控制数据,其包括与对象层数据一起使用的稀疏填充图案和过渡图案,如下面更详细地讨论的。控制器128被配置成参照待移动挤出机108的路径的角度和挤出机面板沿所述路径移动时的取向来调节挤出机108的速度。控制器128还配置有存储在可操作地连接到控制器的存储器中的编程指令,当由控制器执行时,所述编程指令使控制器能够产生用于沿对应于稀疏填充和过渡图案的路径移动挤出机108的XY致动器150的信号,如下面更全面描述的。

[0036] 当控制器128检索对象数据层时,它将层内的区域识别为固体填充区域、过渡区域和内部区域。固体填充区域通常对应于外表面区域,但它们也可对应于需要特别刚性的结构。内部区域通常为稀疏填充区域,因为它们是不可观察的并且在可避免构建材料在所述区域中的挤出的程度上,实现成本和资源节省。然而,固体填充区域不可直接在稀疏填充内部区域上形成,因为大部分固体填充区域将为无支撑的并且将落入稀疏填充区域中。为了解决此问题,过渡区域为挤出材料以大于稀疏填充区域的密度放置的区域,但不是太大以至于挤出材料将落入下面的稀疏填充区并且被浪费。当过渡区域接近固体填充区域时,过渡区域在Z轴方向上的密度增加。因此,控制器128识别稀疏填充区域的顶层与待形成固体填充区域的位置之间的距离,其对应于为顶层在其预期位置处形成固体填充区域提供足够支撑所需的多个过渡区域。由于过渡区域依赖于下面的稀疏填充区域用于支撑,因此稀疏填充区域需要提供足够的支撑结构,而不需要超出稀疏填充内部区域的识别填充百分比的挤出材料量。

[0037] 当控制器128检索对象层数据以形成对象层时,控制器识别层数据中的固体填充区域、过渡区域和稀疏填充区域。对于稀疏填充区域,Z形图案用于引导挤出机并且在这些区域中形成支撑结构。图3A和图3B说明两种Z形图案,它们一起用于稀疏填充对象层的内部区,并且它们一起在稀疏填充区中形成改进的支撑结构。如本文档所使用的,术语“稀疏填充”意味着用挤出材料将对象的三维(3D)内部区域填充到内部区域的体积的小于100%并且通常小于约50%或更小。图3A中的图案304被取向成形成沿 $45^{\circ}$ - $225^{\circ}$ 轴平均取向到挤出机沿 $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ 轴的水平取向的线,如图8所示,而图3B中的图案308被取向成形成在 $-45^{\circ}$ - $135^{\circ}$ 轴上平均取向到挤出机沿 $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ 轴的水平取向的线,如图8所示。为了使用图3A中的图案,挤出机沿Z形路径被引导,所述Z形路径以偏离水平方向 $45^{\circ}$ 的平均取向从左下方向右上方延伸。当它到达内部区域的边界时,挤出机被移动到另一Z形路径的起点,并且被引导以 $225^{\circ}$ 的平均取向从右上方向左下方移动,直到沿所述路径到达内部区域的边界。图3B中的图案以类似的方式使用,除了路径当从左上方向右下方引导时平均偏离水平方向 $-45^{\circ}$ 并且当从右下方向左上方引导时平均偏离水平方向 $135^{\circ}$ 取向之外。Z形图案内的每条路径包含笔直部分312和成角度部分316。笔直部分312被取向成用于挤出机沿 $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ 轴或 $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$ 轴移动。参照Z形图案中的笔直部分312执行的挤出机移动的长度可更改,以对应于正在形成的区域的填充百分比。成角度部分316以 $45^{\circ}$ - $225^{\circ}$ 轴或 $-45^{\circ}$ - $135^{\circ}$ 轴取向。控制器128

选择这些图案中的一个以在识别的稀疏填充内部区域中形成支撑结构的层,并且沿对应于选定图案的路径移动挤出机以形成条带。读者应理解,由挤出机遵循图案304中从左下方位置向右上方位置前进的线形成的条带足够宽以在成角度部分316处接触相邻条带,并且相邻条带通常遵循从右上方向左下方前进的线用挤出机打印。在成角度位置处图案304和308中所示的分离仅代表挤出机所遵循的路径而不是由挤出机实际生产的条带的宽度。通常,所有喷嘴都打开,同时使用图3A和图3B中的任一图案,尽管根据内部区的大小和待用两种图案实现的填充百分比,少于所有喷嘴可打开。

[0038] 可为图3A或图3B中的图案的第一选定图案用于用通过图案识别的条带稀疏填充识别的内部区域内的层的一部分。在形成条带之前,内部区域的尺寸被识别为对应于对象层中的识别的内部区域的边界。在对象层的内部区域中形成条带之后,控制器128在当前层的另一个识别的固体填充、稀疏填充和过渡区域中操作挤出机以完成对象层的形成。控制器128然后检索对象的下一层和下一组头控制数据,以识别层中的各种类型的区域。对于使用第一选定图案的前一层中的内部区域,控制器128选择另一种Z形图案并且以相同方式操作挤出机以在第一选定图案的使用期间形成的条带上的互补方向上形成条带。

[0039] 在第二图案用于在当前层的识别的内部区域中形成条带之后,控制器128在当前层的其它识别的固体填充、稀疏填充和过渡区域中操作挤出机以完成对象层的形成。控制器128然后检索对象的下一层和下一组头控制数据,以识别层中的各种类型的区域。对于使用图3B的图案的前一层中的内部区域,控制器使用第一选定图案来形成与其相关联的条带,并且然后使用第二图案来形成与其相关联的条带。用于稀疏填充相邻层中的内部区的两种图案的此交替继续,直到由参照两种Z形图案生产的条带形成的支撑结构的顶层到达与待形成固体填充结构的位置相距的预定距离。一旦到达此位置,控制器128将内部区域识别为过渡区域,并且使用一组过渡图案以每层的填充百分比增加的方式来填充后续层中的内部区域区的剩余体积,以当到达固体填充位置时,提供用于固体填充结构或表面的支撑表面。

[0040] 在讨论过渡区域挤出之前,注意到由图3A和图3B的两种图案形成的结构的优点。参照图3A或图3B中的互补图案形成的条带的交替构建形成具有以稀疏填充百分比挤出的构建材料的结构,其具有比先前已知的以相同百分比挤出的材料形成的结构具有更大的刚性和完整性。使用来自图3A的图案304和图3B的互补图案308形成的内部区域的实例在图5A中从底部示出。用第一选定图案打印的条带和用第二选定图案形成的条带在图案的成角度部分处形成立体拐角。这些互补Z形图案避免以使得条带不连续的方式彼此交叉,因此挤出在打印期间保持连续。如本文档所使用的,单词“互补”意指以两个不同角度取向的条带,其中一个角度为与用于在条带形成期间挤出机直线移动的两个正交轴中的一个的正角度偏差,并且其中另一个角度为与同一正交轴的负角度偏差。

[0041] 图3A和图3B中所示的两种图案如上所述以交替方式使用,以稀疏填充内部区。交替使用图案确保两种图案中的条带的成角度部分彼此交叉以在笔直部分之间形成强的接头。这些交叉的成角度部分有助于确保形成比单独使用任一图案来形成仅具有笔直部分的接头更强的接头。用交叉的成角度部分形成的接头使Z形条带的笔直部分能够以稀疏填充百分比在部件的内部区域上提供显著的线性结构支撑。每个线性结构支撑的强度由条带的宽度确定,所述条带的宽度由挤出机中的连续打开阀的数量确定。部件的区域中的条带的

数量和宽度确定所述区域中结构支撑的强度。条带越宽,提供特定强度水平所需的条带数量就越少。笔直部分的长度在图案的所有笔直区段中不必相同。此外,条带的笔直部分的长度在水平和竖直两个方向上不需要相同。也就是说,水平方向上的笔直条带部分可比竖直方向上的笔直条带部分长,反之亦然。条带的笔直部分在水平或竖直方向中的任一个方向上越长,在竖直和水平方向中的另一个方向上需要的支撑结构越少。因此,可在水平或竖直方向上需要更大的强度的部件的内部区域上选择较短的竖直或水平笔直部分。

[0042] 在其它实施例中,Z形图案内的任何正方形可用一些挤出图案填充。此挤出图案可为较小的Z形图案,其被配置成在部件的关键部分中提供一些附加强度。可替代地,正方形内的挤出图案可为一些支撑图案,其不一定提供附加结构强度,但可用于减少内部区域中的过渡层的数量或减少过渡层到部件的固体表面的质量。

[0043] 控制器128还被配置成操作致动器以在成角度部分316处与在笔直部分312处不同地移动挤出机。例如,控制器操作致动器以使挤出机以拐角角度移动而不旋转挤出机。为了在挤出机以0°或90°以外的角度移动期间确保固体填充,控制器128操作致动器150以在打开的喷嘴挤出材料时使挤出机减慢。在替代实施例中,控制器128和致动器150被配置成使挤出机旋转至拐角处挤出机移动方向的最佳角度。在此实施例中,挤出机的移动不需要在拐角处减慢。

[0044] 如上所述,控制器128交替使用图3A和图3B中所示的两种图案,直到检测到使用两种图案形成的支撑结构的顶层与待在稀疏填充支撑结构上形成固体填充结构的底层之间的预定距离。在所述位置处,控制器128将内部区域识别为过渡区域并且开始增加在后续层中形成的条带的密度,直到到达固体填充结构的底层的位置。使用各种技术,在后续层中形成这些过渡区域,直到到达固体填充层。

[0045] 现在讨论过渡区域层形成的实例。可使用其它技术或技术组合来实现支撑结构,所述支撑结构能够搁置在稀疏填充内部区域中形成的结构上并且能够完全支撑固体填充层。在这里阐述的实例中,使用多种不同图案来形成不同层中的过渡区域。这些图案的类型和由各种图案形成的条带的数量彼此不同。另外,可多次使用图案以通过增加用于形成条带的开口喷嘴的数量并且通过将挤出机从层中的一种用途偏移到层中的另一种用途来延伸层内的条带的宽度。而且,当条带彼此靠近时,挤出机可用于在条带之间形成桥。

[0046] 可用于在稀疏填充内部区域中形成的结构上形成过渡结构的一组过渡图案示于图4中。如本文档所使用的,术语“过渡图案”是指控制器用于移动挤出机以在稀疏填充内部区域与固体填充结构或表面之间的对象的内部区域的体积中形成条带的数据。

[0047] 在图4中所示的图案组中,图案408、412、416和420为过渡图案,而图案424为用于形成固体填充表面的图案。因此,图案424不是过渡图案,但是为了完整性而包括图案424以示出第一固体填充层的挤出机移动。控制器128以408、412、416和420的顺序选择过渡图案。然后,选择图案424以在形成有过渡图案的条带上形成固体层或表面。图案412和420用于移动挤出机108,以在图案的水平和竖直部分的层的过渡区域中形成奇数个条带。图案408和416用于移动挤出机108,以在图案的水平和竖直部分的层的过渡区域中形成偶数个条带。图案412和420为Z形图案,因为它们含有成角度路径。尽管未示出,但是每种Z形图案412和420具有互补Z形图案,像如上所述的图3A和图3B,并且这些互补图案可以与3A和3B的稀疏填充Z形图案相同的方式交替,以填充多层中的内部区域。图案408、416和424为直线式图

案,因为它们仅含有水平和竖直笔直路径。在移动到另一个正方形之前,这些图案内的正方形路径以连续的条带打印。如本文档所使用的,术语“Z形图案”意指存储在可操作地连接到控制器的存储器中的数据,所述控制器操作一个或多个致动器,所述致动器移动挤出机以使控制器能够沿对应于数据的路径引导挤出机,并且路径包括以除了沿 $0^{\circ}$ 或 $90^{\circ}$ 路径移动之外的角度移动。如本文档所使用的,术语“直线式图案”意指存储在可操作地连接到控制器的存储器中的数据,所述控制器操作一个或多个致动器,所述致动器移动挤出机以使控制器能够沿对应于数据的路径引导挤出机,并且路径仅包括沿 $0^{\circ}$ 或 $90^{\circ}$ 路径的移动。如果稀疏填充百分比较大,那么可需要比图4中描绘的图案更少的图案来构建到固体表面的过渡结构,并且如果稀疏填充百分比较小,那么可需要更多图案。

[0048] 第一次使用图4中所示的过渡图案中的一个来控制挤出机在层的过渡区域内的移动,打开少于挤出机面板中的所有喷嘴的第一组喷嘴,以使材料能够从打开的喷嘴喷射。当挤出机已经生产对应于整个选定图案的层时,第二次使用相同的图案来引导挤出机的移动并且在同一层内形成另一组条带,其中第二组喷嘴打开。第二组喷嘴包括第一组喷嘴以及挤出机中的附加喷嘴。在此第二行程期间,第一组喷嘴将材料放置在预先沉积在层中的材料上,并且第二组喷嘴中的附加喷嘴将材料沉积成与从第一组喷嘴喷射的材料相邻。由于此附加材料不是由先前在层中喷射的材料支撑,所以它可略微下垂,但是它具有足够的相干性,使得在第二图案使用期间形成的条带比在第一图案使用期间形成的条带略宽。以这种方式,可以增加层的过渡区域中的条带宽度。在同一层中图案的后续使用要么打开前一次使用的相同喷嘴,要么打开附加喷嘴。继续使用层中的图案,直到在最后一次使用图案期间所有喷嘴都打开或者在使用图案期间达到预定条带宽度。除了打开用于选定图案的后续使用的附加喷嘴之外,挤出机路径可从选定图案的前一次使用期间所遵循的路径偏移预定量。此偏移与从打开的附加喷嘴喷射的材料相结合,所述附加喷嘴可在图案的使用期间添加,从而有助于接头形成。在图案在层内的过渡区域中使用一次或多次之后,控制器将挤出机移动到层中的其它区域,以固体填充、稀疏填充或过渡填充百分比挤出材料。

[0049] 控制器128配置有编程指令,以选择用于在正在制造的对象过渡区域内移动挤出机108的图案408。如上所述,此图案用于在图案中的正方形之间的区中形成偶数个条带,即两个条带,以使得能够加宽符合待如前所述形成的图案408的过渡条带。一旦已经形成用于预定数量的层的两个条带,控制器128就选择用于挤出机在先前生成的过渡条带上移动的图案412。此图案用于形成奇数个条带,即三个条带,以使得能够加宽符合待在层中形成的图案412的转变条带。一旦已经形成三个条带,控制器128就选择用于挤出机在先前生成的过渡条带上移动的图案416。此图案用于形成偶数个条带,即四个条带,以使得能够加宽符合待在层中形成的图案416的过渡条带。一旦已经形成三个条带,控制器128就选择用于挤出机在先前生成的过渡条带上移动的图案420。此图案用于形成奇数个条带,即五个条带,以使得能够加宽符合待在彼此上形成的图案420的转变条带。一旦已经形成五个条带,控制器128就选择用于挤出机在先前生成的过渡条带上移动的图案424。此图案用于形成固体填充表面,其覆盖过渡区域中的过渡条带和内部区域中的稀疏填充条带。图案424还可用于桥接条带之间的开放区。使用图案424移动挤出机,其中打开用于形成每个条带的所有喷嘴,并且减慢挤出机在下面的条带之间的开放区域上的移动形成条带之间的桥接。此桥接过程在已知的3D挤出制造中为典型的,并且可用于桥接对象中任何层之间的开口,只要开

口不大到使桥接材料能够落入开口中。由对应于如上所述的过渡图案408至420的材料覆盖的稀疏填充内部区域的实例在图5B中从底部示出。

[0050] 图6描绘用于参照稀疏填充Z形图案和过渡图案移动和操作挤出机以填充3D对象的内部区域并且在那些区域中形成支撑结构的过程600的框图。在以下讨论中,对执行功能或动作的过程600的引用是指如控制器128的控制器的操作,以执行存储的程序指令以执行与打印机中的其它部件相关联的功能或动作。为了说明性目的,结合图1的打印机100'和图2的打印机100"描述过程600。

[0051] 过程600开始于控制器从可操作地连接到控制器的存储器检索对象层数据和挤出机控制数据(框604)。控制器将对象层内的区域识别为固体填充区域、稀疏填充区域或过渡区域(框608)。对于识别的固体填充区域,选择适当的固体填充图案并且用于在挤出机阀操作时引导挤出机(框612)。对于识别的稀疏填充内部区域,选择适当的Z形图案并且用于在挤出机阀操作时引导挤出机(框616)。对于识别的过渡区域,选择适当的过渡图案并且用于在挤出机阀操作时引导挤出机(框620)。一旦使用区域的适当图案在区域中已经形成条带,过程就确定是否要在层中形成另一区域(框624)。如果要在层中形成另一区域,那么识别区域类型(框608)并且选择适当的图案并且用于在识别的区域中形成条带(框612、616或620)。如果不在层中形成其它区域,那么过程确定是否要形成另一层(框628)。如果是,那么检索对象层数据和挤出机控制数据(框604)并且处理层内的区域(框608至624)。当已经处理所有对象层数据时(框628),过程停止。

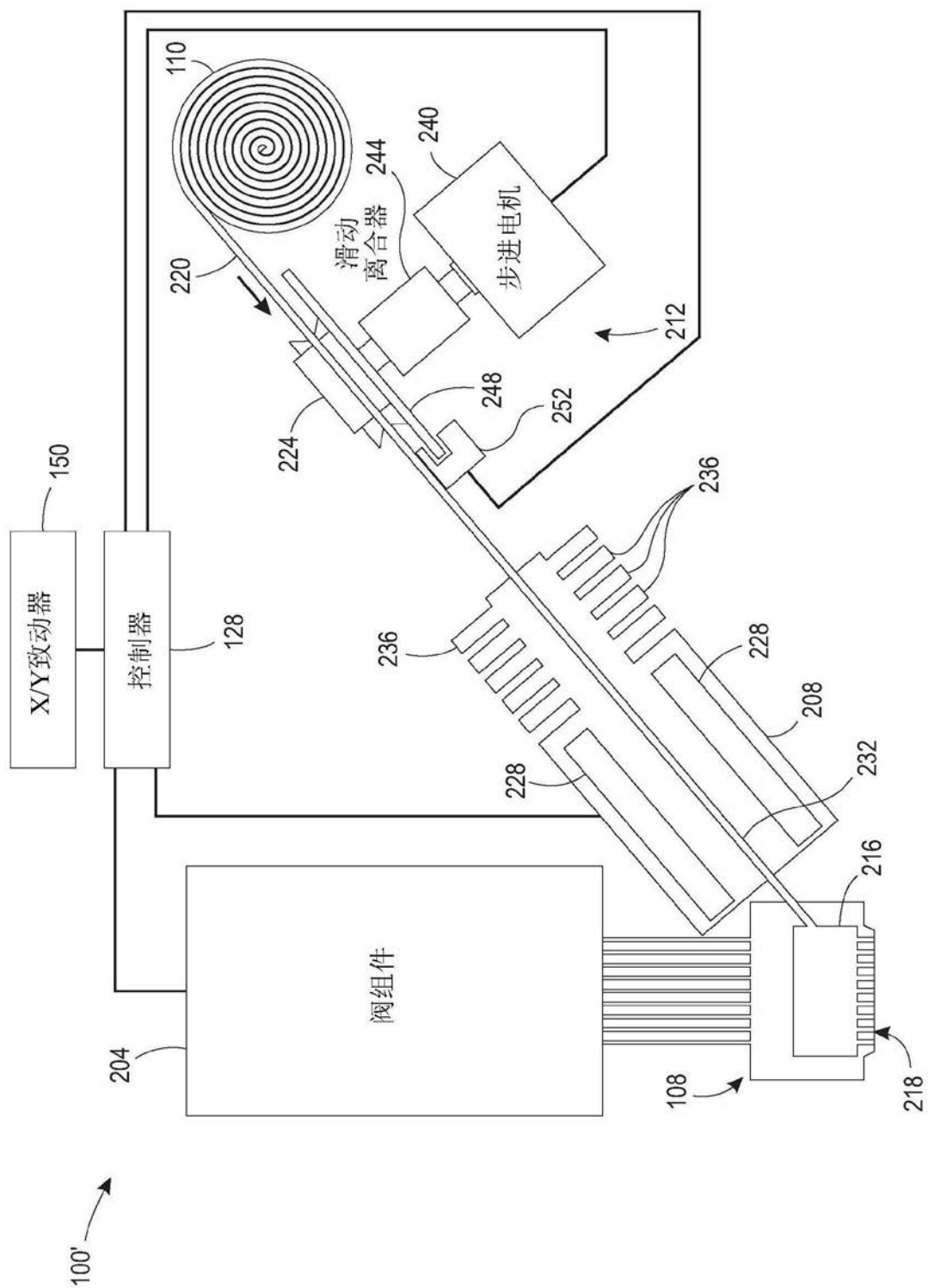


图1

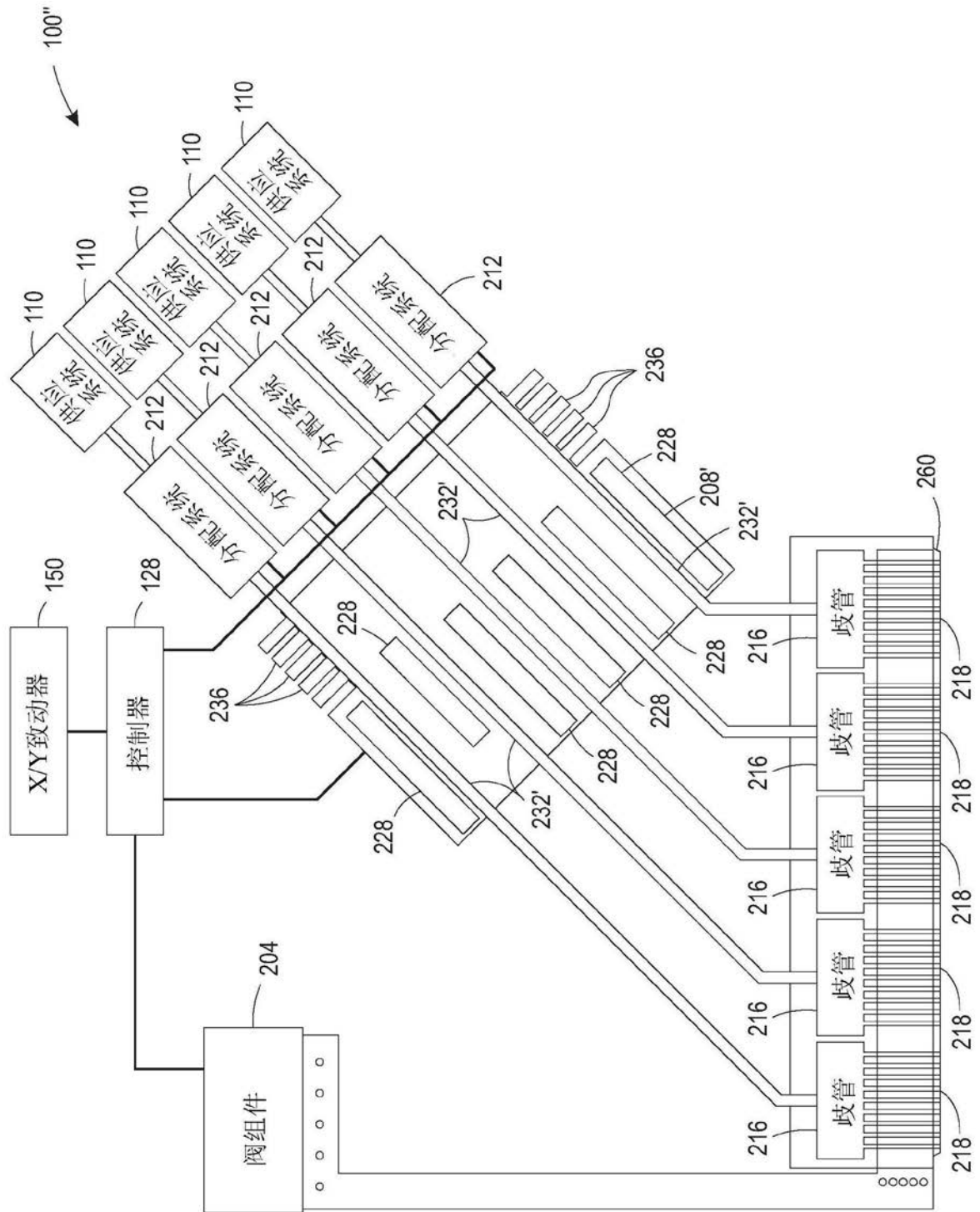


图2

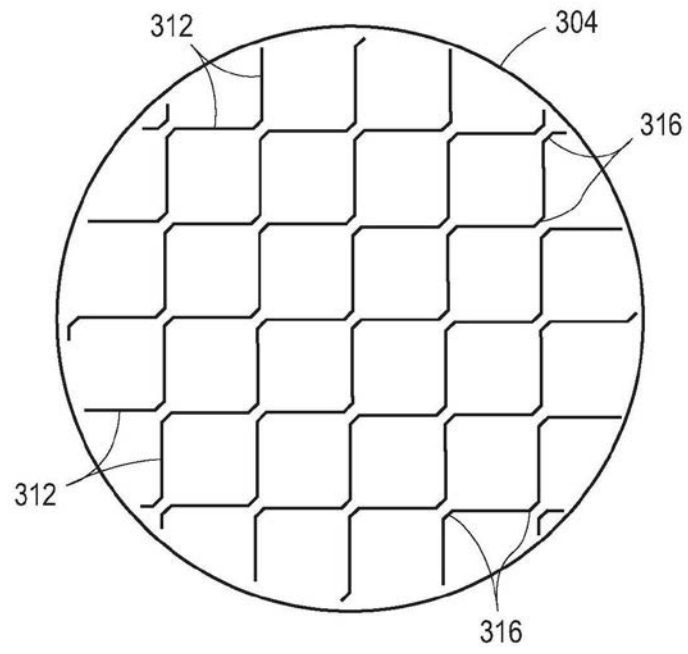


图3A

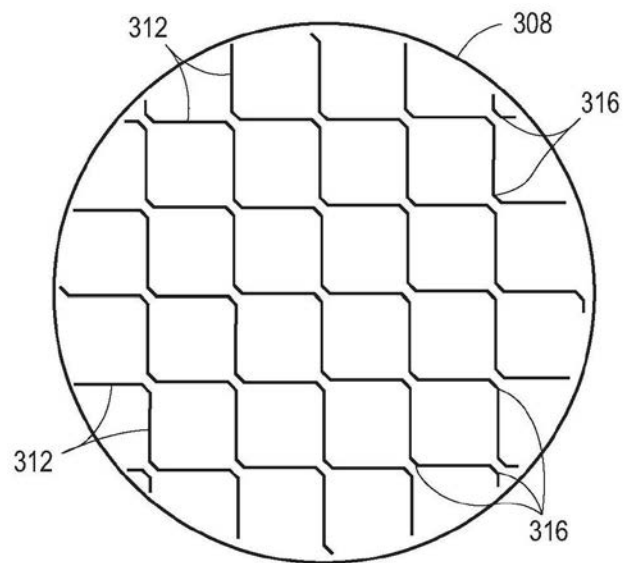


图3B

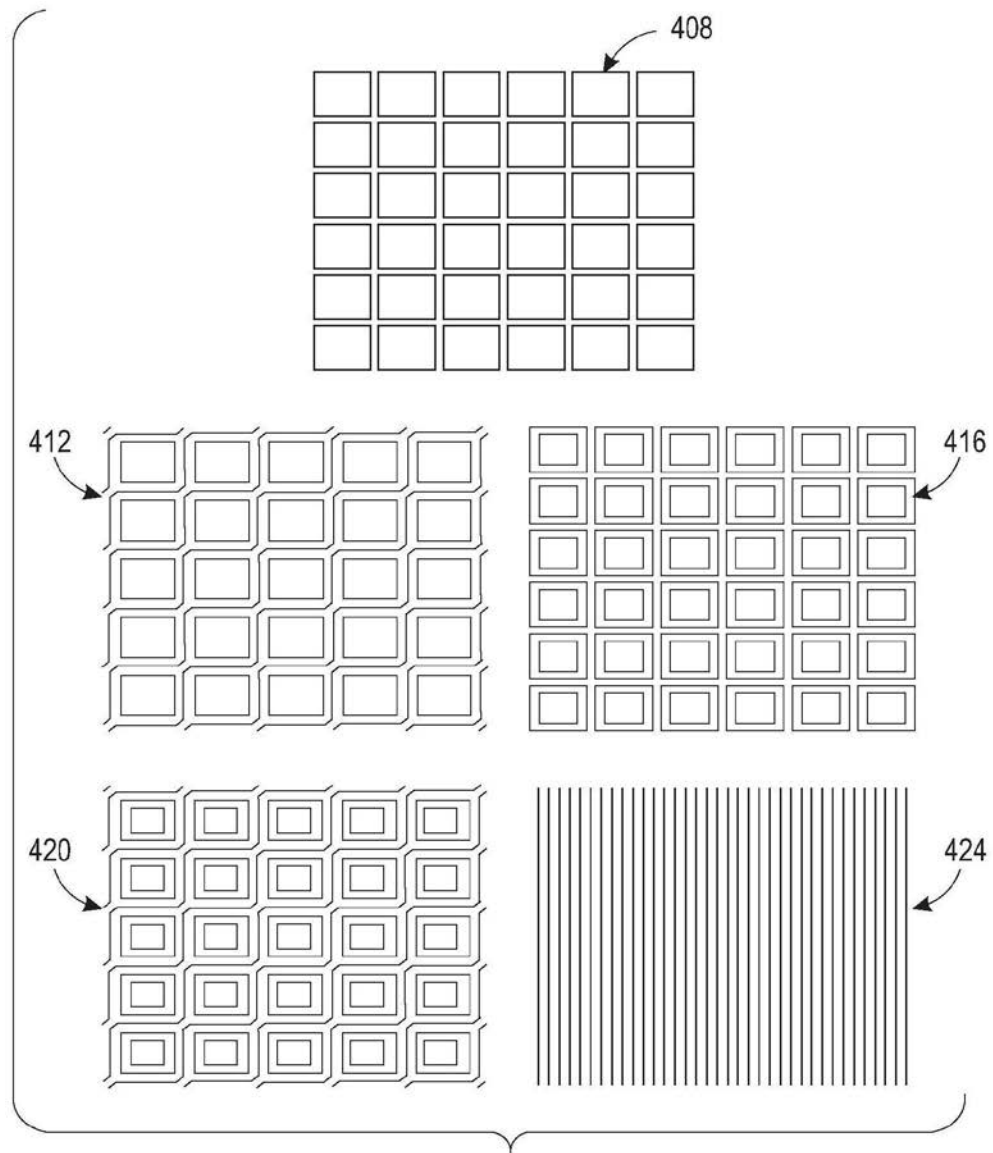


图4

图4

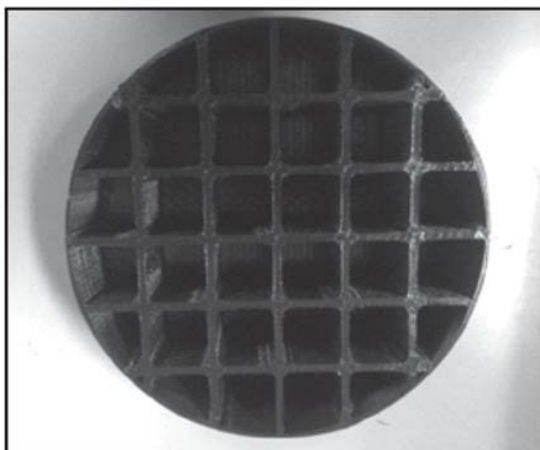


图5A

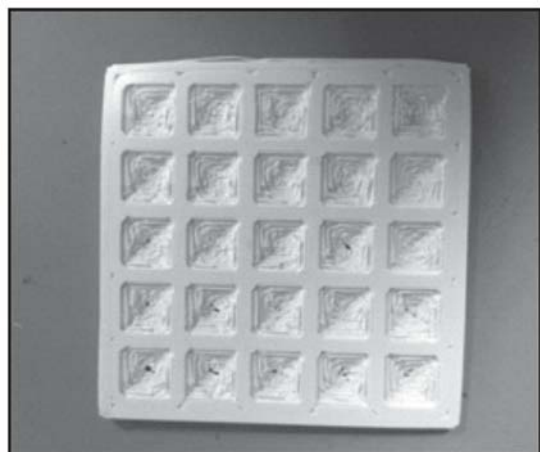


图5B

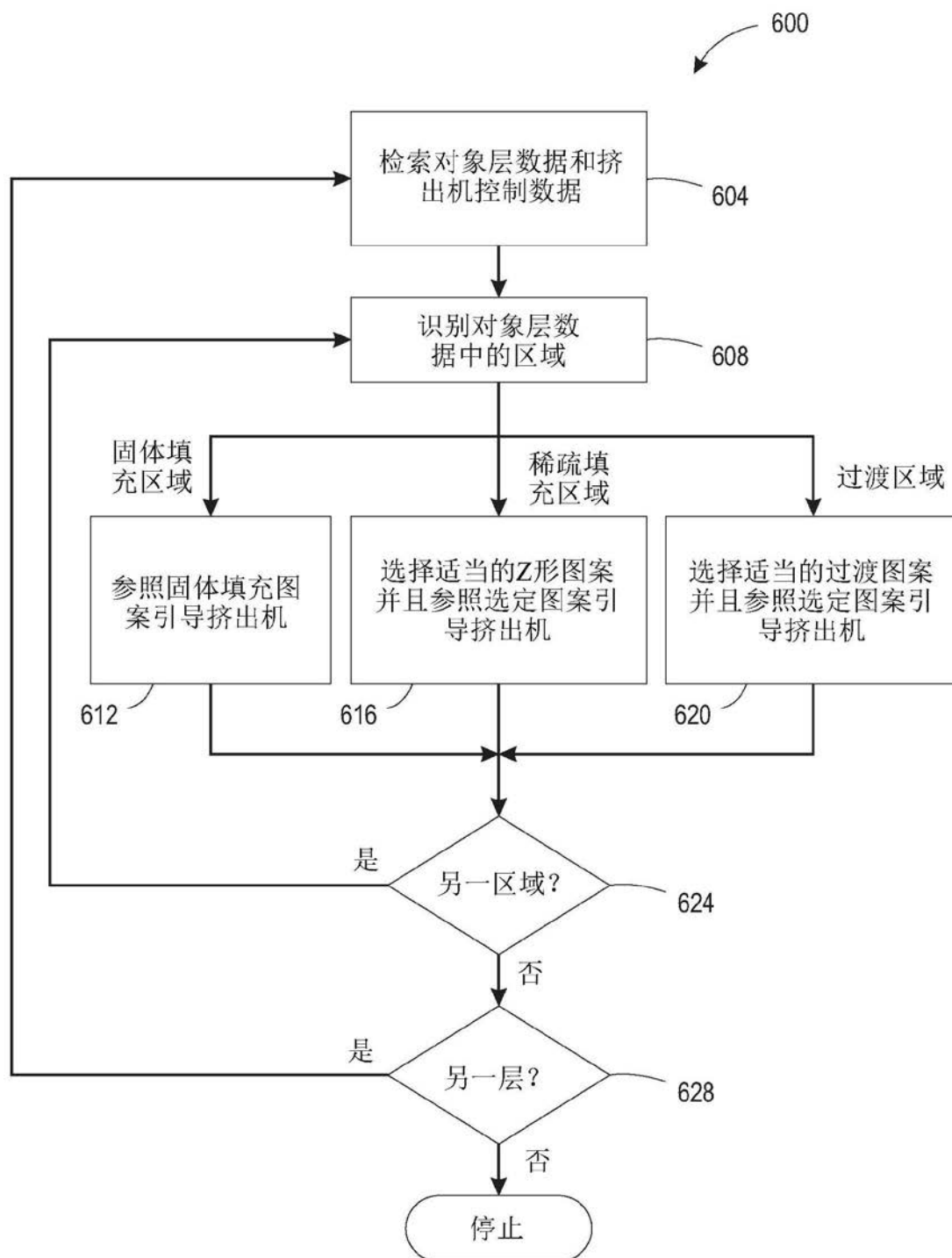


图6

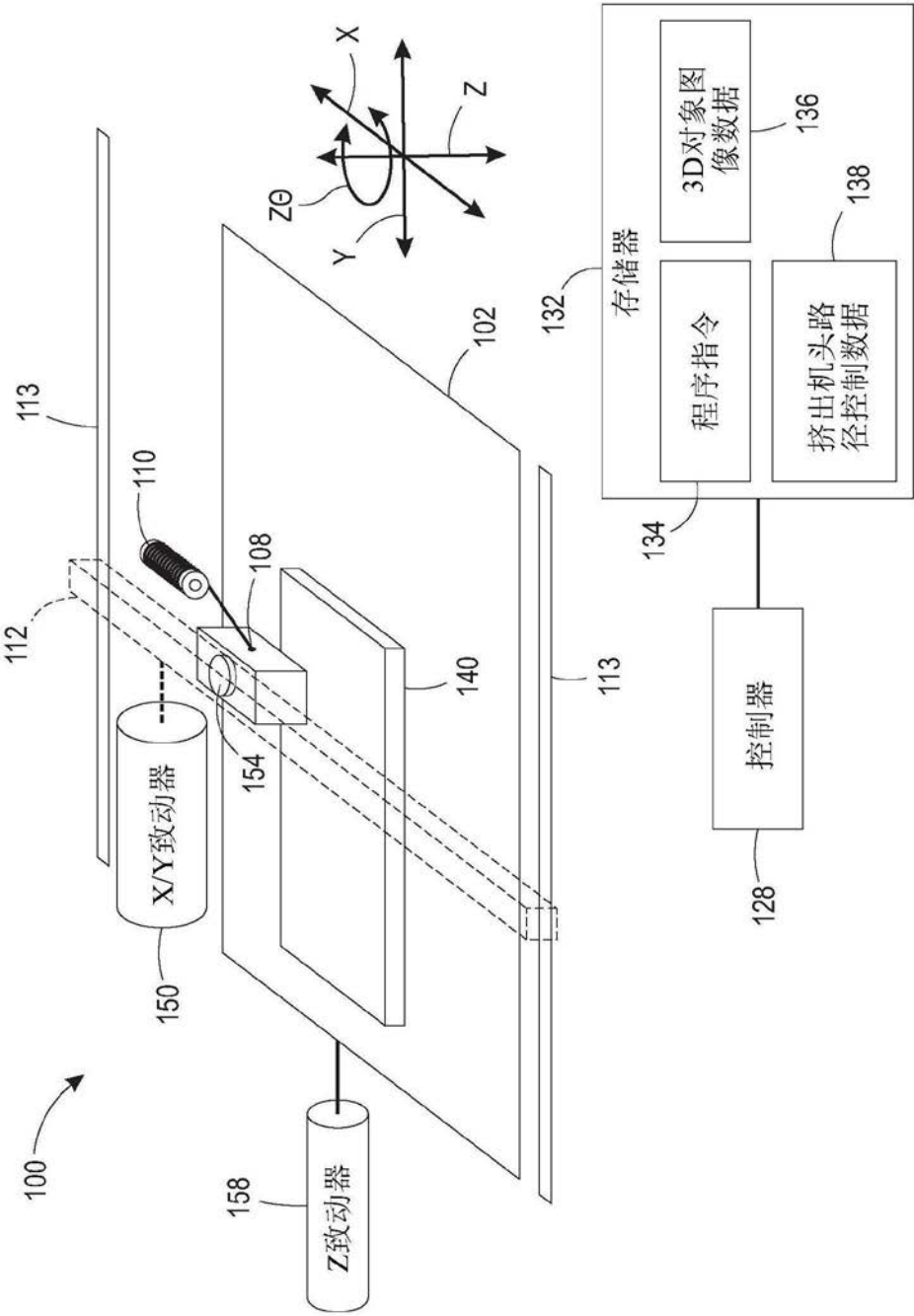


图7现有技术

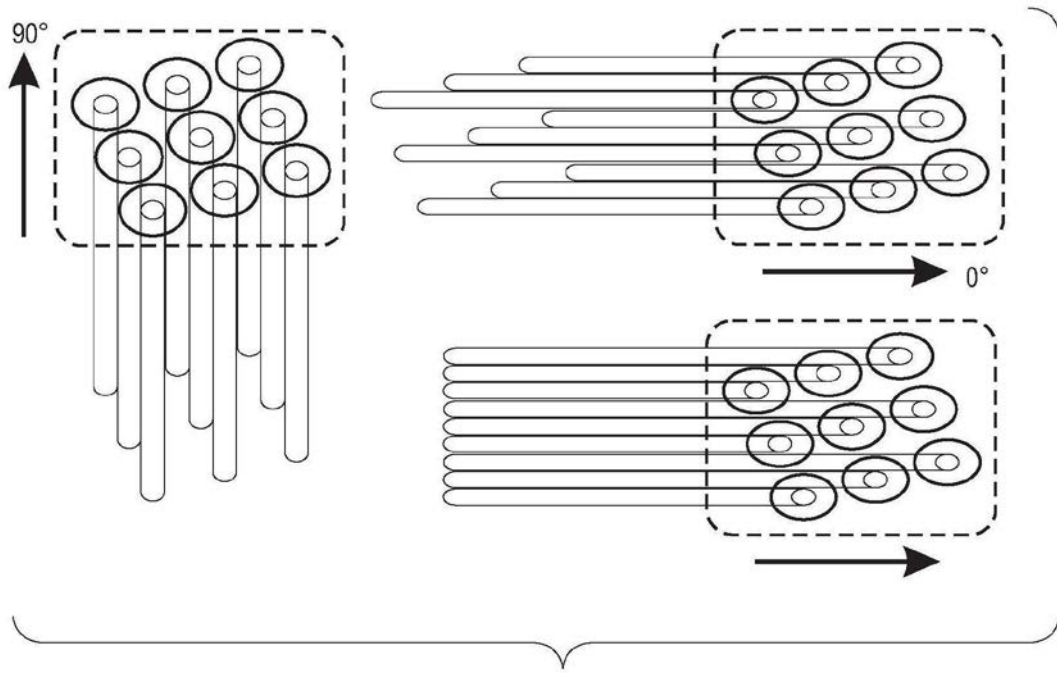


图8  
现有技术

图8现有技术