



(43) 申请公布日 2022.05.06

B33Y 30/00 (2015.01)

权利要求书3页 说明书14页 附图12页

1. 一种使用选择性调色剂电子照相工艺来打印制品的方法,该方法包括:
相继沉积零件材料和支撑材料的多个层,这些层是基本上平行于第一平面沉积的;其中:

- a) 该零件材料和支撑材料的多个层在垂直于该第一平面的Z方向上延伸;并且
- b) 这些零件材料和支撑材料的层中的至少一些层在该第一平面中彼此分离,以在层内的零件材料与支撑材料之间形成间隙;

在该零件材料和支撑材料的多个层中的至少一些层之间沉积边缘增强层;该边缘增强层包括邻近于前一层的间隙选择性打印的零件材料层或支撑材料层;

对该零件材料和支撑材料施加热量和压力,使得该零件材料和支撑材料的一部分流入并且至少部分地填充该零件材料与支撑材料之间的该间隙。

2. 如权利要求1和3至13中任一项所述的方法,其中,该第一平面包括X-Y平面。

3. 如权利要求1至2和4至13中任一项所述的方法,其中,该间隙内的该零件材料或支撑材料的流动矢量的至少一部分包括在该第一平面外的分量。

4. 如权利要求1至3和5至13中任一项所述的方法,其中,这些边缘增强层的总计打印的零件材料或支撑材料具有的体积基本上等于该间隙的体积。

5. 如权利要求1至4和6至13中任一项所述的方法,其中,平均每第二层、第三层、第四层、第五层、第六层、第七层、第八层、第九层或第十层来沉积边缘增强层。

6. 如权利要求1至5和7至13中任一项所述的方法,其中,该边缘增强层具有5至15个像素的平均宽度。

7. 如权利要求1至6和8至13中任一项所述的方法,其中,零件区域与支撑区域之间的间隙的平均宽度是从6至12个像素。

8. 如权利要求1至7和9至13中任一项所述的方法,其中,该间隙的宽度为6至12个像素,并且该边缘增强层的平均宽度为10至20个像素。

9. 如权利要求1至8和10至13中任一项所述的方法,其中,该零件材料与支撑材料之间的间隙的平均宽度为5至25个像素。

10. 如权利要求1至9和11至13中任一项所述的方法,进一步包括:重新加热、压缩和重新冷却构建表面,以便使该间隙减小并且使零件区域表面变得逐渐更光滑。

11. 如权利要求1至10和12至13中任一项所述的方法,其中,竖直零件表面的表面粗糙度小于8 μm 。

12. 如权利要求1至11和13中任一项所述的方法,其中,竖直零件表面的表面粗糙度小于4 μm 。

13. 如权利要求1至12中任一项所述的方法,其中,竖直零件表面的表面粗糙度小于2 μm 。

14. 一种使用选择性调色剂电子照相工艺来打印制品的方法,该方法包括:
相继沉积零件材料和支撑材料的多个层,这些层是基本上平行于X-Y平面沉积的;其中:

- a) 零件材料和支撑材料的多个层在垂直于该X-Y平面的Z方向上延伸;并且
- b) 这些零件材料和支撑材料的层中的至少一些层在该X-Y平面中彼此分离,以在层内的零件材料与支撑材料之间形成间隙;

在该零件材料和支撑材料的多个层中的至少一些层之间沉积边缘增强层;该边缘增强层包括邻近于前一层的间隙选择性打印的零件材料层和/或支撑材料层;以及

对该零件材料和支撑材料施加热量和压力,使得该零件材料和支撑材料的一部分流入并且至少部分地填充该零件材料与支撑材料之间的该间隙。

15.如权利要求14和16至26中任一项所述的方法,其中,该零件材料和/或支撑材料的至少一部分在该间隙内在Z方向上向上流动,具有与该X-Y平面正交的分量。

16.如权利要求14至15和17至26中任一项所述的方法,其中,该零件材料或支撑材料的至少一部分具有在该X-Y平面外的流动矢量分量。

17.如权利要求14至16和18至26中任一项所述的方法,其中,这些边缘增强层的总计零件材料或支撑材料具有的体积基本上等于该间隙的体积。

18.如权利要求14至17和19至26中任一项所述的方法,其中,平均

每第二层、第三层、第四层、第五层、第六层、第七层、第八层、第九层或第十层来沉积边缘增强层。

19.如权利要求14至18和20至26中任一项所述的方法,其中,该边缘增强层具有5至15个像素的平均宽度。

20.如权利要求14至19和21至26中任一项所述的方法,其中,零件区域与支撑区域之间的间隙的平均宽度是从6至12个像素。

21.如权利要求14至20和22至26中任一项所述的方法,其中,该间隙的宽度为6至12个像素,并且该边缘增强层的平均宽度为10至20个像素。

22.如权利要求14至21和23至26中任一项所述的方法,其中,该零件材料与支撑材料之间的间隙的平均宽度为5至25个像素。

23.如权利要求14至22和24至26中任一项所述的方法,进一步包括:重新加热、压缩和重新冷却构建表面,以便使该间隙减小并且使零件区域表面变得逐渐更光滑。

24.如权利要求14至23和25至26中任一项所述的方法,其中,竖直零件表面的表面粗糙度小于8 μm 。

25.如权利要求14至24和26中任一项所述的方法,其中,竖直零件表面的表面粗糙度小于4 μm 。

26.如权利要求14至25中任一项所述的方法,其中,竖直零件表面的表面粗糙度小于2 μm 。

27.一种使用选择性调色剂电子照相工艺来打印制品的方法,该方法包括:

相继沉积零件材料和支撑材料的多个层,这些层是基本上平行于X-Y平面沉积的;其中:

a) 该零件材料和支撑材料的多个层在垂直于该X-Y平面的Z方向上延伸;并且

b) 沉积的零件材料和支撑材料的这些层中的至少一些层在X方向或Y方向上彼此偏离,以在这些零件材料层与支撑材料层之间形成基本上没有零件材料和支撑材料的间隙,其中,在施加热量和压力之前,零件材料和支撑材料的质量邻近该间隙比远离该间隙更高;以及

对该零件材料和支撑材料施加热量和压力,使得该零件材料和支撑材料的一部分流入并且至少部分地填充该零件材料与支撑材料之间的该间隙。

28. 如权利要求27和29至35中任一项所述的方法,进一步包括:在该零件材料和支撑材料的多个层中的至少一些层之间沉积边缘增强层;该边缘增强层包括邻近于该间隙选择性打印的零件材料层或支撑材料层。

29. 如权利要求27至28和30至35中任一项所述的方法,其中,每第二层、第三层、第四层、第五层、第六层、第七层、第八层、第九层、或第十层来沉积边缘增强层。

30. 如权利要求27至29和31至35中任一项所述的方法,其中,该边缘增强层具有5至15个像素的平均宽度。

31. 如权利要求27至30和32至35中任一项所述的方法,其中,零件区域与支撑区域之间的间隙的平均宽度是从6至12个像素。

32. 如权利要求27至31和33至35中任一项所述的方法,其中,该间隙的宽度为8至12个像素,并且该边缘增强层的平均宽度为10至20个像素。

33. 如权利要求27至32和34至35中任一项所述的方法,其中,该零件材料与支撑材料之间的间隙的平均宽度为5至25个像素。

34. 如权利要求27至33和35中任一项所述的方法,进一步包括:重新加热、重新压缩和重新冷却构建表面,以便使该间隙减小并且使零件区域表面变得逐渐更光滑。

35. 如权利要求27至34中任一项所述的方法,其中,竖直零件表面的表面粗糙度小于8um。

具有改善的表面光洁度的增材制造系统和方法

[0001] 本申请以美国国营公司Evolve Additive Solutions公司(为所有指定国的申请人)、以及美国公民J.Samuel Batchelder和美国公民Manish Boorugu、和美国公民Andrew Rice(为所有指定国的发明人)的名义作为PCT国际专利申请于2020年9月30日提交,并且要求于2019年9月30日提交的美国临时专利申请号62/908,087的优先权,该临时专利申请的内容通过援引以其全文并入本文。

技术领域

[0002] 本文的实施例涉及用于形成三维打印零件、特别是具有改善的表面光洁度的打印零件的方法和系统。

背景技术

[0003] 增材制造系统用于使用一种或多种增材制造技术从零件的数字表示来构建3D零件。市场上可获得的增材制造技术的示例包括基于挤出的技术、喷墨、选择性激光烧结、粉末/粘结剂喷射、电子束熔化和立体平版印刷工艺。对于这些技术中的每一种,最初都是将3D零件的数字表示数字化地切片成多个水平层。对于每个切片层,然后生成工具路径,该工具路径为特定的增材制造系统提供指令以形成给定层。

[0004] 一种特别期望的增材制造方法是选择性调色剂电子照相工艺(STEP)增材制造,其允许快速、高质量地生产3D零件。通过施加由转移介质(例如,可旋转的皮带或鼓)从电子照相术(EP)引擎携带的热塑性材料层来执行STEP制造。然后,该层被转移到构建平台,以逐层的方式打印3D零件(或支撑结构),其中相继的层被输注在一起以产生3D零件(或支撑结构)。这些层被放下到X-Y平面内,其中相继的层在垂直于X-Y平面的Z轴上上下下定位。

[0005] 有时利用与沉积零件材料的技术相同的沉积技术来构建支撑结构。支撑层或结构通常被构建在悬伸部分的下方或者构建在正构造的零件的腔中,这些悬伸部分或腔未被零件材料本身支撑。零件材料在制造期间粘附到支撑材料上,并且当打印过程完成时,支撑材料随后可从完成的3D零件移除。在典型的STEP工艺中,零件材料层和支撑材料层在共同的X-Y平面中彼此相邻地沉积。这些零件材料层和支撑材料层各自沿Z轴上下构建(零件材料层构建在其他零件材料层的顶上;并且支撑材料层构建在其他支撑材料层的顶上)以产生包含零件材料和支撑材料这两者的复合零件。

[0006] 尽管STEM沉积可以产生非常高质量的零件,但是仍然期望形成甚至更好的零件。例如,在一些实现方式中,仍然期望具有更好的表面特性,比如改善的表面光洁度、特别是更光滑的表面特征。对于X-Y平面外的表面、比如具有显著的Z轴分量的表面,尤其期望改进的表面光洁度、比如更光滑的表面,这是因为这些表面有时最难在其上获得光滑的表面光洁度。这些具有显著Z轴分量的表面通常与支撑材料相结合而形成,因此在使用支撑材料来形成零件的情况下,期望具有改善的光洁度的表面。

发明内容

[0007] 本申请涉及一种使用选择性调色剂电子照相工艺 (STEP) 来打印制品的方法。该方法包括在零件材料和支撑材料的相邻层之间形成间隙 (也称为沟槽或峡谷), 然后施加压力和热量以将一些零件材料和支撑材料转移到间隙中。当零件材料和支撑材料流入间隙中时, 这些零件材料和支撑材料聚在一起形成比通常以其他方式获得的表面更光滑的被增强的表面。这种增强的一部分是邻近于间隙来沉积部分材料层 (本文称为增强层) 的结果。这些增强层增加了间隙附近的 (零件和支撑) 材料的量。

[0008] 当从z轴 (或垂直于层的另一轴线) 施加压力时, 这些增强层的功能是将压力向下转移通过它们下面的层。形成这些下层 (以及增强层本身) 的材料因此处于增加的压力下, 这在各种实施例中导致材料的水平 (x和y方向) 流动、以及一些向下的材料流动, 而进入邻近于增强层的间隙中。一旦进入间隙, 材料在间隙中向上流动。注意, 在其他实现方式中, 这些层不是以如上所述的相同取向形成的, 但是可以观察到材料流入间隙以改善表面光洁度的相同原理。

[0009] 因此, 在形成期间来自复合件顶部的压力 (比如由输注辊施加的压力) 使得在具有增强层的区域中积聚增加的压力。增加的压力使材料 (通常是零件材料和支撑材料这两者) 的水平底流 (undertow) 而流入间隙中。间隙逐渐被来自底部的材料填充, 并且进入间隙的新材料流在z轴上具有至少部分向上的流动方向。零件材料和支撑材料的这种向上流动使得零件材料与支撑材料之间的界面光滑, 从而形成更光滑的成品零件。

[0010] 因此, 在示例实施例中, 沿着间隙的增强材料壁有效地起到类似活塞的作用, 当被输注辊滚动时, 该活塞向下移动。刚好在间隙外的零件材料和支撑材料首先被压下。当间隙侧壁的顶部被压下时, 沟槽侧壁的顶部下方的材料被迫在底流中侧向移动到间隙中。“底流”是指材料在表面下方的主要水平流动, 也有一些向下的流动。当材料从相对的间隙壁下移出时, 零件材料和支撑材料流入间隙中并且向上流而在间隙中彼此会聚。将理解的是, 在一些实施例中, 层和间隙的取向与该示例中描述的不同, 但是观察到类似的流动特性和表面改善。在一些实施例中, 比如如果增强层的尺寸相同、并且零件材料和支撑材料的粘度相同, 则这种会聚可以发生在间隙的中心线处。一旦会聚, 零件材料和支撑材料沿唯一可获得的方向移动, 即沿着间隙竖直向上, 因为间隙的下部已经被填充。通常, 当间隙被几乎填充时 (间隙的顶部刚好低于侧壁的顶部的z轴高度), 流动停止, 因为沟槽上的向下压力平衡了沟槽侧壁上的较高向下压力减去来自底流流动的压降乘以粘性流动阻力。将理解的是, 如本文所述, 间隙是沉积的构建材料层与支撑材料层之间的空间。彼此上下堆叠的构建材料和支撑材料的多个层可以在层之间形成沟槽 (该沟槽实质上是上下堆叠的多个间隙层)。一旦施加输注压力, 间隙至少部分地 (并且通常大部分或完全地) 被流入其中的零件材料和支撑材料填充。因此, 当层被沉积和发生输注 (如下所述) 时, 间隙 (或沟槽) 被材料填充。

[0011] 因此, 在某些实施例中, 本申请涉及一种相继沉积零件材料和支撑材料的多个层方法, 这些层大体平行于X-Y平面 (或另一平面, 本文中称为“第一平面”) 沉积。这些零件材料和支撑材料的层中的至少一些层在X-Y平面 (或其他平面) 中彼此偏离, 以在零件材料与支撑材料之间形成间隙或沟槽。该零件材料和支撑材料的多个层在垂直于X-Y平面的Z方向上延伸, 或者在垂直于第一平面的另一方向上延伸。将热量和压力施加到零件材料和支撑材料的聚集层的顶表面, 使得零件材料和支撑材料的一部分流入并且至少部分填充零件材

料与支撑材料之间的间隙并且彼此接触。接触区域形成界面,当移除支撑时,该界面产生具有改善的表面特性(包括降低的粗糙度)的零件表面。通常,在流入间隙期间,零件材料和支撑材料的至少一部分在正交于X-Y的Z方向上向上流动。在一些情况下,间隙不是竖直的、而是歪斜的或倾斜的(或具有另一取向),在这种情况下,零件材料和支撑材料将流入该间隙,但是这可能不与X-Y平面正交、而是包括正交于X-Y平面的分量。这种向上(或在非竖直间隙或沟槽的情况下为其他方向)流动的结果是,构建材料和支撑材料(包括来自边缘增强层的材料)的各层在Z轴尺寸上竖直地展开,该Z轴尺寸大于这些材料在施加热量和压力之前的厚度。

[0012] 在实施例中,描述了一种使用选择性调色剂电子照相工艺来打印制品的方法,该方法包括相继沉积零件材料和支撑材料的多个层,这些层是基本上平行于X-Y平面沉积的;其中:a)该零件材料和支撑材料的多个层在垂直于X-Y平面的Z方向上延伸;以及b)这些零件材料和支撑材料的层中的至少一些层在X-Y平面中彼此偏离,以在零件材料层与支撑材料层之间形成间隙;向零件材料和支撑材料施加热量和压力,使得零件材料和支撑材料的一部分流入并且至少部分地填充零件材料与支撑材料之间的间隙;并且零件材料和支撑材料的至少一部分向上流动,具有在与X-Y平面正交的Z方向上的分量。

[0013] 在实施例中,该方法可以进一步包括在该零件材料层和支撑材料的多个层中的至少一些层之间沉积边缘增强层;边缘增强层可以包括邻近于间隙选择性打印的零件材料层或支撑材料层。

[0014] 在实施例中,边缘增强层的打印的零件材料或支撑材料具有的体积基本上等于间隙的体积。

[0015] 在实施例中,每第二层、第三层、第四层、第五层、第六层、第七层、第八层、第九层或第十层来沉积边缘增强层。

[0016] 在实施例中,边缘增强层具有5至15个像素的平均宽度。

[0017] 在实施例中,零件区域与支撑区域之间的间隙的平均宽度是从6至12个像素。

[0018] 在实施例中,间隙的宽度为6至12个像素,且边缘增强层的平均宽度为10至20个像素。

[0019] 在实施例中,零件材料与支撑材料之间的间隙的平均宽度为5至25个像素。

[0020] 在实施例中,零件区域形成限定了间隙的第一侧的第一周界,且支撑区域形成限定了间隙的第二侧的第二周界。

[0021] 在实施例中,该方法进一步包括重新加热和重新冷却构建表面,以便使间隙减小,并且使零件区域表面变得逐渐更光滑。

[0022] 在实施例中,竖直零件表面的表面粗糙度小于8 μm 。

[0023] 在实施例中,竖直零件表面的表面粗糙度小于4 μm 。

[0024] 在实施例中,竖直零件表面的表面粗糙度小于2 μm 。

[0025] 在实施例中,竖直零件表面的表面粗糙度小于1.5 μm 。

[0026] 定义

[0027] 除非另有说明,否则本文使用的以下术语具有下面提供的含义:

[0028] 术语“共聚物”是指具有两种或更多种单体种类的聚合物。

[0029] 术语“优选的”和“优选地”是指在某些情况下可以提供某些益处的本发明实施例。

然而,在相同或其他情况下,其他实施例也可能是优选的。此外,对一个或多个优选实施例的叙述并不意味着其他实施例是无用的,也不旨在将其他实施例排除在本披露内容的发明范围之外。

[0030] 提及“一种”化合物是指该化合物的一个或多个分子,而不是限于该化合物的单一分子。此外,一个或多个分子可以相同或不相同,只要它们属于该化合物的类别即可。

[0031] 术语“至少一个”和“一个或多个”要素可互换使用,并且具有包含单一要素和多个要素的相同含义,并且还可以由要素的前缀“(多个)”表示。

[0032] “上方”、“下方”、“顶部”、“底部”等方向取向是参考沿3D零件的打印轴线的方向得到的。在打印轴线是竖直z轴的实施例中,层打印方向是沿竖直z轴的向上方向。在这些实施例中,术语“上方”、“下方”、“顶部”、“底部”等是基于竖直的z轴。然而,在3D零件的层是沿不同的轴线打印的实施例中,术语“上方”、“下方”、“顶部”、“底部”等是相对于给定轴线。

[0033] 由于本领域的技术人员已知的预期变化(例如,测量中的限制和可变性),在此关于可测量的值和范围使用了术语“约”和“基本上”。

[0034] 当在权利要求中叙述时,比如用于“提供材料”等术语中的“提供”不旨在要求所提供的物品的任何特定递送或接收。相反,为了清楚和易于阅读的目的,术语“提供”仅用于叙述将在(多个)权利要求的后续要素中提及的项。

[0035] 术语“选择性沉积”是指一种增材制造技术,其中,一个或多个颗粒层随着时间的推移利用热量和压力熔融到先前沉积的层,其中,颗粒熔融在一起形成零件的层,并且还熔融到先前打印的层。

[0036] 术语“静电照相术”是指形成和利用潜在静电荷图案,以在表面上形成零件、支撑结构或两者的层的图像。静电照相术包括但不限于使用光能形成潜像的电子照相术、使用离子形成潜像的离子照相术和/或使用电子形成潜像的电子束成像。

[0037] 术语“弹性材料”和“可流动材料”描述了在3D零件和支撑件的打印中使用的不同材料。弹性材料相对于可流动材料具有更高的粘度和/或储能模量。

[0038] 除非另有说明,否则本文所指的压力基于大气压(即一个大气压)。

附图说明

[0039] 图1是根据本披露内容的实施例的用于由零件材料和支撑材料来打印3D零件和支撑结构的示例性的基于电子照相术的增材制造系统的示意性前视图。

[0040] 图2是根据本披露内容的实施例的用于使零件材料和支撑材料的层显影的系统的一对电子照相术引擎的示意性前视图。

[0041] 图3是根据本披露内容的实施例的替代性电子照相术引擎的示意性前视图,该替代性电子照相术引擎包括中间鼓或皮带。

[0042] 图4是根据本披露内容的实施例的用于对显影的层执行层输注步骤的系统的层输注组件的示意性前视图。

[0043] 图5是包含零件材料层和支撑材料层的理想化多层复合件的示意图。

[0044] 图6是在移除支撑材料后包含零件材料层的理想化多层复合件的示意图。

[0045] 图7是包含零件材料层和支撑材料层的多层复合件的示意图。

[0046] 图8是在移除支撑材料后包含图7的零件材料层的多层复合件的示意图。

[0047] 图9是包含零件材料层和支撑材料层的多层复合件的简化示意图。

[0048] 图10是在移除支撑材料前包含图9的零件材料层和支撑材料层的多层复合件的简化示意图。

[0049] 图11是在移除支撑材料后包含图10的零件材料层的多层复合件的简化示意图。

[0050] 图12是包含零件材料层和支撑材料层的多层复合件的示意图,示出了这些层之间的间隙。

[0051] 图13是包含图12的零件材料层和支撑材料层的多层复合件的示意图,示出了被零件材料和支撑材料封闭的间隙。

[0052] 图14是在移除支撑材料后图13的零件材料层的示意图。

[0053] 图15是复合零件的示意图,示出了一般化的材料流动特性。

[0054] 图16是包含零件材料层和支撑材料层的多层复合件的示意图,示出了这些层之间的间隙。

[0055] 图17是根据本披露内容的由于边缘增强而具有改善的表面光洁度的构建材料的电子显微照片。

[0056] 图18是零件材料和支撑材料的剖切部分的电子显微照片,示出了材料向上流动的证据。

具体实施方式

[0057] 本披露内容的实施例涉及基于选择性沉积的增材制造系统(比如基于静电照相术的增材制造系统),以打印具有高分辨率和光滑表面的3D零件和/或支撑结构。在打印操作期间,静电照相引擎使用静电照相工艺对零件材料和支撑材料的各层进行显影或以其他方式成像。显影的层然后被转移到层输注组件,在该层输注组件处这些显影的层被输注(例如,随着时间的推移使用热和/或压力),以逐层方式打印一个或多个3D零件和支撑结构。

[0058] 图1至图4示出了STEP制造系统的示例部件,而图5至图20示出了用于生产具有改善的表面特性的3D打印零件的方法和技术的其他方面。图1是根据本披露内容的实施例的示例性基于电子照相术的增材制造系统10的简化图,该增材制造系统被配置为执行选择性沉积工艺以打印3D零件和相关联的支撑结构。如图1所示,系统10包括一个或多个EP引擎(总体称为12,比如EP引擎12p和12s)、转移组件14、偏置机构16和输注组件20。系统10的适合的部件和功能操作的示例包括在Hanson等人的美国专利号8,879,957和8,488,994以及在Comb等人的美国专利公开号2013/0186549和2013/0186558中披露的那些示例。

[0059] EP引擎12p和12s是用于分别对基于粉末的零件材料和支撑材料的层(总体称为22)进行成像或以其他方式进行显影的成像引擎,其中,零件材料和支撑材料各自优选地被工程化以便与EP引擎12p或12s的特定架构一起使用。如下文所述,显影的层22被转移到转移组件14的转移介质(例如皮带24),该转移介质将层22输送到输注组件20。输注组件20进行操作来通过在构建平台28上将层22输注在一起,以逐层方式构建可以包括支撑结构和其他特征的3D零件26。

[0060] 在一些实施例中,转移介质包括皮带24,如图1中所示。用于转移介质或皮带24的合适的转移皮带的示例包括在Comb等人的美国专利申请公开号2013/0186549和2013/0186558中披露的那些。在一些实施例中,皮带24包括前表面24a和后表面24b,其中,前表面

24a面向EP引擎12,并且后表面24b与偏置机构16接触。

[0061] 在一些实施例中,转移组件14包括一个或多个驱动机构,该一个或多个驱动机构包括例如马达30和驱动辊33,或其他适合的驱动机构,并且进行操作来在进给方向32上驱动转移介质或皮带24。在一些实施例中,转移组件14包括为皮带24提供支撑的惰辊34。图1中展示的示例转移组件14被高度简化,并且可以采用其他配置。另外地,转移组件14可以包括为了简化说明而未示出的附加部件,比如用于维持皮带24中的期望张力的部件、用于从接收这些层22的表面24a去除碎屑的皮带清洁器、以及其他部件。

[0062] EP引擎12s使基于粉末的支撑材料的层或图像部分22s显影,并且EP引擎12p使基于粉末的零件/构建材料的层或图像部分22p显影。在一些实施例中,EP引擎12s相对于进给方向32定位在EP引擎12p的上游,如图1中所示。在替代性实施例中,EP引擎12p和12s的布置可以颠倒,使得EP引擎12p相对于进给方向32在EP引擎12s的上游。在进一步的替代性实施例中,系统10可以包括三个或更多个EP引擎12以用于打印附加材料的层,如图1所指示。

[0063] 示例系统10还包括控制器36,该控制器代表被配置为执行指令的一个或多个处理器,这些指令可以本地存储在系统10的存储器中或者存储在远离系统10的存储器中,以控制系统10的部件执行本文描述的一个或多个功能。在一些实施例中,控制器36包括一个或多个控制电路、基于微处理器的引擎控制系统和/或数控光栅成像处理器系统,并且被配置为基于从主计算机38或远程位置接收到的打印指令以同步方式来操作系统10的部件。

[0064] 在一些实施例中,主计算机38包括一个或多个基于计算机的系统,这些系统被配置为与控制器36通信以提供打印指令(和其他操作信息)。例如,主计算机38可以向控制器36传递与3D零件和支撑结构的切片层相关的信息,从而允许系统10以逐层方式打印3D零件26和支撑结构。控制器36还可以使用来自一个或多个传感器的信号来帮助将零件或图像部分22p和/或支撑结构或图像部分22s的打印与皮带24上先前打印的对应的支撑结构部分22s或零件部分22p适当配准,以形成单独的层22。

[0065] 系统10的部件可以被一个或多个框架结构(为简单起见未示出)固持。另外,系统10的部件可以被固持在可封闭的外壳(为简单起见未示出)内,该外壳防止系统10的部件在操作期间暴露于环境光。

[0066] 图2是根据本披露内容的示例实施例的系统10的EP引擎12p和12s的示意性前视图。在所展示的实施例中,EP引擎12p和12s可以包括相同的部件,比如具有导电鼓体44和光电导表面46的光电导体鼓42。导电鼓体44是导电的鼓(例如,由铜、铝、锡等制成),其被电接地并被配置成围绕轴48旋转。轴48对应地连接到驱动马达50,该驱动马达被配置为使轴48(和光电导体鼓42)以恒定的速率在箭头52的方向上旋转。

[0067] 光电导表面46可以是围绕导电鼓体44的圆周表面延伸的薄膜,并且优选地源自于一种或多种光电导材料,比如非晶硅、硒、氧化锌、有机材料等。如下文所讨论的,表面46被配置为接收3D零件或支撑结构的切片层的带电潜像(或负像),并且将零件或支撑材料的带电颗粒吸引到带电或放电的图像区域,从而创建3D零件或支撑结构的层。

[0068] 如进一步所示,示例性EP引擎12p和12s中的每一个还包括电荷感应器54、成像器56、显影站58、清洁站60和放电设备62,其中的每一者均可以与控制器36进行信号通信。电荷引发器54、成像器56、显影站58、清洁站60和放电设备62相应地限定了用于表面46的成像组件,而驱动马达50和轴48使光电导体鼓42在方向52上旋转。

[0069] EP引擎12中的每一个将基于粉末的材料(例如,聚合物或热塑性调色剂)(在此总体上用参考字符66指代)用于使层22显影或形成层。在一些实施例中,用于EP引擎12s的表面46的成像组件被用于形成基于粉末的支撑材料66s的支撑层22s(例如,图像部分),其中,供应的支撑材料66s连同载体颗粒可以由(EP引擎12s的)显影站58固持。类似地,用于EP引擎12p的表面46的成像组件被用于形成基于粉末的零件材料66p的零件层22p(例如,图像部分),其中,供应的零件材料66p连同载体颗粒可以由(EP引擎12p的)显影站58固持。可以包括利用其他支撑或零件材料66的附加EP引擎12。

[0070] 电荷引发器54被配置为当表面46在方向52上旋转经过电荷引发器54时在表面46上产生均匀的静电荷。用于电荷引发器54的适合的设备包括电晕器、电晕管(scrotron)、充电辊和其他静电充电设备。

[0071] 每个成像器56是数控逐像素光暴露装置,该数控逐像素光暴露装置被配置为当表面46在方向52上旋转经过成像器56时选择性地朝向表面46上的均匀静电荷发射电磁辐射。电磁辐射对表面46的选择性暴露由控制器36引导,并且使静电荷的离散逐像素位置被去除(即,对地放电),从而在表面46上形成潜像电荷图案。

[0072] 用于成像器56的适合的设备包括扫描激光器(例如,气态或固态激光器)光源、发光二极管(LED)阵列暴光设备以及2D电子照相系统中常规使用的其他暴光设备。在替代性实施例中,用于电荷引发器54和成像器56的适合的设备包括离子沉积系统,这些离子沉积系统被配置为选择性地带离子或电子直接沉积到表面46,以形成潜像电荷图案。

[0073] 每个显影站58是固持所供应的零件材料66p或支撑材料66s连同载体颗粒的静电且磁性的显影站或盒。显影站58可以以与在2D电子照相系统中使用的单或双部件显影系统和调色剂盒类似的方式起作用。例如,每个显影站58可以包括用于固持零件材料66p或支撑材料66s以及载体颗粒的壳体。当被搅动时,载体颗粒产生摩擦电荷以吸引零件材料66p或支撑材料66s的粉末,这将吸引的粉末充电到期望的符号和量值,如下文所讨论的。

[0074] 每个显影站58还可以包括比如传送装置、毛刷、桨轮、辊和/或磁刷等用于将带电零件或支撑材料66p或66s转移到表面46的一个或多个设备。例如,当表面46(包含带电潜像)在方向52上从成像器56旋转到显影站58时,利用带电区域显影或放电区域显影(取决于利用的电子照相模式)将带电零件材料66p或支撑材料66s吸引到表面46上的潜像的适当带电区。当光电导体鼓继续沿方向52旋转时,这产生了相继的层22p或22s,其中这些相继的层22p或22s对应于3D零件或支撑结构的数字表示的相继切片层。

[0075] 接着,相继的层22p或22s与表面46一起沿方向52旋转到转移区域,在该转移区域中,层22p或22s从光电导体鼓42相继转移到皮带24或其他转移介质,如下文所讨论。虽然展示为光电导体鼓42与皮带24之间的直接接合,但是在一些优选实施例中,EP引擎12p和12s也可以包括中间转移鼓和/或皮带,如下文进一步讨论的。

[0076] 在给定的层22p或22s从光电导体鼓42转移到皮带24(或中间转移鼓或皮带)之后,驱动马达50和轴48继续使光电导体鼓42在方向52上旋转,使得表面46的先前保持着层22p或22s的区域经过清洁站60。清洁站60是被配置为去除零件66p或支撑材料66s的任何残留的、未转移部分的站。用于清洁站60的合适设备包括刀片清洁器、刷子清洁器、静电清洁器、基于真空的清洁器、以及它们的组合。

[0077] 在经过清洁站60后,表面46继续沿方向52旋转,使得表面46的被清洁的区域经过

放电设备62以在开始下一个循环之前去除表面46上的任何残留静电荷。用于放电设备62的合适设备包括光学系统、高压交流电电晕器和/或电晕管、一个或多个具有被施加了高压交流电的导电芯的旋转的电介质辊、以及它们的组合。

[0078] 偏置机构16被配置为通过皮带24引发电势,以将层22p和22s从EP引擎12p和12s静电吸引到皮带24。因为层22p和22s在该过程中在这点处各自只是单一的层厚度增量,所以静电吸引适用于将层22p和22s从EP引擎12p和12s转移到皮带24。

[0079] 控制器36优选地使EP引擎12p和12s的光电导体鼓以与皮带24的线速度和/或任何中间转移鼓或皮带同步的相同转速旋转。这允许系统10从单独的显影剂图像彼此协调地对层22p和22s进行显影和转移。特别地,如图所示,每个零件层22p可以与每个支撑层22s适当配准地被转移到皮带24,以产生组合的零件-支撑材料层或组合图像层,总体上表示为层22。如可以理解的,层22中被转移到层输注组件20的一些层可以仅包括支撑材料66s,或者可以仅包括零件材料66p,这取决于特定的支撑结构和3D零件几何形状以及层切片。

[0080] 在替代性实施例中,零件层22p和支撑层22s可以可选地沿皮带24分别地、比如以交替的层22p和22s进行显影和转移。这些相继的、交替的层22p和22s然后可以转移到层输注组件20,在该层输注组件处这些层可以被分别输注以形成层22并打印或构建3D零件26和支撑结构。

[0081] 在另一替代性实施例中,EP引擎12p和12s之一或两者还可以包括在光电导体鼓42与皮带或转移介质或皮带24之间的一个或多个中间转移鼓和/或皮带。例如,如图3中所示,EP引擎12p还可以包括中间鼓42a,该中间鼓在马达50a的旋转动力下沿与鼓42旋转的方向52相反的方向52a旋转。中间鼓42a与光电导体鼓42接合,以从光电导体鼓42接收显影的层22p,然后携带接收到的显影的层22p并且将它们转移到皮带24。

[0082] EP引擎12s可以包括相同布置的中间鼓42a,用于将显影的层22s从光电导体鼓42携带到皮带24。如果期望的话,将这种中间转移鼓或皮带用于EP引擎12p和12s对于将光电导体鼓42与皮带24热隔离可以是有益的。

[0083] 图4展示了层输注组件20的实施例。如图所示,示例性输注组件20包括构建平台28、轧辊70和输注前加热器72和74。在一些实施例中,如图1和图4中所示,输注组件包括可选的输注后加热器76和/或冷却器(例如,空气喷射器78或其他冷却单元)。构建平台28是系统10的平台组件或台板,该平台组件或台板被配置为接收被加热的组合的层22(或单独的层22p和22s),用于以逐层方式打印零件26,该零件包括由零件层22p形成的3D零件26p和由支撑层22s形成的支撑结构26s。在一些实施例中,构建平台28可以包括用于接收打印的层22的可移除膜基底(未示出),其中,可以使用任何适合的技术(例如,真空抽吸)将可移除膜基底限制为抵靠构建平台。

[0084] 构建平台28由台架84或其他合适的机构支撑,该台架或其他合适的机构可以被配置为使构建平台28沿着z轴和x轴(还以及可选地,y轴)移动,如图1中示意性地展示的(y轴在图1中进出纸面,z轴、x轴和y轴相互正交,遵循右手定则)。这些层通常平行于x-y平面放下,并且这些层沿着z轴上下堆叠。如图4中的虚线86所展示,台架84可以产生相对于轧辊70和其他部件的循环移动模式。台架84的具体移动模式基本上可以遵循适用于给定应用的任何期望路径。台架84可以由马达88基于来自控制器36的命令来操作,其中,马达88可以是电动马达、液压系统、气动系统等。在一个实施例中,台架84可以包括集成机构,该集成机构精

确控制构建平台28在z轴方向和x轴方向(以及可选的y轴方向)上的移动。在替代性实施例中,台架84可以包括多个可操作地联接的机构,每个机构控制该构建平台28在一个或多个方向上的移动,例如,产生沿z轴和x轴两者的移动的第一机构以及产生仅沿y轴的移动的第二机构。多个机构的使用可以允许台架84沿不同的轴线具有不同的移动分辨率。此外,多个机构的使用可以允许将附加机构添加到可沿少于三条轴线操作的现有机构中。

[0085] 在所展示的实施例中,构建平台28可以用加热元件90(例如,电加热器)加热。加热元件90被配置为在高于室温(25℃)的升高的温度、比如在3D零件26p和/或支撑结构26s的期望平均零件温度下加热和维持构建平台28,比如在Comb等人的美国专利申请公开号2013/0186549和2013/0186558中所讨论的。这允许构建平台28帮助将3D零件26p和/或支撑结构26s维持在该平均零件温度。

[0086] 轧辊70是示例性的可加热元件或可加热层输注元件,该元件被配置为随着皮带24的移动围绕固定轴线旋转。具体地,当皮带24在进给方向32上旋转时,轧辊70可以在箭头92的方向上抵靠后表面22s滚动。在所示的实施例中,轧辊70可使用加热元件94(例如,电加热器)加热。加热元件94被配置为在高于室温(25℃)的升高的温度、比如层22的期望转移温度下加热和维持轧辊70。

[0087] 输注前加热器72包括一个或多个加热设备(例如,红外加热器和/或热空气喷射器),该一个或多个加热设备被配置为在到达轧辊70之前将皮带24上的层22加热到层22的选定温度,比如高达零件材料66p和支撑材料66s的熔融温度。每个层22期望地经过(或穿过)加热器72而持续足够的停留时间,以将层22加热到预期的转移温度。输注前加热器74可以以与加热器72相同的方式起作用,并且将构建平台28上的3D零件26p和支撑结构26s的顶表面加热到升高的温度,并且在一个实施例中,在接触时向层供热。

[0088] 层22p和22s的零件材料66p和支撑材料66s可以与加热器72一起加热到基本相同的温度,并且3D零件26p和支撑结构26s的顶表面处的零件材料66p和支撑材料66s可以与加热器74一起加热到基本相同的温度。这允许零件层22p和支撑层22s在单一输注步骤中一起作为组合的层22输注到3D零件26p和支撑结构26s的顶表面。如下文所讨论,可以在支撑层22s与零件层22p之间设置间隙,并且在热量和压力下,零件材料和支撑材料以一种方式被压在一起,例如为了产生具有降低的表面粗糙度的改善的界面。

[0089] 可选的输注后加热器76可以设置在轧辊70的下游和空气喷射器78的上游,并且被配置为在单一输注后步骤中将输注的层22加热到升高的温度。

[0090] 如上所述,在一些实施例中,在构建平台28上构建零件26之前,可以将构建平台28和轧辊70加热到它们的选定温度。例如,可以将构建平台28加热到3D零件26p和支撑结构26s的平均零件温度(例如,整体温度)。相比之下,可以将轧辊70加热到层22的期望转移温度或辊隙入口温度。

[0091] 如图4中进一步所示,在操作期间,台架84可以使构建平台28(具有3D零件26p和支撑结构26s)以往复模式86移动。具体地,台架84可以使构建平台28沿x轴在加热器74下方、沿该加热器或穿过该加热器移动。加热器74将3D零件26p和支撑结构26s的顶表面加热到升高的温度,比如零件材料和支撑材料的转移温度。如在Comb等人的美国专利申请公开号2013/0186549和2013/0186558中所讨论的,加热器72和74可以将层22以及3D零件26p和支撑结构26s的顶表面加热到大致相同的温度,以提供一致的输注界面温度。替代性地,加热

器72和74可以将层22以及3D零件26p和支撑结构26s的顶表面加热到不同的温度,以获得期望的输注界面温度。

[0092] 皮带24的继续旋转和构建平台28的移动使加热的层22(例如,组合图像层)与3D零件26p和支撑结构26s的加热的顶表面对齐或配准,且沿着x轴适当配准。台架84可以以与皮带24在进给方向32上的旋转速率同步的速率(即,相同的方向和速度)继续沿x轴移动构建平台28。这导致皮带24的后表面24b围绕轧辊70旋转以夹住皮带24和加热层22使之抵靠3D零件26p和支撑结构26s的顶表面上。这在轧辊70的位置处在3D零件26p与支撑结构26s的加热的顶表面之间挤压加热的层22,这至少部分地将加热的层22输注到3D零件26p和支撑结构26s的顶层。

[0093] 当输注的层22经过轧辊70的辊隙时,皮带24包绕在轧辊70周围,以与构建平台28分离并脱接合。这有助于从皮带24释放输注的层22,从而允许输注的层22保持粘附到3D零件26p和支撑结构26s。将输注界面温度维持在高于其玻璃化转变温度但低于其熔融温度的转移温度,允许加热的层22足够热而能粘附到3D零件26p和支撑结构26s,同时还足够冷而容易从皮带24释放。另外,零件材料和支撑材料的接近的熔体流变性允许它们在同一步骤中进行输注。如下文所讨论的,可以选择温度和压力,以促进零件材料和支撑材料流入这两种材料之间的间隙。通常,这些流变性优选是接近的,它们在某些构造中可以以彼此明显不同的玻璃化转变温度进行输注。这种流入间隙中(通常伴随着零件材料和支撑材料的向上运动)在零件材料与支撑材料之间产生更光滑的界面、并且及在移除支撑后零件具有更光滑的表面。

[0094] 释放后,台架84继续沿x轴将构建平台28移动到输注后加热器76。在可选的输注后加热器76处,然后可以在融合后或热定型步骤中将3D零件26p和支撑结构26s的最顶层(包括输注的层22)至少加热到基于热塑性材料的粉末的熔融温度。这可选地将输注的层22的材料加热到高度可熔融的状态,使得输注的层22的聚合物分子快速相互扩散(也称为 reptate)以实现与3D零件26p和支撑结构26s的高水平的界面缠结。

[0095] 另外地,当台架84继续使构建平台28沿x轴移动经过输注后加热器76到达空气喷射器78时,空气喷射器78将冷却空气吹向3D零件26p和支撑结构26s的顶层。这主动将输注的层22冷却至平均零件温度,如在Comb等人的美国专利申请公开号2013/0186549和2013/0186558中所讨论的。

[0096] 为了帮助将3D零件26p和支撑结构26s保持在平均零件温度,在一些实施例中,加热器74和/或加热器76可以操作来仅加热3D零件26p和支撑结构26s的最顶层。例如,在加热器72、74和76被配置为发射红外辐射的实施例中,3D零件26p和支撑结构26s可以包括吸热器和/或被配置为将红外波长的穿透限制在最顶层内的其他着色剂。替代性地,加热器72、74和76可以被配置为将经加热的空气吹过3D零件26p和支撑结构26s的顶表面。在任一情况下,限制到3D零件26p和支撑结构26s中的热穿透允许最顶层被充分输注,同时还减少了为将3D零件26p和支撑结构26s保持在平均零件温度所需的冷却量。然而,通常期望充分的热穿透来促进零件材料和支撑材料流入位于零件与支撑材料之间的界面处的间隙中。

[0097] 台架84然后可以向下致动构建平台28,并且按往复矩形图案86沿x轴将构建平台28移回到沿x轴的起始位置。构建平台28期望地到达起始位置,以便与下一个层22适当配准。在一些实施例中,台架84还可以向上致动构建平台28和3D零件26p/支撑结构26s,以便

与下一个层22适当配准。然后可以对3D零件26p和支撑结构26s的每个剩余层22重复相同的过程。

[0098] 在输注操作完成之后,所得的3D零件26p和支撑结构26s可以从系统10中移除,并且经历一个或多个打印后操作。例如,可以使用比如碱性水溶液等水基溶液从3D零件26p牺牲性地去除支撑结构26s。在该技术下,支撑结构26s可以至少部分地溶解在溶液中,以免手动方式将其与3D零件26p分离。

[0099] 比较之下,零件材料对碱性水溶液具有耐化学性。这允许在不损害3D零件26p的形状或质量的情况下使用要采用的碱性水溶液去除牺牲性支撑结构26s。以此方式去除支撑结构26s的适合的系统和技术的示例包括在Swanson等人的美国专利号8,459,280;Hopkins等人的美国专利号8,246,888;和Dunn等人的美国专利申请公开号2011/0186081中披露的那些;这些专利中的每一个在不与本披露内容冲突的情况下通过引用并入本文。

[0100] 此外,在去除支撑结构26s之后,3D零件26p可以经历比如表面处理工艺等一个或多个附加的打印后过程。适合的表面处理工艺的示例包括在Priedeman等人的美国专利号8,123,999中披露的那些工艺;和在Zinniel的美国专利号8,765,045中披露的那些工艺。

[0101] 现在参考图5,示出了包含零件材料102层和支撑材料104层的理想化多层复合件100的示意图。零件材料102和支撑材料104作为层沉积在构建基底110上。构建这些零件材料层106和支撑材料层108以形成总体复合件100。将理解的是,零件材料层106和支撑材料层108没有按比例示出,并且在实践中,层106、108非常薄,通常在10至25微米的数量级。在所示的实施例中,零件材料102和支撑材料104在界面109处相汇。

[0102] 图6是图5的零件材料102的示意图,示出了从图5移除支撑材料104后的零件材料102。这里,零件材料102被留下,零件材料102的暴露表面107被描绘为具有光滑且均匀的表面。仍然示出了零件材料102层106,不过将理解的是,在典型的实施例中,在不仔细检查的情况下这些层难以辨别。将理解的是,在实践中,暴露表面107通常将具有一些不期望的表面纹理或粗糙度,这是因为这些层通常不会如期望的那样精确地沉积。

[0103] 图7和图8示出了关于形成多层复合件100的共同挑战的另一示例,其中零件材料102和支撑材料104的层作为零件层106和支撑材料层108沉积,在这种情况下是层的重叠。结果是其中一些零件材料层106与支撑材料层108之间的小重叠区域113。尽管零件材料层106和支撑材料层108通常以相对高的精度沉积,但是由于这些层在它们沉积时的配准变化,仍然可能形成这些重叠区域113。如图8中所示,在移除支撑材料104后,结果可能是具有不如期望的那样光滑的暴露表面107的零件材料102。如上文所指示,这些图是表面不规则性的示意性表示,且实际完成的零件将显示出其关于表面粗糙度的瑕疵。这种粗糙度对于眼睛或对于光学粗糙度测量技术而言比对于触针粗糙度测量仪器而言更容易看到,这是因为这些瑕疵是由这样的小层形成的,并且这些层有些柔性,且不像粗糙的层那样容易测量。

[0104] 图9至图11示出了如何通过将零件材料和支撑材料按层(这些层彼此相隔短距离而形成间隙(也称为沟槽))进行沉积来改善零件材料102与支撑材料104之间的界面,以及(当构建层时)将热量和压力施加到复合零件和支撑层的顶部将如何使零件材料和支撑材料以在零件之间形成光滑界面的方式流入间隙中。

[0105] 更具体地,图9是包含零件材料102和支撑材料104的层的多层复合件的示意图,示出了这些层之间的间隙130。有意形成该间隙是为了产生容积,零件材料102和支撑材料104

可以在生产过程期间在压力和升高的温度下流入该容积。在所描绘的实施例中,零件材料102和支撑材料104各自包括构建材料边缘增强层116和支撑材料增强层118。这些边缘增强层116和118是被配置为促进流入零件材料102与支撑材料104之间的间隙130的零件材料和支撑材料的层。这些边缘增强层116、118通常是位于较大层106、108之间的构建材料102和支撑材料104的部分层。零件材料102的零件材料层106、116限定了通向间隙130的零件材料表面117;而支撑材料104的支撑材料层108、118限定了通向间隙130的另一侧的支撑材料表面119。零件材料表面117和支撑材料表面119各自通常将具有一些归因于配准的不规则性,比如所述不规则性。将注意的是,图9是打印层的叠加,而不是实际上将这些层输注在一起的结果。图10示出了输注后的简化示意结果(增强层已经消失,间隙已经填满)。注意,图10示出了简化的进入间隙的流动,其中,在输注期间,间隙区域中的材料通常将存在一些向上的流动。

[0106] 在输注过程期间,当热量和压力被施加到复合件100的顶表面123、并且与来自其早期沉积的层内热量(以及任选地热量添加)结合时,零件材料和支撑材料流入间隙130中(如上所述,这种流动通常至少具有与由沉积的层形成的平面正交的分量)。这种法向流动分量未在该图中示出)。当构建材料层和支撑材料层被构建并且从上方施加压力时,来自边缘增强层的额外材料促进水平底流流动,导致材料水平(有些向下)移动到间隙130中。流入间隙130中的材料通常既来自边缘增强层116、118本身,也来自常规层106、108。因此,边缘增强层促进邻近于间隙130的层106、108中的零件材料和支撑材料的流动。当零件材料和支撑材料流入间隙130时,间隙内通常存在向上的材料流动,因为间隙的下部已经被来自先前边缘增强流的材料填充。因此,例如,通常观察到零件材料102将不仅仅流入间隙130,而是将沿着间隙向内和向上流动。对支撑材料104通常观察到类似的向内和向上的流动特质。有必要提供适当的流动量来促进间隙130内的这种向上流动。通常,这可以实现为使得边缘增强层的总体积近似对应于两种材料之间的间隙的总体积。注意,在许多实现方式中,零件边缘增强层116的体积将与支撑边缘增强层118的体积相同;不过在一些实现方式中,由零件或支撑材料形成的边缘增强层可以更大。在这样的实现方式中,流动将使得两种材料之间的接触线通常从中心朝向具有较小边缘增强层的材料偏离。

[0107] 当边缘支撑层116和118通过向内和向上的运动会聚时,表面117和119中的不规则性在会聚位置120处变得光滑,如图10中所示。注意,间隙130内的材料的向上运动未在图10中示出,不过这种运动通常会发生(参见下面的图12至图14,可获得简化的流动表示)。进而,图11是在移除支撑材料108后图10的零件材料层的示意图,留下了具有表面117的零件材料102,该表面通常比在边缘增强层回流之前观察到的表面117光滑得多。同样,图11中没有示出流动方向。而且,尽管表面117示出了一些表面变化,但是该变化小于没有本工艺时通常会遇到的变化。

[0108] 现在参照图12至图14,另外详细地呈现了流动特性,包括间隙内的材料的向上流动。图12是包含零件材料102层和支撑材料104层的多层复合件的示意图,示出了这些层之间的间隙130,有意形成该间隙是为了产生使得在生产过程期间在压力和升高的温度下零件材料102和支撑材料104可以流入的体积。在所描绘的实施例中,零件材料102和支撑材料104各自包括构建材料边缘增强层116和支撑材料增强层118。这些边缘增强层116和118是零件材料和支撑材料的层,这些层被配置为流入零件材料102与支撑材料104之间的间隙

130中,而在该示例实施例中大约在所描绘的中心线处相汇。这些边缘增强层116、118通常是定位在较大层106、108之间的部分层。零件材料102的层106、116限定了通向间隙130的表面117;而零件材料104的层108、118限定了通向间隙130的另一侧的表面119。将理解的是,这些层是示意性地示出的,并且在实践中,这些层彼此上下沉积而在层之间没有空间。因此,参考图12,空间131的出现仅代表层的差异。事实上,在实际的沉积层中没有这样的空间,因为它们在上注过程期间被压在一起。

[0109] 边缘增强层的数量和尺寸通常将根据应用而变化。通常,期望边缘增强层将具有在施加压力和热量时占据间隙130的总体积。换句话说,边缘增强层116和118总共应具有足够的体积,使得当材料移位到间隙130中时,它们将完全填充间隙130。注意,边缘增强层本身并不完全填充间隙130,而是它们通过在间隙130的边缘处产生较高压力区域来促进流入间隙中,并且该较高压力使得构建材料和支撑材料流入间隙130中。流入间隙中的材料的一部分将被沉积为边缘增强层,但是因为存在更多的其他层,则通常有更多的材料从那些其他层流动。在一些构造中,边缘增强层116、118将每隔几个规则零件层106和支撑层108(例如每5层)间隔开。然而,在其他实现方式中,边缘增强层116、118将更频繁或不太频繁,例如每2层、每3层、每4层、每6层、每7层、每8层或每10层。

[0110] 在上注过程期间,当压力施加到顶表面123、并且与来自其早期沉积的层内热量(以及可选的热量添加)结合时,零件材料和支撑材料流入间隙130中。当构建这些层和施加压力时,存在边缘增强层已经流入间隙130中的区域,这种流入间隙中(主要是水平的,但是也是向下的)包括来自边缘增强层下面的层的材料,从而有效地产生材料进入间隙130中的水平和向下运动的底流。移动到间隙中的材料在到达间隙时向内和向上移动,直到零件材料和支撑材料会聚。因此,通常观察到边缘增强层116和来自零件材料102形成的相邻层的材料将不是仅仅流入间隙130,而是将向上流入间隙。对支撑材料104通常观察到类似的向内和向上的流动特质。

[0111] 这种向上流动的结果由图13中的层轮廓描绘,被示出为就像在上注后可以区分这些层。当边缘支撑层116和118通过向内和向上的运动会聚时,表面117和119中的不规则性在会聚位置120处变得光滑,如图13中所示。进而,图14是在移除支撑材料104后图13的零件材料层的示意图,留下了具有表面117的零件材料102,该表面通常比在由于边缘增强层的存在而导致回流之前观察到的表面117光滑得多。

[0112] 零件材料和支撑材料朝向图13中的会聚线135流动;不过将理解的是,中心线是指这些层聚在一起的界面,且实际上该界面可以更靠近一侧或另一侧,因此更靠近零件材料102或支撑材料104。零件材料和支撑材料可以具有不同的粘度和流动特性,在这种情况下,界面的点不一定是它们之间的中心。

[0113] 图15是复合零件100的示意图,示出了一般化的材料流动特性。示出了边缘增强层116、118以及零件材料102和支撑件104。在边缘增强层116、118上施加热量和压力导致其下方的位于零件材料102和支撑材料104中的区域承受增加的压力,从而使材料流入间隙中,间隙的一部分被零件材料入流143填充、并且间隙的一部分被支撑材料入流144填充。箭头线示出了材料流动的一般方向,主要流动方向是由支撑材料和零件材料占据的原始区域内的水平的和(向下的)底流;并且随后是在进入间隙区域时的水平和向上流动,从而在会聚线135处会聚。将理解的是,这是示意图,因此包括边缘增强层116、118在内的这些层的相对

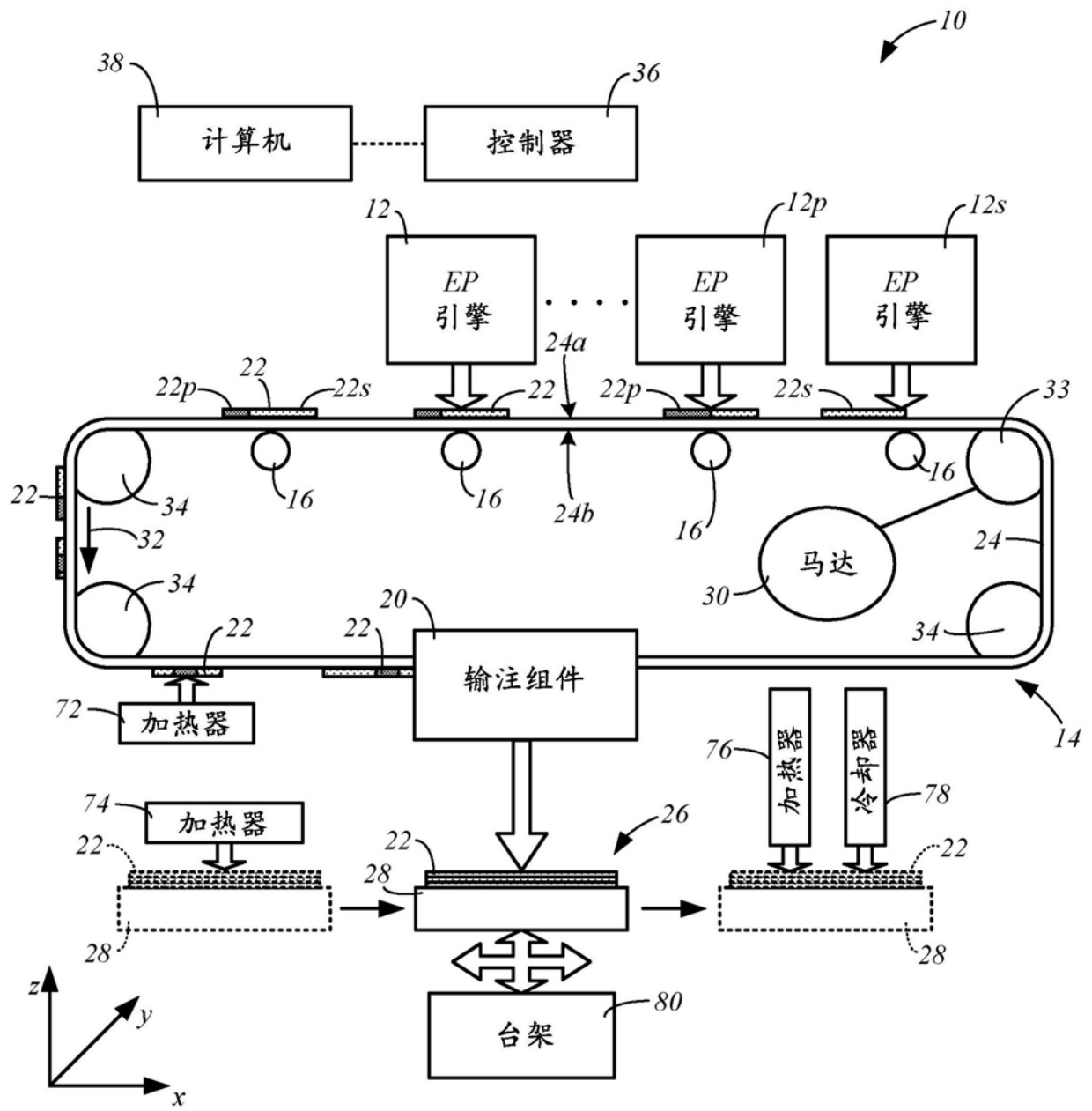
尺寸、厚度和比例以及填充该间隙的材料的高度不旨在代表所有现实的实现方式。

[0114] 图16是包含零件材料102层和支撑材料104层的多层复合件的示意图,示出了这些层之间的间隙130,有意形成该间隙是为了产生使得在生产过程期间在压力和升高的温度下零件材料102和支撑材料104可以流入的体积。此外,零件材料102和支撑材料104的底层150在间隙130内打印,以在它们流入间隙130中时进一步促进上水平层的向上流动。在所描绘的实施例中,零件材料102和支撑材料104各自包括构建材料边缘增强层116和支撑材料增强层118。这些边缘增强层116和118是被配置为促进零件材料和支撑材料流入零件材料102与支撑材料104之间的间隙130中的零件材料和支撑材料的层。如上文所讨论,这些边缘增强层116、118通常是定位在较大层106、108之间的部分层。零件材料102的层106、116限定了通向间隙130的表面117;而支撑材料104的层108、118限定了通向间隙130的另一侧的表面119。底层150沉积到间隙区域130中使得间隙130的下部被填充,由此使得材料在进入间隙时必须向上流动。

[0115] 图17是根据本披露内容的由于边缘增强而具有改善的表面光洁度的由构建材料所形成的零件的电子显微照片。从图17可以看出,该表面具有由构建材料的向上流动产生的稍微竖直涂抹的(smeared)微观纹理。这种被涂抹的表面去除了零件材料的不同层在被沉积时存在的纹理,从而产生比其他方式获得的表面明显更光滑的表面。去除这种涂抹的表面可以露出下方沉积的零件材料层。因此,评估是否使用本方法的一种手段是检查一个表面具有展现光滑性的层,如图17中所示。另一种手段是检查竖直壁附近的零件体积是否存在截留的空隙或污染物,这些空隙或污染物显示了竖直剪切过程产生的残余变形。间隙不需要是竖直的。例如,在典型实施例中,示例层n可以沿着层n-1和n+1(下方和上方的层)的间隙具有一些重叠,但是它们不总是具有相同的X-Y位置,并且它们不总是需要定向在X或Y方向上。

[0116] 图18是由零件材料和支撑材料形成的复合件的一部分的截面的电子显微照片,特别地示出了零件材料和支撑材料会聚处的间隙区域。图18示出了由叠加箭头指示的零件材料的向上流动的证据。向上流动方向描绘了示意图18的向上流动140。这些向上流动在成品零件中并不总是容易看到,因为这些向上流动被它们由单一材料(零件材料或支撑材料)形成的事实所掩盖、并且被掩盖在成品零件的表面下。然而,图18确实示出了材料流动发生的方式,并且结合图17示出了表面如何由于这种流动而变得光滑。

[0117] 尽管已经参考优选实施例描述了本披露内容,但是本领域的技术人员将认识到,在不脱离本披露内容的精神和范围的情况下,可以在形式和细节上进行改变。



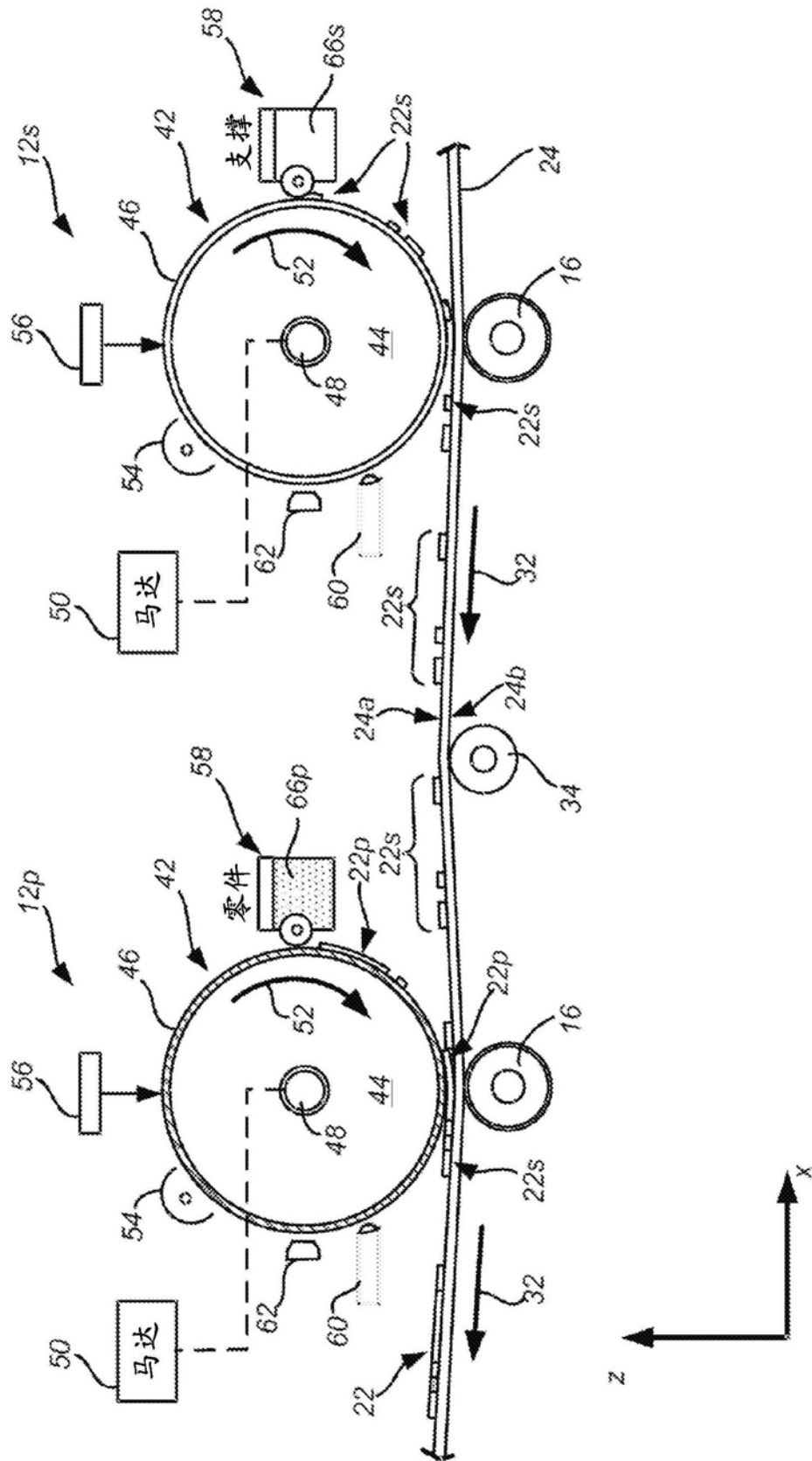


图2

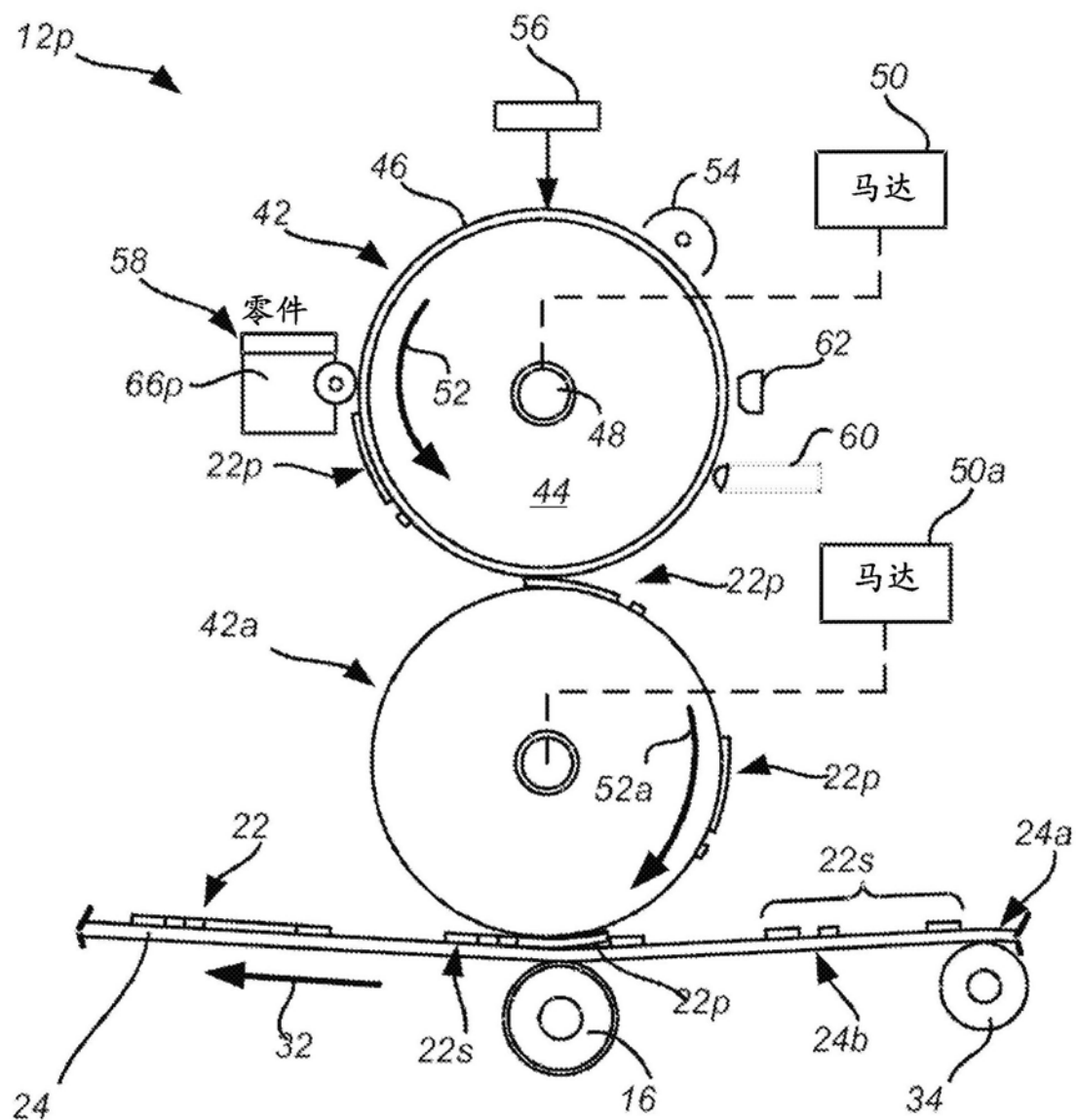


图3

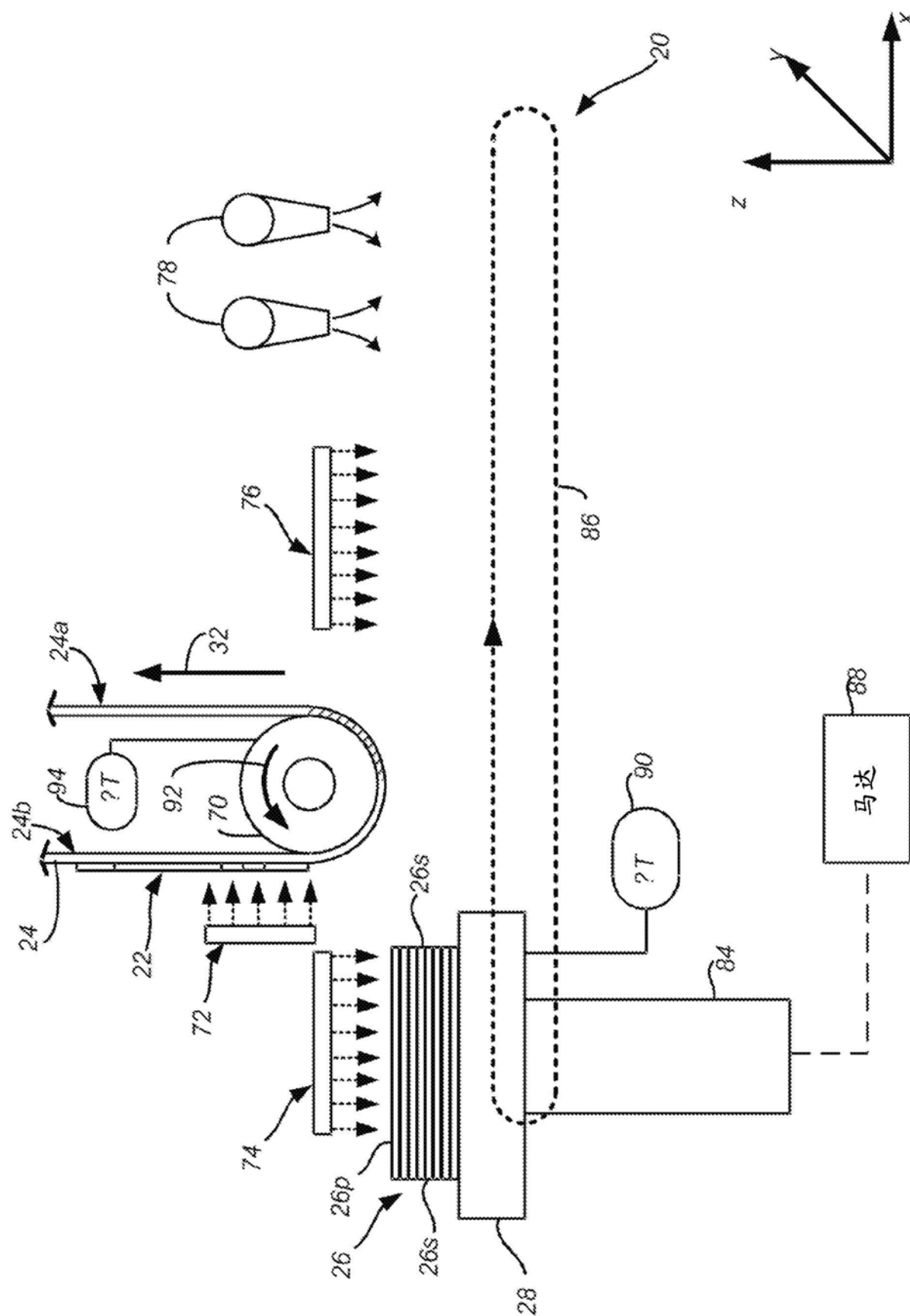


图4

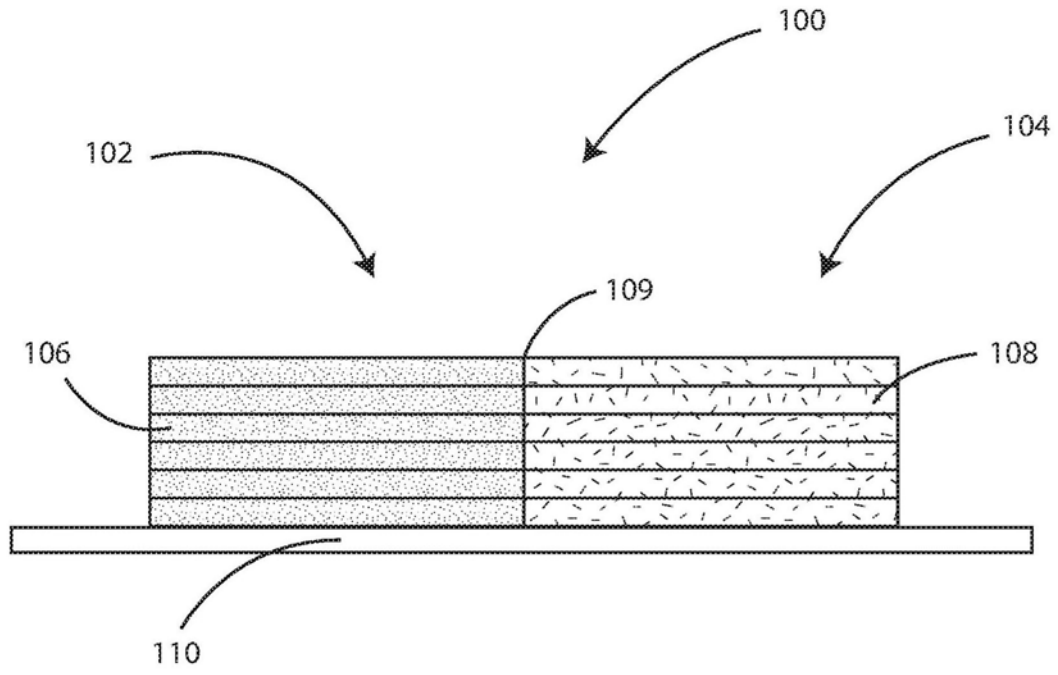


图5

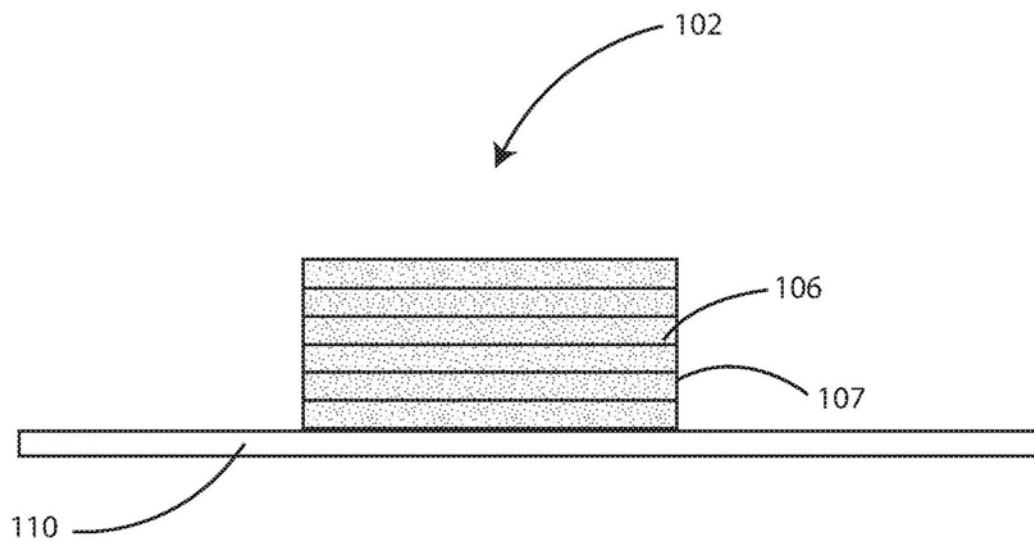


图6

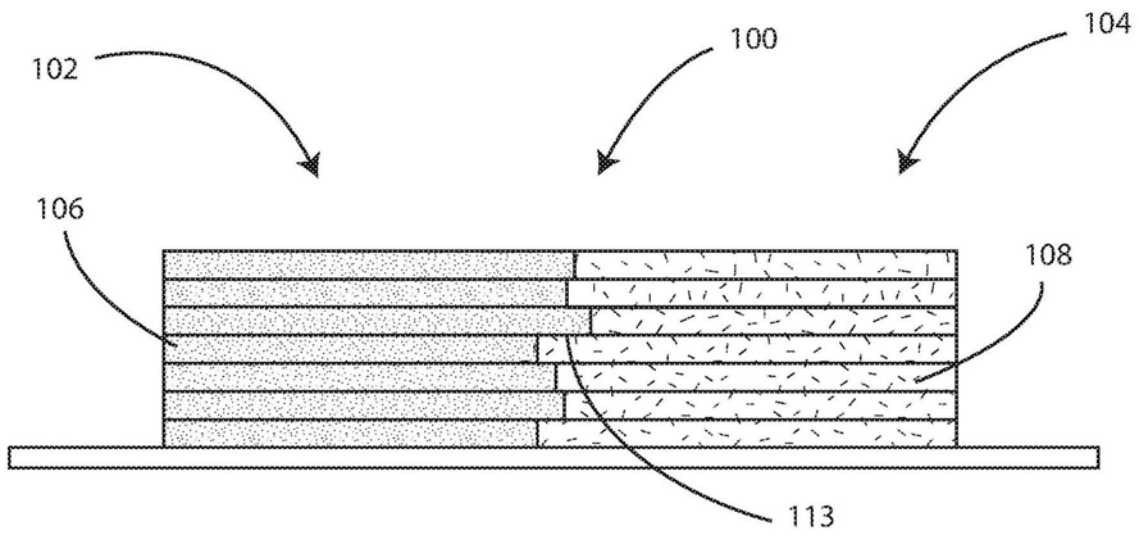


图7

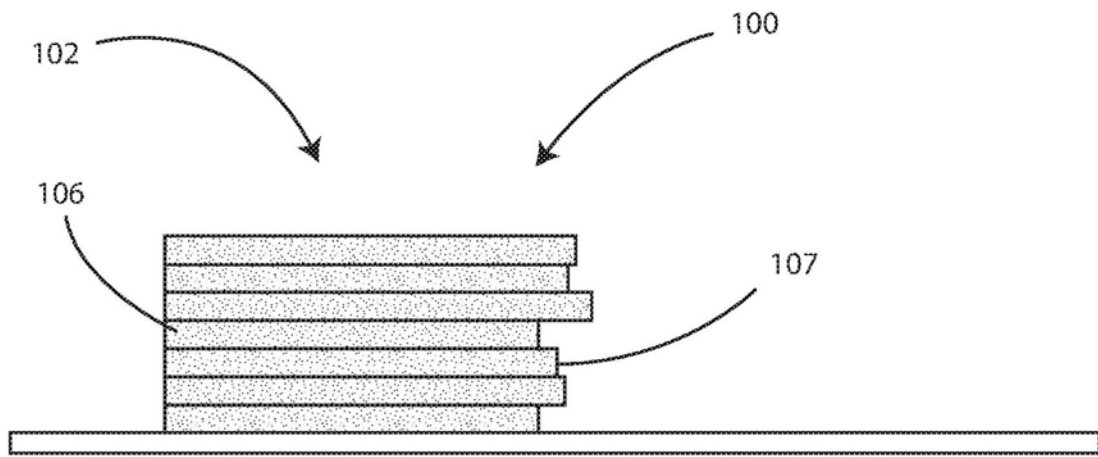


图8

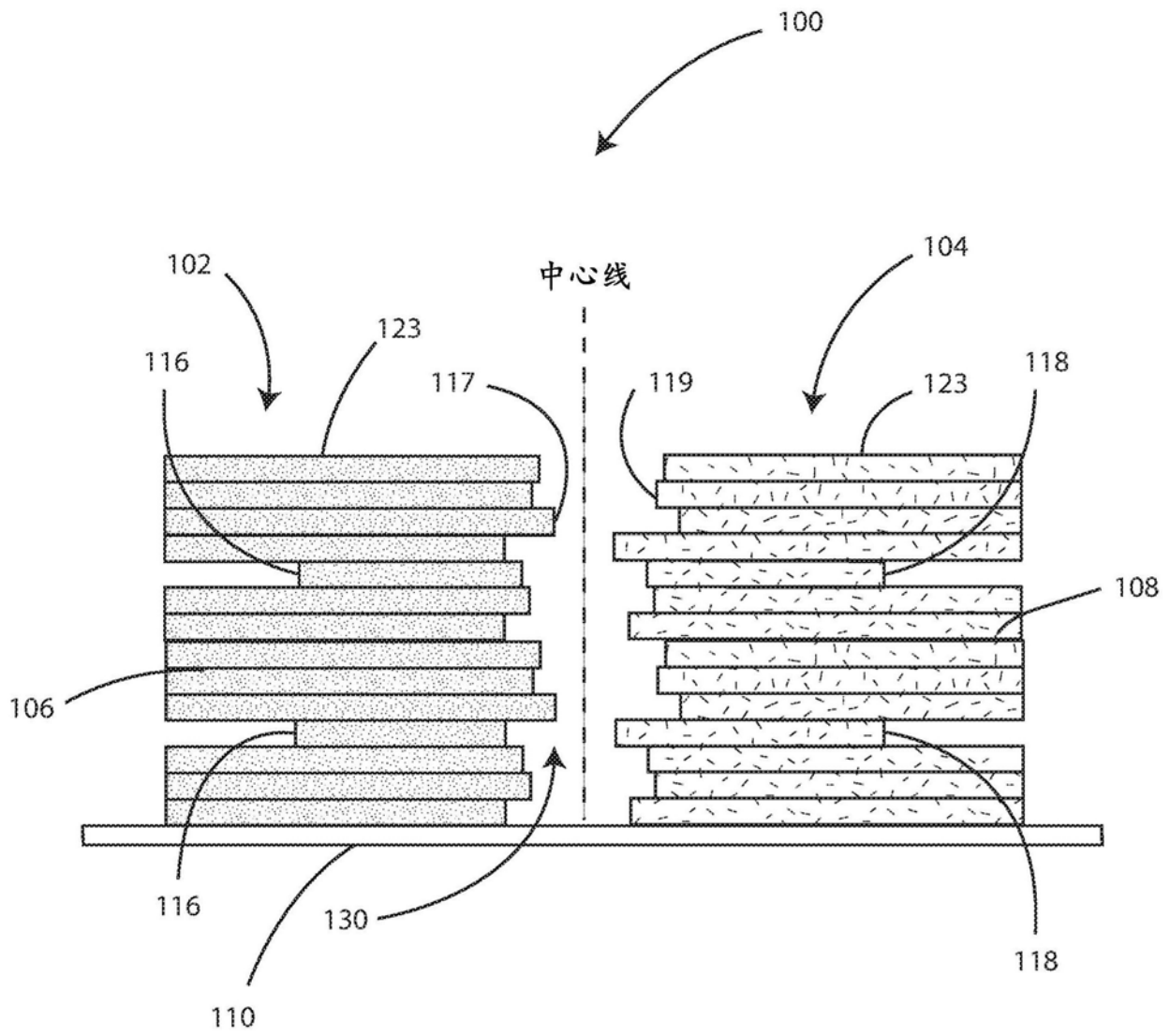


图9

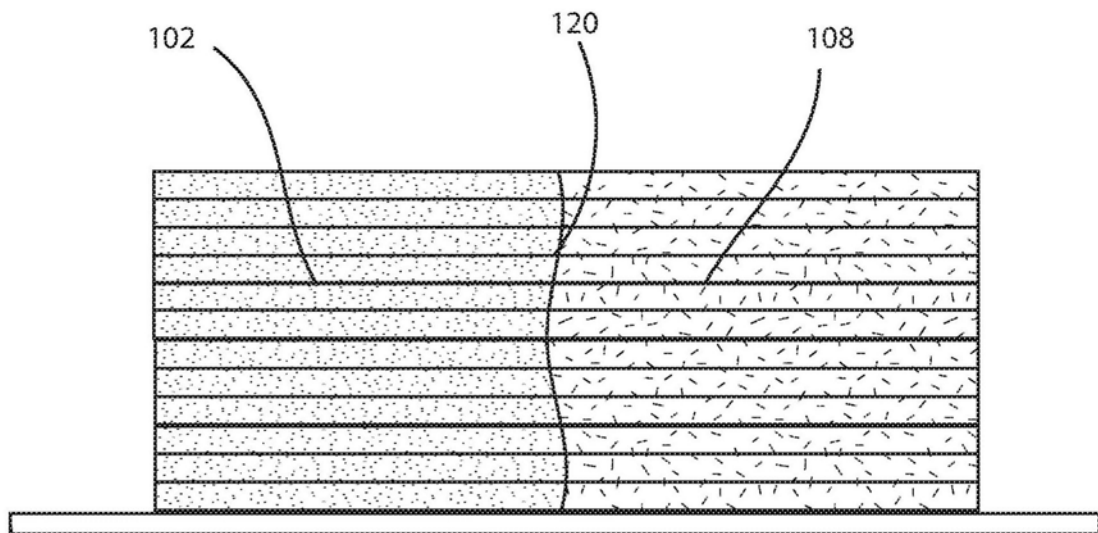


图10

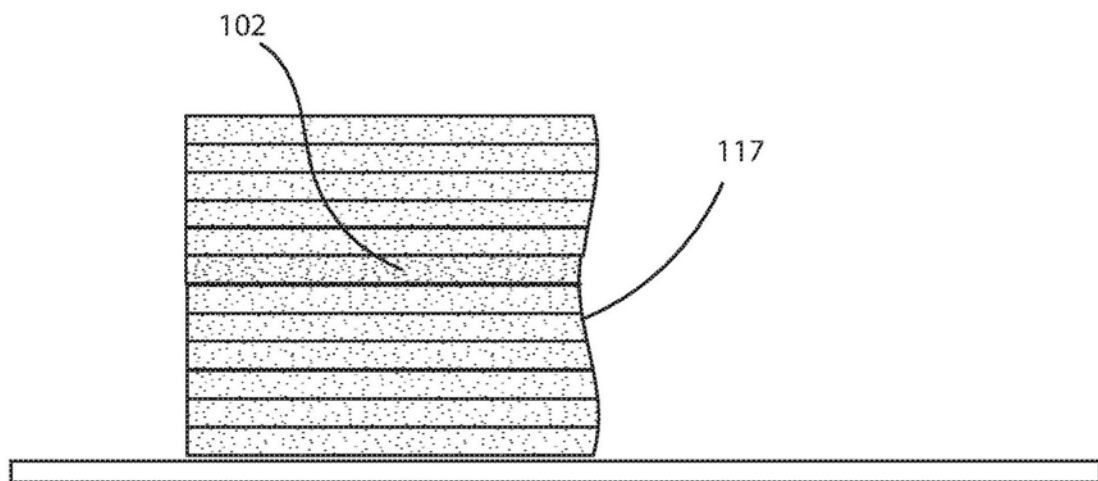


图11

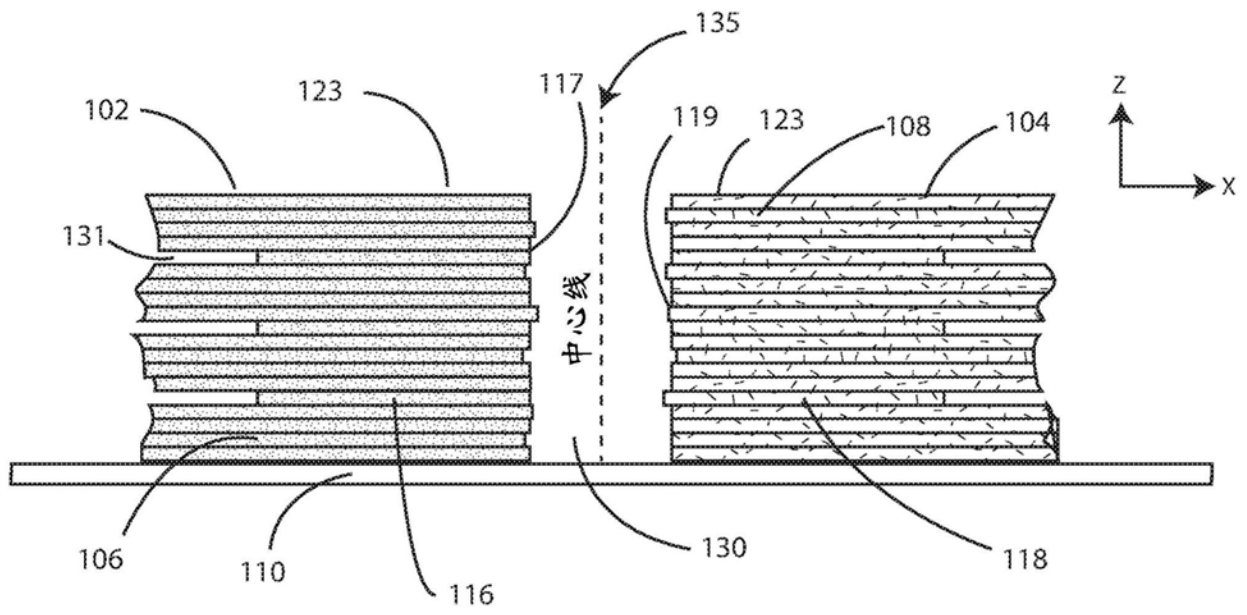


图12

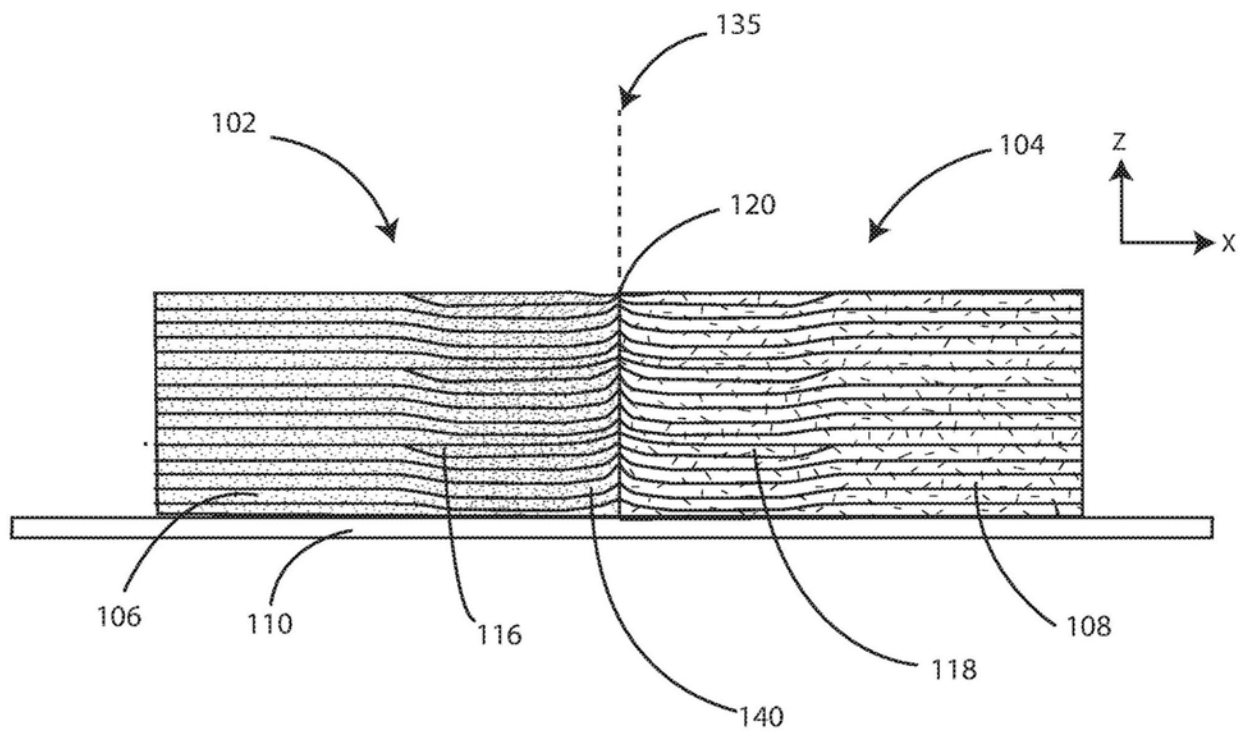


图13

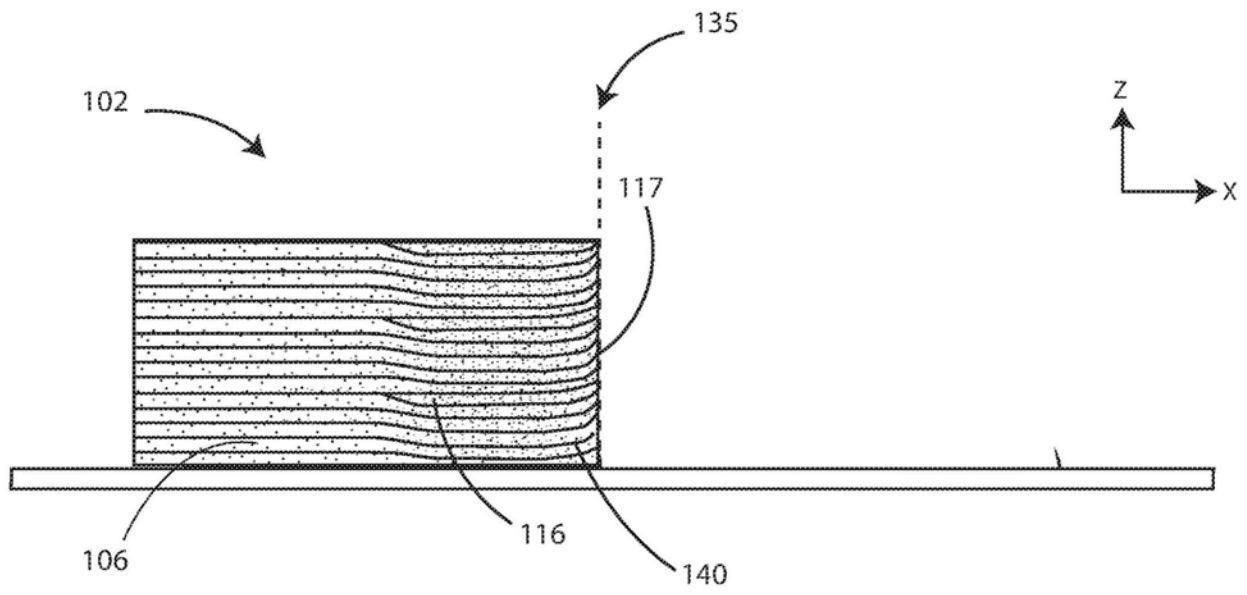


图14

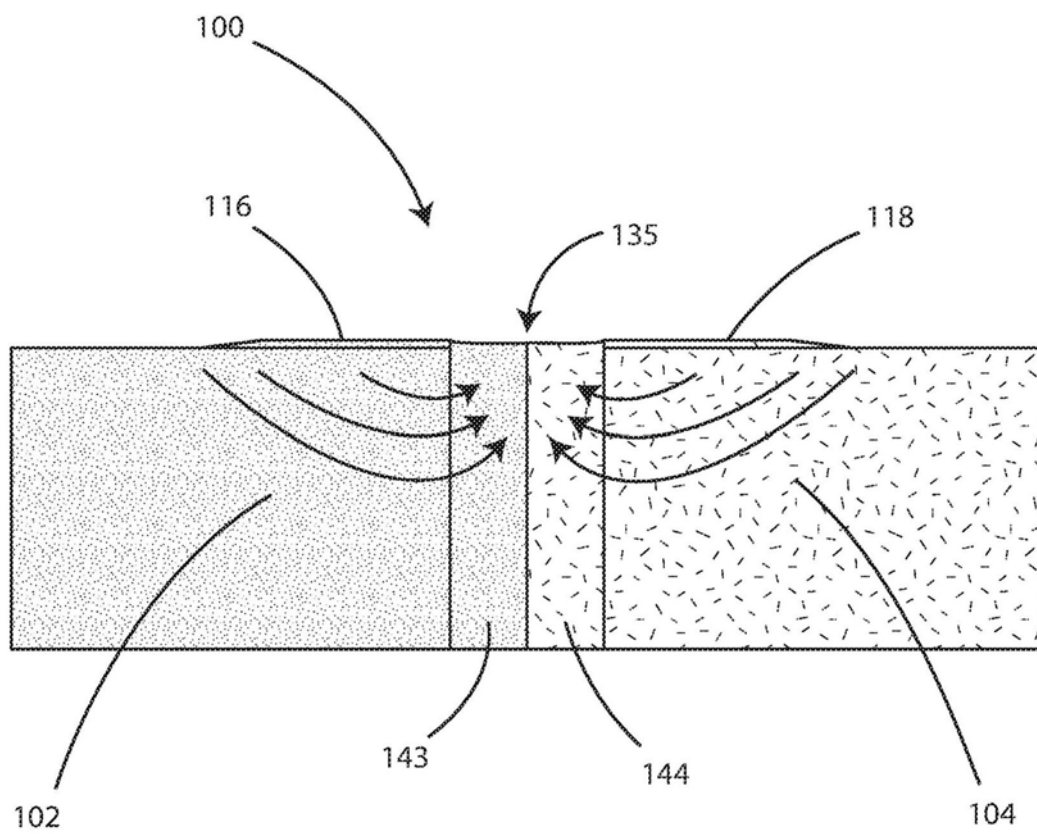


图15

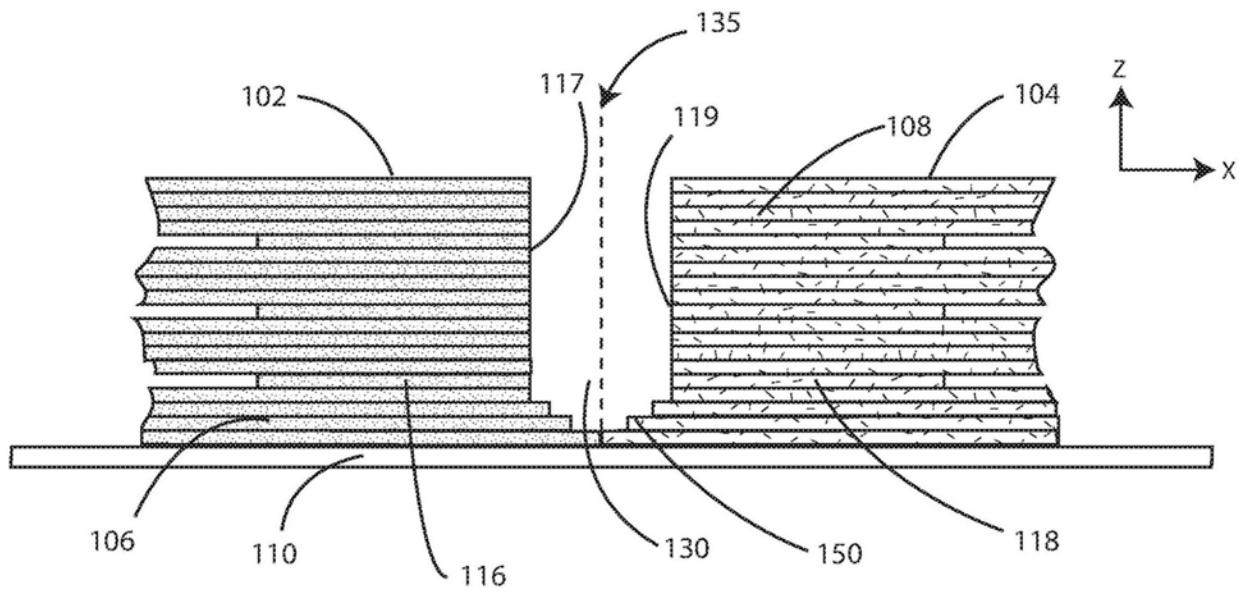


图16

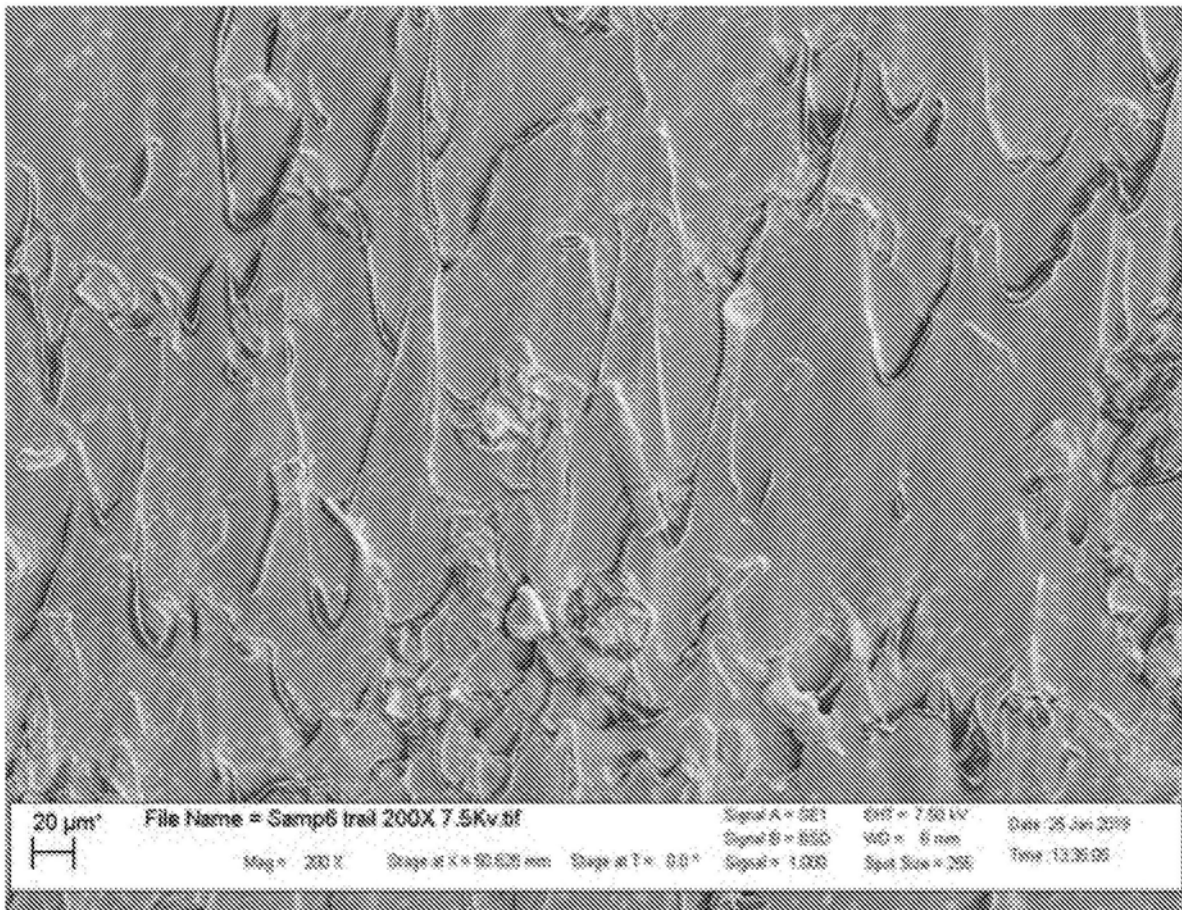


图17

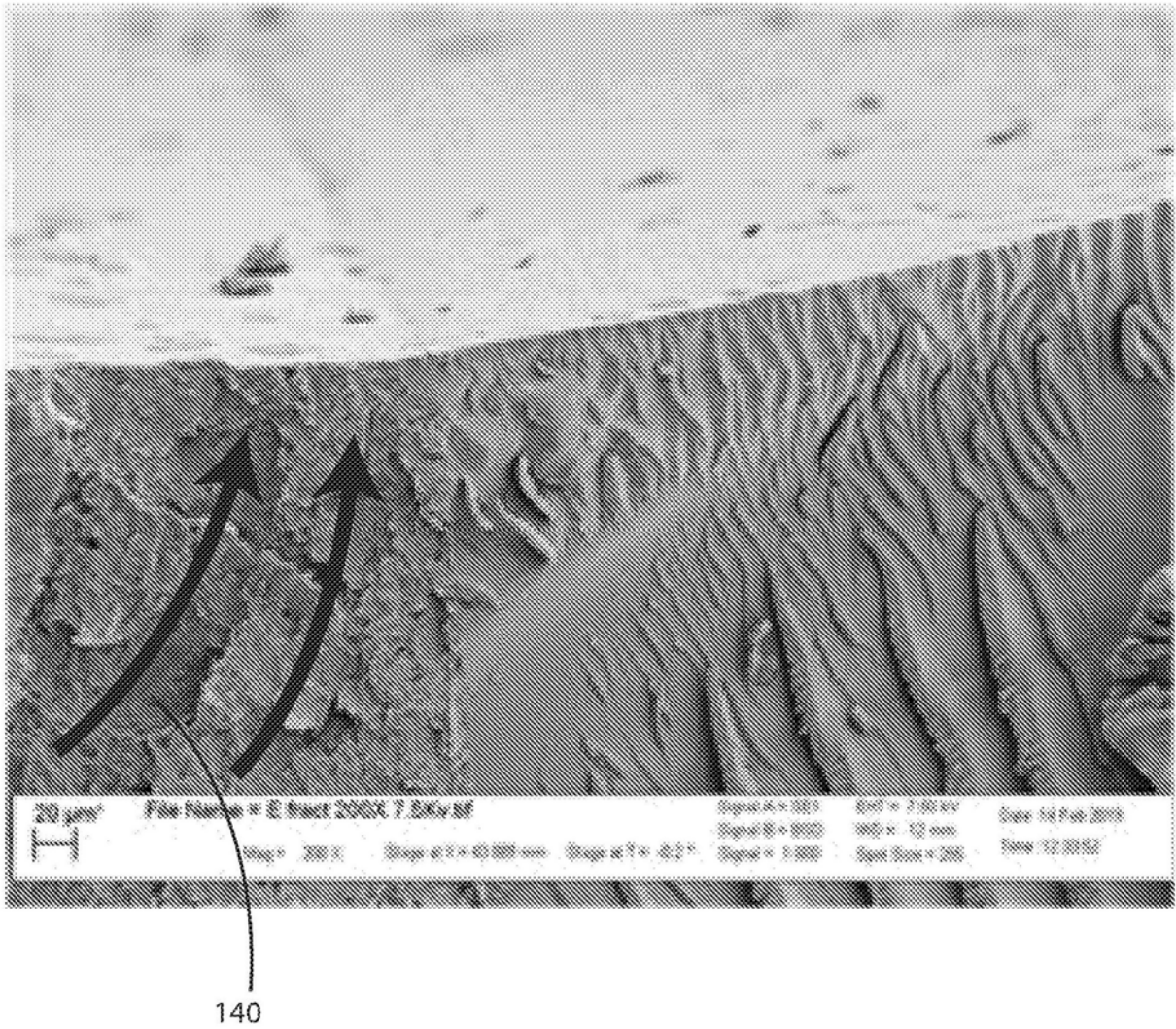


图18