



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104023925 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 03

(21) 申请号 201280054134. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 10. 31

B28B 3/20 (2006. 01)

(30) 优先权数据

B28B 3/26 (2006. 01)

1118807. 5 2011. 11. 01 GB

B28B 17/00 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 05. 04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2012/052717 2012. 10. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/064826 EN 2013. 05. 10

(71) 申请人 拉夫伯勒大学

地址 英国莱斯特郡

(72) 发明人 西门·奥斯汀

理查德·A·巴斯韦尔 索宇·利姆

约翰·韦伯斯特

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限

公司 72003

代理人 聂慧荃 黄艳

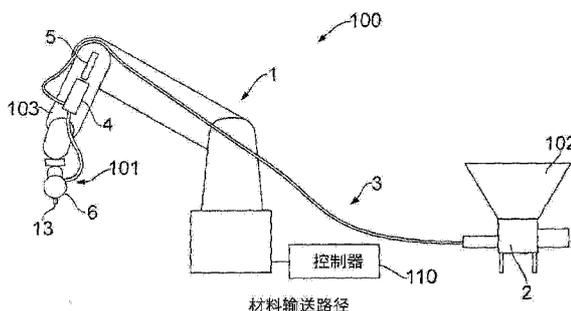
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

输送胶凝材料的方法和装置

(57) 摘要

一种使用胶凝材料执行多层构造方法的装置(100), 该装置具有盛放胶凝材料的储存器(4)。储存器(4) 联接到带有输送喷嘴(13) 的打印头(6)。输送喷嘴(13) 能够被机械手臂组件(1) 移动而使喷嘴(13) 沿预定路径转位。与喷嘴(13) 的转位相关联地控制胶凝材料从储存器(4) 到喷嘴(13) 的流动以及将材料挤出喷嘴(13)。支撑材料、速凝剂和结合材料也可以从打印头(6) 沉积。



1. 一种多层构造方法,其特征在于,每层的构造均包括以下步骤:
提供胶凝材料;
将所述胶凝材料输送到喷嘴;
使所述喷嘴沿预定路径转位;以及
通过将所述胶凝材料从所述喷嘴挤出而将所述胶凝材料施涂到工作表面;
对于所要求的每个另外的构造层,重复这些步骤。
2. 根据权利要求1所述的构造方法,其中,所述胶凝材料为稳定的胶凝材料。
3. 根据权利要求1或2所述的构造方法,其特征在于,所述胶凝材料为混凝土材料。
4. 根据权利要求书1、2或3所述的构造方法,还包括将速凝剂施加到所述胶凝材料。
5. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述稳定的胶凝材料还通过振动、搅拌、混合或任何其它众所周知的方法而被搅动。
6. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中所述喷嘴沿所述预定路径的所述转位是由计算机控制的。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,还包括:与所述胶凝材料的所述施涂大致同时地,在与所述胶凝材料相邻的层中、在不需要胶凝材料的区域施涂支撑材料,使得所述支撑材料与所述胶凝材料一起提供用于下一层的构造的工作表面。
8. 根据权利要求7所述的方法,还包括使所述支撑层暴露到活化剂的步骤。
9. 根据权利要求书7或8中任一项所述的方法,还包括在多个区域处将结合层施涂到所述支撑层的上表面,所述多个区域的随后的层是一个胶凝材料层,或者反之亦然。
10. 根据任一前述权利要求所述的方法,还包括使用一个或多个摄像机来捕捉与所述工作表面的表面纹理和/或变形有关的实时信息,所述信息被用来确定被施涂的当前层所必需的施涂条件。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中所述施涂条件为喷嘴尺寸、喷嘴取向、胶凝材料的流速、喷嘴转位的速度以及施加速凝剂的速率或时刻中的一个或多个。
12. 一种用于执行根据任一前述权利要求所述的多层构造方法的装置,包括:胶凝材料的储存器,所述储存器功能连接至喷嘴;使所述喷嘴沿预定路径转位的装置;用于控制所述胶凝材料从所述储存器到所述喷嘴的流动以及将所述材料挤出所述喷嘴的装置。
13. 根据权利要求12所述的装置,还包括将速凝剂施加到所述胶凝材料的装置。
14. 根据权利要求12或13所述的装置,还包括搅拌装置,所述搅拌装置与所述储存器功能连通以及/或者与位于所述储存器与所述喷嘴之间的所述功能连接装置功能连通。
15. 根据权利要求12至14中任一项所述的装置,还包括计算机控制装置,所述控制装置控制所述喷嘴的转位、所述胶凝材料的流速以及施加所述速凝剂的时刻和速率。
16. 根据权利要求12至14中任一项所述的装置,其中所述转位装置优选地包括机械手臂。
17. 根据权利要求16所述的装置,其中所述机械手臂优选地既能够使所述喷嘴沿三个独立的轴线转位,又能够使所述喷嘴沿多个轴线旋转。
18. 根据权利要求12至17中任一项所述的装置,还包括:支撑材料的储存器,所述储存器功能连接至支撑材料用喷嘴;使所述喷嘴沿预定路径转位的装置;用于控制所述支撑材料从所述储存器到所述喷嘴的流动以及将所述材料挤出所述喷嘴的装置。

19. 根据权利要求 18 所述的装置,还包括用于将活化剂施加到所述支撑材料的装置。

20. 根据权利要求 12 至 19 中任一项所述的装置,还包括:结合材料的储存器,所述储存器功能连接至结合材料用喷嘴;使所述喷嘴沿预定路径转位的装置;用于控制所述结合材料从所述储存器到所述喷嘴的流动以及将所述材料挤出所述喷嘴的装置。

21. 根据任一前述权利要求所述的装置,还包括一个或多个摄像机,所述一个或多个摄像机是不动的并且安装到所述机械手臂,或者能够独立地转位以跟踪所述挤出喷嘴,所述摄像机能够捕捉与纹理、形状或形态的有关信息,所述一个或多个摄像机能够将所述信息传输到所述计算机控制单元,所述计算机控制单元能够解释所述信息,并随后利用所述信息来通知对所述一个或多个挤出喷嘴的控制及所述一种或多种材料从所述一个或多个储存器到所述一个或多个喷嘴的流动。

22. 根据权利要求 12 至 21 中任一项所述的装置,其中所述喷嘴中的任一个或多个包括可振动喷嘴。

23. 根据权利要求 12 至 21 中任一项所述的装置,其中所述喷嘴中任一个包括可变直径喷嘴。

输送胶凝材料的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于胶凝材料的沉积的新式构造技术及执行该技术的装置,这种技术可选地通过以受控方式施加“促凝剂”来进行。本发明还涉及一种用于多层胶凝材料的沉积的装置和技术,所述胶凝材料优选地在其沉积的位置处被进一步配给一个或多个促凝剂成分 (accelerator compound),由此允许在部分固化的胶凝材料上施涂其它多个层,而不会使所述材料在这些另外的一个或多个层的重量作用下过度变形。

背景技术

[0002] 快速原型技术 (rapid prototyping) 在过去的十年中越来越广泛地应用于各工业设计领域,从一种适用领域较窄的技术演变为提供材料选择、分辨率及各种其它要素的多种技术的主流。其中较为常用的技术是立体平版印刷、选择性激光烧结 (SLS) 和熔融沉积建模 (FDM),后两者都是主要使用塑胶材料的叠加式制造技术,FDM 还特别用于快速制造短期或小批量的塑胶部件。

发明内容

[0003] 本发明旨在将快速原型技术所提供的优点应用于产品设计及制造的领域,并将其引入构造领域,切实地提供能够“打印”由胶凝材料形成的大型复杂且不规则的物件和结构的 3D 打印机。

[0004] 目前已进行了若干次尝试来取得本发明所提供的一些优点,然而,所有的方案都有其缺点,且通常在能够制造的物件 / 结构的尺寸以及所述物件 / 结构的复杂性这两个方面中的任一者或两者上都非常受限制。

[0005] 术语“速凝剂”应被理解为包括任何能够经由催化或其它过程来加速胶凝材料的固化 / 凝结的材料 (物质)。

[0006] 术语“缓凝剂”应被理解为是指使胶凝材料的固化 / 凝结迟缓或减慢的材料。这样可延长可加工性的开放时间 (open time) 以及 / 或者改善可加工性的流变性、可挤压性、可打印性及可构建性。

[0007] 术语“胶凝材料”或“灌注材料”应被理解为包括能够以流体状态运送并随后在沉积之后变硬的一种或多种填料和粘结剂形成的任何集聚物 (agglomeration)。

[0008] 术语“稳定的胶凝材料”是指添加了缓凝剂的胶凝材料。

[0009] 术语“支撑材料”是指被临时沉积以用来支撑后续的多个构造的层的材料,所述支撑材料在完成所述构造时被移除,并且可选地为针对后续的再利用而被回收 / 再循环。

[0010] 术语“结合材料 (cartilage material, 软骨材料)”和“结合层”是指这样的材料或层,其被插置于支撑层与胶凝层之间、或者覆盖于完工的表面之上、或者围绕用以使这些层更容易分离的任一内部或外部特征,使建筑部件的表面与其它流体分离 (例如在固化期间使胶凝材料的水分蒸发或其它成分的损失最小化),以提高胶凝材料的表面光洁度以及 / 或者使所述胶凝材料能够产生纹理饰面。这种层可以是临时的或半永久式的,或者可形成

完工的部件的永久特征。

[0011] 术语“工作表面”不仅涉及开始构造的初始表面,而且涉及胶凝材料、支撑材料和结合材料中的任一者或所有的最上部露出层。

[0012] 特别针对胶凝材料与支撑材料的沉积的相互关系描述的术语“大致同时”应被宽泛地解释,因为其不太可能为任何指定的层将需要相同的量、甚至相同的胶凝材料和支撑材料的分布的情况,因此支撑材料沉积而同时胶凝材料不沉积的情形将不可避免,反之亦然,因此这个术语应被理解为推断,胶凝材料与支撑材料的所述沉积可以是同步的(尽管不要求精确的同步性)。

[0013] 术语“活化剂”应被理解为包括任何能够通过催化或其它工艺加速支撑材料的固化/凝结的材料。

[0014] 当使用术语“喷嘴”时,其应被理解为指示单个喷嘴或多个相互接近的喷嘴,因此单数应被解释为也包括复数,反之亦然。

[0015] 本发明克服了现有技术/技术状态的许多缺点,并且在第一方案中提供了一种多层构造方法,每层的构造均包括以下步骤:

[0016] 提供胶凝材料;

[0017] 将所述胶凝材料输送到喷嘴;

[0018] 使所述喷嘴沿预定路径转位;以及

[0019] 通过将所述胶凝材料从所述喷嘴挤出而将所述胶凝材料施涂到工作表面;以及

[0020] 对于所要求的每个另外的构造层,重复这些步骤。

[0021] 优选地,该胶凝材料是稳定的胶凝材料。优选地,在将胶凝材料输送到喷嘴之前并且在将胶凝材料施涂到工作表面之前,该胶凝材料是稳定的。优选地,所述胶凝材料是混凝土材料。

[0022] 优选地,所述方法的特征在于加入如下步骤:将速凝剂施加到所述胶凝材料,所述速凝剂的施加可以在所述胶凝材料的所述挤出之前、期间或之后进行。所述稳定的胶凝材料可以通过振动、搅拌、混合或任何其它众所周知的方法而被搅动,由此减小所述胶凝材料与用以将其输送的装置的内表面之间的摩擦。所述喷嘴沿所述预定路径的所述转位优选由计算机控制。

[0023] 该方法优选地还包括与所述胶凝材料的施涂大致同时地,在相邻的层中、在不需要胶凝材料的区域施涂支撑材料,使得所述支撑材料与所述胶凝材料一起提供用于下一层的构造的工作表面。

[0024] 优选地,所述方法还包括使所述支撑层能够接触(暴露于)活化剂。

[0025] 所述方法可还包括在随后的一层是一个胶凝材料层的多个区域处将结合层施涂到支撑层的上表面。添加所述结合层用于改善胶凝材料的表面光洁度,同时通过使胶凝材料固化时丢失的水分量最小化来改善所完成的结构的结构完整性。

[0026] 该方法可还包括使用一个或多个摄像机来捕捉与工作表面的表面纹理和/或变形相关的实时信息,所述信息被用来确定被施涂的当前层的必要的施涂条件,所述施涂条件是从喷嘴的数量、喷嘴尺寸、喷嘴取向、胶凝材料的流速、喷嘴转位的速率以及施加速凝剂的速度或时刻中选择的。

[0027] 胶凝材料、支撑材料、结合层或材料或促凝剂中任一者的施涂/输送均能够通过

可振动喷嘴或通过可变直径喷嘴的其中之一或两者来执行。

[0028] 本发明的第二方案提供用于执行上述多层构造方法的装置,所述装置包括:胶凝材料的储存器,所述储存器功能连接至喷嘴;使所述喷嘴沿预定路径转位的装置;用于控制所述胶凝材料从所述储存器到所述喷嘴的流动以及将所述材料挤出所述喷嘴的装置。

[0029] 优选地,胶凝材料的储存器包括稳定的胶凝材料的储存器。该储存器可以具有任何能够减缓来自喷嘴的不连续的、但由压力控制的流动的尺寸。优选地,所述装置还包括用于将速凝剂施加到所述胶凝材料的装置。

[0030] 所述装置可还包括搅拌装置,该搅拌装置和所述储存器功能连通,以及/或者和位于所述储存器与所述喷嘴之间的所述功能连接装置功能连通。

[0031] 该装置优选地还包括计算机控制装置,所述控制装置控制所述喷嘴转位、所述胶凝材料的流速以及施加所述速凝剂的时刻和速率。

[0032] 所述转位装置优选地包括机械手臂,所述机械手臂优选地既能够沿三个独立的轴线转位,又能够使所述喷嘴沿多个轴线旋转。

[0033] 该装置优选地还包括:支撑材料的储存器,所述储存器功能连接至支撑材料用喷嘴;使所述喷嘴沿预定路径转位的装置;用于控制所述支撑材料从所述储存器到所述喷嘴的流动以及将所述材料挤出所述喷嘴的装置。

[0034] 优选地,所述装置还包括用于将活化剂施加到所述支撑材料的装置。

[0035] 所述装置还包括:结合材料的储存器,所述储存器功能连接至结合材料用喷嘴;使所述喷嘴沿预定路径转位的装置;用于控制所述结合材料从所述储存器到所述喷嘴的流动以及将所述材料挤出所述喷嘴的装置。

[0036] 在特别优选的实施例中,所述装置还包括一个或多个摄像机,所述一个或多个摄像机或者是不动的并且安装到所述机械手臂,或者能够独立地转位以跟踪所述挤出喷嘴,所述摄像机能够捕捉与纹理、形状或形态相关的信息,所述一个或多个摄像机能够将所述信息传输到所述计算机控制单元,所述计算机控制单元能够解释所述信息,并随后利用所述信息来通知对所述一个或多个挤出喷嘴的控制以及所述一种或多种材料从所述一个或多个储存器到所述一个或多个喷嘴的流动。

[0037] 用于施涂/输送/挤出胶凝材料、支撑材料、结合层或促凝剂的任何一个或多个喷嘴可以是可振动喷嘴或者可变直径喷嘴,或者两者皆可。

附图说明

[0038] 现在将借助示例并参照附图描述本发明的实施例,在附图中:

[0039] 图 1 是用于执行胶凝材料的多层输送的输送装置的示意图;

[0040] 图 2 是与图 1 的输送装置一起使用的结合有两个沉积头的打印头的示意图;

[0041] 图 2a 和图 2b 是示出在沉积期间图 2 的打印头的沉积头的沉积的示意图;

[0042] 图 3 是与用于输送胶凝材料的支撑输送机构一起构成图 2 的打印头的一部分的胶凝材料沉积头的局部剖视示意图;

[0043] 图 3a 是打印头的示意性侧视图;

[0044] 图 4 是适合与图 1 的装置一起使用的促凝剂及结合材料的输送机构、光学测量系统和机器人控制机构的示意图;

- [0045] 图 5 是适合与图 1 的装置一起使用的砂及粘结剂沉积头的示意性剖视图；
- [0046] 图 6 是适合与图 5 的沉积头一起使用的砂输送机构的示意图；
- [0047] 图 7 是适合与图 1 的装置一起使用的胶凝材料搅拌器的剖视示意图；
- [0048] 图 8 是适合与图 2 的打印头一起使用的振动喷嘴的示意图；以及
- [0049] 图 9 是适合与图 2 的打印头一起使用的可变喷嘴的示意图。

具体实施方式

[0050] 图 1 示出用于将胶凝材料输送到喷嘴 13 的输送装置 100, 该喷嘴的空间位置和取向能够以自动机械方式被控制。输送装置 100 执行使用输送泵 2 来将胶凝材料输送到喷嘴 13 的、可被描述为“打印”的工艺过程。与漏斗 102 组合的螺杆泵 2 经由输送管 3 联接到沉积头 6。沉积头 6 安装在机械手臂组件 1 上, 机械手臂组件 1 被配置为向沉积头 6 提供自动化的自由运动。机械手臂组件 1 由主控制器 110 控制。优选地, 机械手臂组件 1 使沉积头 6 能够移动, 即沿所有三个正交轴线一起地或独立地转位, 还允许喷嘴 13 绕所有三个正交轴线旋转而使其具有全部六个自由度。这样, 总体而言, 机械手臂组件 1 提供用于沿预定路径使喷嘴转位的装置。

[0051] 沉积头 6 形成多功能打印头 101 的一部分, 多功能打印头 101 安装在机械手臂组件 1 的最远手臂 103 上。最远手臂 103 还支撑将胶凝材料输送到喷嘴 13 的活塞 5 和储存器 4。在使用中, 螺杆泵 2 将胶凝材料从漏斗 102 通过输送管 3 输送到储存器 4。

[0052] 胶凝材料可被连续地搅动以维持合适的流变状态。储存器 4 可消除将材料输送到沉积头 6 期间螺杆泵 2 所累积的不需要的高压, 以便精确地控制胶凝材料的挤出。胶凝材料优选地从储存器 4 通过活塞 5 输送到沉积头 6, 并以可调节的流速输送到喷嘴 13, 并沿由驱动机械手臂组件 1 的主控制器 110 控制的预限定的路径挤出。优选地在胶凝材料被装载到漏斗 102 中之前, 或者当胶凝材料已在漏斗 102 中时将缓凝剂添加到胶凝材料, 以便提供稳定的胶凝材料的储存器。或者, 缓凝剂可以像稍后所讨论的那样在下游加入。

[0053] 图 2 更为详细地示出打印头 101 以及喷嘴 13 和打印头 101 的多轴线旋转。打印头 101 由马达 7、齿轮箱 8、单向轴承 9、胶凝材料用沉积头 6 (本文也称为“第一”沉积头) 及其喷嘴 13、以及支撑材料用第二沉积头 11 及其喷嘴 12 组成。如图 2a 和图 2b 所示, 打印头 101 可绕与图 2 的附图的平面正交的轴线旋转。机械手臂组件 1 的旋转自由度允许第一沉积头 6 和第二沉积头 11 被定位成用于相对于表面 104 或 105a 或 105b 来沉积材料, 并保持垂直于每个轴线的界线内形成的表面 104、105a、105b 的取向。这使得能够产生凹曲面 105a 或凸曲面 105b, 同时使喷嘴 12、13 与打印面 (例如特别为凹面 105a) 之间的碰撞的风险最小化, 以及允许用于建造水平层 104 的固定竖直取向。

[0054] 图 3 示出打印头 101 和胶凝材料输送机构的进一步的细节。活塞 5 具有被来自进气口 17 的空气驱动的活塞缸 16。活塞缸 16 被构造为经由活塞杆 107 驱动储存器 4 内的活塞头 106。活塞头 106 包括密封环 20 和一个或多个磁体 19, 这些磁体被配置为通过接近磁性开关 22A、22B 来致动这些磁性开关, 以指示活塞头 106 的第一位置和第二位置。配置开关逻辑电路 21 用以监测磁性开关 22A、22B 的状态, 并向主控制器 110 提供反馈。

[0055] 输送管 3 联接到储存器 4 的端部用以输送胶凝材料。打印头 101 上的胶凝材料沉积头 6 通过传输软管 18 联接到储存器 4, 传输软管 18 由夹子 25、27 夹紧到沉积头 6。泵辊

板 (pump roller plate) 23 承载多个辊 24, 并被构造为能绕轴线 108 旋转, 使得每个辊 24 能够相继地将传输软管压靠于弯曲的压力靴 28, 这与蠕动泵的设计类似。

[0056] 在使用中, 通过由进气口 17 喷射空气来驱动活塞缸 16, 向开关 22B 驱动活塞头 106 而输送稳定的胶凝材料, 由此从储存器 4 排出的稳定的胶凝材料通过传输软管 18 并到达沉积头 6。通过使泵辊板 23 上的辊 24 如从图 3 观看的顺时针方向旋转而将传输软管 18 中的胶凝材料挤出, 使胶凝材料通过喷嘴 13 被挤出。当活塞头磁体 19 触发下部开关 22B 时, 开关逻辑电路 21 向主控制器 110 发送信号, 以停止通过进气口 17 喷射空气及通过输送管 3 泵送材料。胶凝材料由此被泵入到储存器 4 中, 从而再充填储存器。该过程可通过将空气喷射入第二进气口 17A, 以向上驱动活塞缸 16 和活塞头 106 来协助进行。在再充填储存器 4 期间, 主控制器 110 也可停止泵辊板 23 的旋转及机械手臂组件的运动, 以允许在储存器再充填完成之后且在重新开始操作以前具有再充填的时间。可以在装填储存器 4 时将缓凝剂添加到胶凝材料。

[0057] 活塞优选地被布置为向沉积头 6 和 / 或喷嘴 13 提供恒压。该功能也可由用以控制从储存器或供给源到沉积头和 / 或喷嘴的材料的压力及流动的任何合适机构来执行。例如, 可使用基于气囊或膜片的系统。

[0058] 主控制器 110 大体上与控制喷嘴 13 的运动或转位相一致地控制胶凝材料经由该喷嘴的流速。

[0059] 图 3 还在套印于其中的示意图 3a 中示出打印头 101 的正视图, 在该图的主体部分中描绘了打印头 101 的端部剖视图。

[0060] 刚刚描述的输送机构所用的胶凝材料可以是如前文所论述的任一种合适的材料, 但应优选地根据例如下列标准来研制: 可加工性、可泵送性、可挤压性、可打印性和可构建性, 针对三维混凝土打印工艺进行优化。

[0061] 图 4 描绘了使用光学测量设备 32 的实时反馈系统, 还示出用于输送促凝剂和 / 或结合材料的打印头 101 的进一步特征。

[0062] 反馈系统包括光学传感器 32、测量结果处理器 33 和机械手臂组件 1 的主控制器 110 用接口 34。光学传感器可包括一个或多个摄像机, 该摄像机用于观察通过从沉积头 6、11 中的任一者挤出而累积成的材料层。光学传感器 32 (或多个传感器) 可以是不动的, 或者是安装到机械手臂组件 1 的一部分上, 或者可安装到打印头 101。或者, 可将上述一个或多个光学传感器 32 安装到可单独移动的或可转位的结构, 例如安装在单独的轨道或机械手臂上。光学传感器 32 (例如摄像机) 优选地被配置为用以捕捉通过沉积头 6、11 中的任一个或两个沉积的材料的纹理、形状或形态的信息。

[0063] 在使用中, 反馈系统可测量沉积期间挤出的滴 (例如胶凝材料或稍后描述的其它材料) 的连续度、宽度、高度和反射率之中的某些或全部, 以及之前构建的层的任何垂直变形、水平变形或其它变形。该反馈系统还可监测与表面光洁度和纹理以及挤出的滴的三维位置相关的信息, 以及 / 或者先前参照计算机模型产生的指令建造的各层的信息。这类信息在测量结果处理器 33 中被实时处理, 而通过控制机械人接口 34 和系统暂停等等, 设定参数的任何变化可造成的沉积方法、泵速度、行进速率的改变。随着材料沉积, 设定参数的变化可能变得“频繁 (on the fly)”, 因此具有对输送装置的实时反馈, 以控制对当前所沉积的层进行沉积所用的当前的参数。或者, 可利用设定参数的变化来控制未来的参数 (例如下

一个沉积的层的参数),以便“校正”或“修整”从之前的一个或多个层的预期轮廓的偏离。设定参数的变化可包括沉积装置(例如泵或喷嘴或机械手臂组件)的任一操作参数,以控制被沉积的材料流速、高度或位置。

[0064] 打印头 101 或输送机构可还包括促凝剂(速凝剂)用容器 29 和结合材料用容器 30。每个这些容器 29、30 通过输送管 111、112 和电磁阀 31 联接到喷嘴 35,该电磁阀 31 受测量结果处理器 33 的控制。喷嘴 35 可与呈多室喷嘴形式的胶凝材料喷嘴 13 一体形成。或者,喷嘴 35 可邻近胶凝材料喷嘴 13 或与该喷嘴同心地设置,例如形成护罩。

[0065] 速凝剂和 / 或结合材料可因此通过喷嘴 35 输送,喷嘴 35 与胶凝材料喷嘴 13 同轴、邻近胶凝材料喷嘴 13 或至少部分围绕胶凝材料喷嘴 13 设置(或者是这些设置方式的组合)。速凝剂喷嘴和 / 或结合材料喷嘴 35 可包括围绕胶凝材料喷嘴 13 的周向护罩,或者可结合到胶凝材料喷嘴 13 内。这使得结合材料能够与胶凝材料同时累积成层或者散布在胶凝材料中,或者成为该胶凝层或每个胶凝层的基层、中间层或保护层。例示出的结合材料可包括胶乳、明胶、乙烯基、金属(例如用于导电性、精整或结构的增强)、膨胀泡沫材料(例如用于热绝缘)、树脂、粉末、织物、染料、墨水及其它表面光洁度或属性提高的材料。

[0066] 在使用中,电磁阀 31 控制通过喷嘴 35 沉积的促凝剂和结合材料从容器 29、30 的输送。图 4 的用于输送促凝剂和结合材料的系统被示出为重力供给系统。然而,还可以将这些系统中的任一个更换为泵系统。例如,蠕动泵可使促凝剂或结合材料中的任一者或两者定量输送到喷嘴 13。

[0067] 这样,总体而言,容器 29、阀 31、输送管 111 和喷嘴 35 或 13 提供用于将速凝剂施加到稳定的胶凝材料的例示性装置,而主控制器 110、接口 34 例示了用以控制速凝剂的时刻、流速和施涂速率的装置。

[0068] 用于建造(胶凝)材料的促凝剂可包括含硫的铝盐和二乙醇胺,并可以选择为控制胶凝材料的凝结时间。促凝剂可与缓凝剂混合,例如由氨基三亚甲基膦酸、柠檬酸和甲醛形成,以确保足够的开放时间,从而确保层的可构建性。优选地,一些缓凝剂与漏斗 102 中设置的胶凝材料预先混合并输送到沉积头 6。这样为胶凝建筑材料的使用提供了更长的开放时间。优选地,促凝剂的添加晚于缓凝剂(例如在喷嘴 13 处添加),以缩短材料沉积之后的强化时间。

[0069] 图 4 的容器 29、30 中的促凝剂和结合材料可在容器 29 和 30 中被保持在低压下。当电磁阀 31 被供电以使材料能够从每个容器 29 或 30 通过该电磁阀进入喷嘴时,之前铺设的表面的沉积物被涂覆来自所选择的容器 29、30 的材料。如前面提到的,喷嘴 35 可包括护罩,该护罩可由该喷嘴中一单独的部分构成,并且该喷嘴是可旋转的,以便顺着沉积头 6 取向为沿着被构造的工件的行进方向。这样,在大体方案中,结合了容器 29、30、电磁阀 31、输送管 111、112 以及喷嘴 13、35 的打印头 101 设有速凝剂用储存器、结合材料用储存器以及将速凝剂和结合材料输送到喷嘴(用以从喷嘴挤出)的装置。

[0070] 图 5 示出支撑材料用沉积头 11 的进一步细节。例示出的支撑材料可以是粘结剂和砂。粘结剂被储存于粘结剂容器 36,该粘结剂容器通过粘结剂泵 37 和混合室 115 的粘结剂进入点 38 联接到混合室 115。支撑材料(例如型砂)可通过合适的容器(图中未示)的砂进入点 39 输送。混合室 115 包括用于将砂与粘结剂混合的混合浆 41、42。浆 41、42 被合适的马达 46 和轴 117 旋转,它们还旋转喷嘴 12 内的防沉积杆 66。板 43A、43B 具有孔 43。

[0071] 在使用中,混合后的砂和粘结剂经过板 43A、43B 的孔 43,孔 43 的尺寸是可调节的,以调控混合材料通过该孔落下的速度,进而控制混合室中的混合时间,以便保持混合度。混合材料随后通过喷嘴 12 被挤出。混合室 115 中的支撑材料的量由定量(计量)单元 40 控制,该定量单元 40 包括具有缝隙 119 的旋转缸 118,而支撑材料的流速由可变磁阻拾音器(pickup, 捡拾器)47 和泵速度控制电路 48 测量和控制。随着轴 117、混合浆 41、42 和防倒伏杆 66 旋转,可变磁阻拾音器根据旋转的速度而生成可变频率信号。通过可变磁阻拾音器的测量也可以由其它设备来产生,例如霍尔效应设备或光学设备。这种可变频率信号被供给到频率-电压转换器,然后供给到脉宽调制(PWM)电路以驱动粘结剂泵 37。粘结剂泵优选为从动,以便维持期望的或恒定的砂与粘结剂的比率。防倒伏杆 66 的旋转防止了残余物在喷嘴 12 内累积。

[0072] 总体而言,混合室 115 提供一支撑材料用例示性储存器,用于(将支撑材料)输送到喷嘴 12,主控制器 110 还进一步控制支撑材料通过马达 46 和粘结剂泵 37 到喷嘴的流速。

[0073] 用于支撑材料的促凝剂或“活化剂”可通过促凝剂输送管 44 输送到喷嘴 12。如图所示,喷嘴 12 可以是多端口喷嘴并可包括护罩喷嘴装置 45,以输送用于支撑材料的活化剂。活化剂因此可通过喷嘴 45 输送,该喷嘴 45 与支撑材料喷嘴 12 同轴、邻近支撑材料喷嘴 12 或至少部分围绕支撑材料喷嘴 12(或者是这些设置方式的组合)。在如图所示的一种设置方式中,活化剂喷嘴 45 可包括围绕支撑材料喷嘴 12 的周向槽。另一种设置方式可以是将活化剂混合到支撑材料喷嘴 12 内的支撑材料中。

[0074] 上述的这些设置方式理想地适于分配型砂或其它的借助例如 CO₂ 之类的气体材料凝结的合适的粉末状材料。例如由沉积头 11 产生的将来自进入点 39 的砂与来自粘结剂容器 36 的湿的粘结材料(例如水)混合而成的潮湿的砂借助 CO₂ 凝结。这使得支撑材料能够以与胶凝材料相似的方式便利地累积成层。如前文所论述的,可使用能够在沉积之后(例如项目构造之后或者后来的胶凝材料层沉积之后)移除并且可以再循环的支撑材料。例如,在其后的工艺阶段期间,能够利用水冲掉砂基支撑材料。

[0075] 例示出的用于支撑材料的活化剂可以是二氧化碳(CO₂),其在低压之下施加于混合支撑材料,其通过造成干燥脱水来加速硅砂与硅酸钠之间的反应。促凝剂可从配备有 6mm 管 44 的外部缸(图中未示)输送,穿过电磁阀(图中未示)经由护罩 45 离开喷嘴 12。因此,支撑材料能够在沉积期间被启用。

[0076] 图 6 示出用于输送支撑材料的砂成分的机构的进一步的细节。利用低压压缩空气(其通过气动测量仪 58 和针阀 50 被加入)从散装容器 49 吹送支撑材料(例如干硅砂)通过输送管 55 进入到靠近机械手臂组件 1 的最末端安装的小储存器 56,从储存器 56 排放的空气由针阀 52 和气管 54 调节,以降低干砂(输送)到支撑材料用沉积头 11 的速率。在支撑材料沉积的不使用期间,当储存器 56 被充满时,使用针阀 51 和空气管 53,装配到储存器 56 上的重量传感器停止砂的流动。散装容器 49、粘结剂容器 36 和混合室 115 中的任一个或多个也可以作为支撑材料的储存器的示例。

[0077] 前面说明的,胶凝材料可被搅动以保持新鲜。图 7 描绘了使胶凝材料能够连续或周期性搅拌的搅拌器装置 120 的细节。搅拌器装置 120 可布置在胶凝材料输送路径的任何合适的位置,例如布置在图 1 中所示的漏斗 102 和螺杆泵 2 组件或其下游。胶凝材料被输送到包括混合或搅拌浆 62 和振动器 65 的容器 59。混合或搅拌浆 62 可通过轴 61 被马达

60 旋转。容器 59 中的材料的搅拌通过驱动轴 61 的马达 60 和混合浆 62 来执行, 以及通过振荡容器 59 的振动器 65 来执行。浆 62 具有特定的表面积, 因此其需要一定的力来使其移动。代表材料的刚性的力能够由转矩测量单元 63 来测量。力测量结果处理器 64 监测所要求的旋转浆 62 的转矩, 并调整过程参数以及振动器 65 的频率和振幅, 以便有助于胶凝材料的流动。

[0078] 这样, 总体而言, 搅拌浆 62 和 / 或振动器 65 例示出了适合搅拌胶凝材料或稳定的胶凝材料的搅拌装置。

[0079] 图 8 示出振动喷嘴装置 121, 振动喷嘴装置 121 被构造为能够随着材料的沉积而使材料变得坚实, 改善了湿材料的中间层黏合并提高了表面光洁度。振动喷嘴装置 121 能够被布置为用于沉积建造 (胶凝) 材料或支撑材料, 即其能够结合到图 2 和图 3a 中的喷嘴 13 或喷嘴 12 中。

[0080] 图 8 的范例示出用作胶凝材料喷嘴的振动喷嘴装置 121。胶凝材料可通过软管 18 或其它管路 (例如经由辊泵 24) 被输送。软管 18 被保持在喷头头部 122 中并被振动器 123 竖直振动 (如示意图中的取向), 即振动发生在平行于软管的长轴的方向和挤出的方向。振动器 123 可通过电线 67 压电堆叠连接至电源。当振动器 123 保持固定时, 为了使振幅更大, 还可以或者可选地使用音圈或机械运动。还可以或者可选地使用超声振动施加到沉积头喷嘴, 以获得更小振幅进而用于精确的材料控制。

[0081] 这样, 总体而言, 图 8 提供可振动喷嘴。该可振动喷嘴可配置为使喷嘴沿平行于喷嘴轴线的方向振动。本文中喷嘴轴线对应于软管的纵轴线以及挤出方向。振动喷嘴可改善通过喷嘴挤出的材料的流动和 / 或压实挤出的材料。可振动喷嘴可配置为使喷嘴沿与喷嘴轴线正交的方向振动。这样可导致表面质量不同, 无需表面压实。

[0082] 图 9a 和图 9b 示出配置为提供可变的滴尺寸和可变的滴纵横比的可变直径喷嘴 130。这样允许了一定几何形状的更高的填充密度, 并提供迅速的动力系统响应。

[0083] 可变直径喷嘴 130 能够被布置为用于沉积建造 (胶凝) 材料或支撑材料而, 即其能够结合到图 2 和图 3a 的喷嘴 13 或喷嘴 12 中。

[0084] 图 9a 和图 9b 的示例示出了用作胶凝材料喷嘴 13 的可变直径喷嘴 130。胶凝材料可通过软管 18 或其它管路 (例如经由辊泵 24) 输送。软管 18 联接到喷嘴 130 中的软管壳体 132, 软管具有多级轴向槽 131, 其被切割成使关闭运动最大化。如图 9a 和图 9b 所示, 轴向槽 131 优选地还稍微向软管的长轴倾斜, 并且优选地还稍微向软管的径向倾斜。

[0085] 马达和齿轮箱 68 被联接以旋转小齿轮 69, 该小齿轮 69 啮合并转动附接到关闭块 71 的环形齿轮 70。螺纹 73 联接环形齿轮 70 和关闭块 71。当上述关闭块和喷嘴 13 利用螺纹 73 而相对于彼此轴向移位时, 每个环形关闭块 71 和软管壳体 132 上互补的锥形轮廓 75 使软管壳体 132 的远端 72 被压缩。这导致软管壳体 132 和软管 18 的该端部的半径减小或增大, 由此限定可变直径喷嘴 130。

[0086] 可以设想允许对喷嘴的形状 / 横截面轮廓进行改变的可变直径喷嘴的另外的设置方式。因此, 用语“可变直径”喷嘴旨在涵盖喷嘴端的至少一个横截面的尺寸能够变化的喷嘴。横截面的轮廓并非必须为圆形或椭圆形, 而是可以为矩形或其它多边形。软管中并非必须具有槽, 而是可以根据软管材料的可挠性、塑性或弹性而收缩或扩张。

[0087] 当待沉积的材料层要求形成一个或多个滴, 并要求这些滴比被打印的材料层的标

准滴的尺寸更小或最窄时,可变直径喷嘴(其孔口能够自动调整形状和/或尺寸从而以受控和连续的方式改变挤出材料的横截面轮廓)能够尤其有用。这样可避免当要求不同分辨率的打印滴(printed bead)时保留多个局部间隙或更换喷嘴的需要。

[0088] 主控制器 110 可用于根据从光学传感器 32 接收的信息/反馈(例如材料流到喷嘴 12、13、35、45 的流速及由此处的挤出速率)来控制输送装置 100 的任一功能。可使用其它类型的适合监测由装置 100 打印的层的纹理、形状或形态的传感器来取代或补充一个或多个上述光学传感器。例如,可以使用利用电磁波谱的其它部分或超声的传感器。

[0089] 尽管通过具有枢转部段的机械手臂总体上例示出了用于使喷嘴沿预定路径转位的装置,但也可以通过任何合适的机械手臂组件或者能够操纵喷嘴 12、13、35、45 到空间中的所需的位置和所需的角位置(angular presentation)的结构来执行该功能。例如,可使用吊架系统为打印头 101 提供 x-y-z 坐标台。该吊架系统可包括四个柱及两个竖直行进的支承梁。这两个支承梁进而支撑第三梁,该第三梁沿一水平轴线行进并支撑打印头。该打印头则能够顺着第三梁沿另一个水平方向行进。当然,也可采用其它设置方式。

[0090] 主控制器 110 优选地为计算机控制装置,尽管所应用特定电路可替代或另外布置。主控制器可以是单个中央单元,或者可以被分配在装置 100 的各个零部件之中。

[0091] 尽管该优选实施例的胶凝沉积头喷嘴 13 和支撑材料沉积头喷嘴 12 被示出为在打印头 101 上具有不同的角度显示(图 2),使得它们每个都能够旋转对在表面 104 上沉积的位置(图 2a 和 2b),但应理解的是,胶凝材料喷嘴 13 和支撑材料喷嘴 12 还可设置为相同取向,并可相互紧邻,以便提供例如同时沉积或者在胶凝材料与支撑材料的沉积之间更快速地切换。

[0092] 在“打印”型工艺中能够实现胶凝材料和支撑材料的输送,其优点在于,能够将体积和质量减小或最小化的胶凝材料输送到使用点,减少成本并缩短建造与后处理的时间、清理和再循环(回收)时间。能够分别优化胶凝材料和支撑材料的输送路径,以便输送到同一打印头并从该打印头被输送。这样就能够形成包括中空面板的结构和部件以及双重弯曲的结构。沉积工艺能够与其它表面预加工或表面处理技术相结合,这些技术例如用于形成光滑表面(如填压法或者通过振动/振荡器械、空气喷射及其组合)。

[0093] 其它的实施例均应被涵盖于随附的权利要求书的范围内。

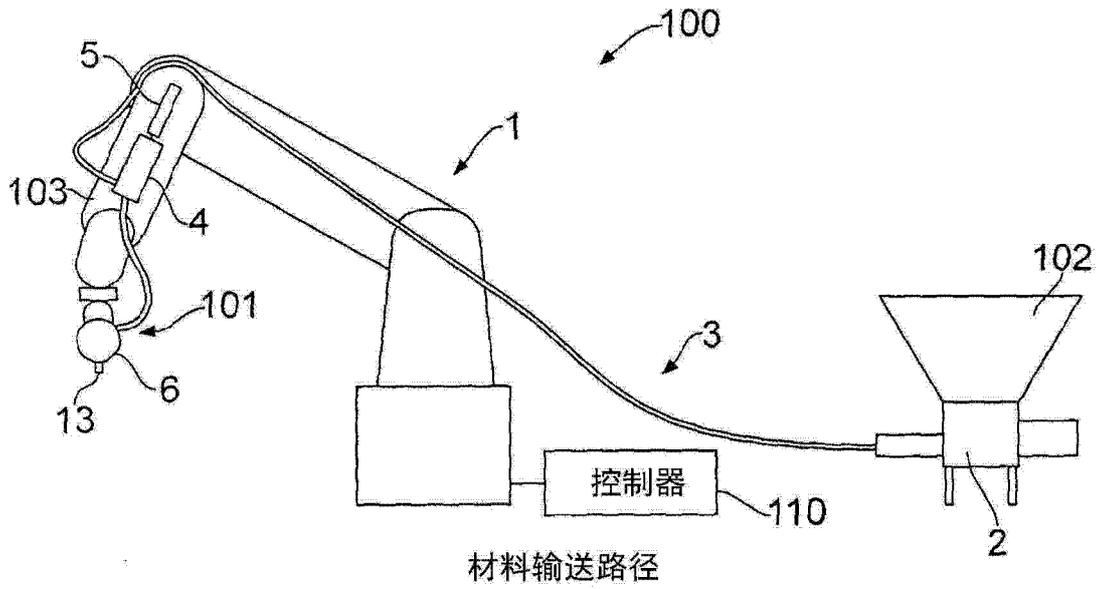
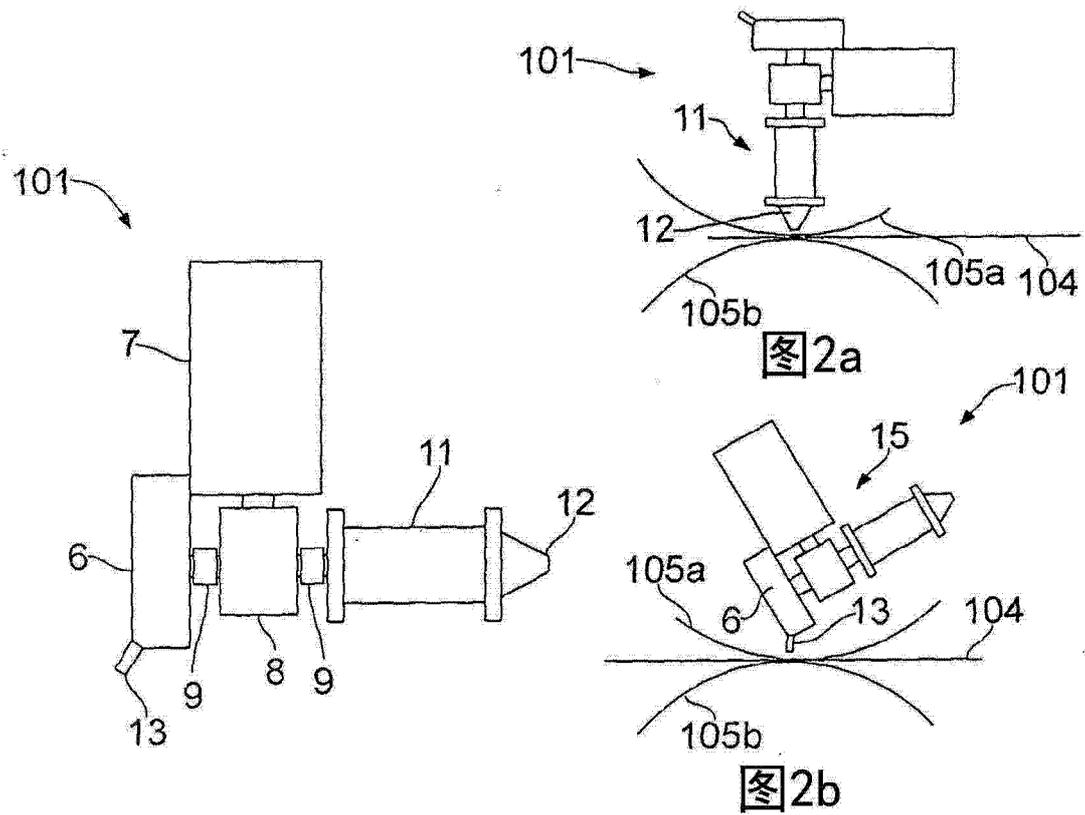
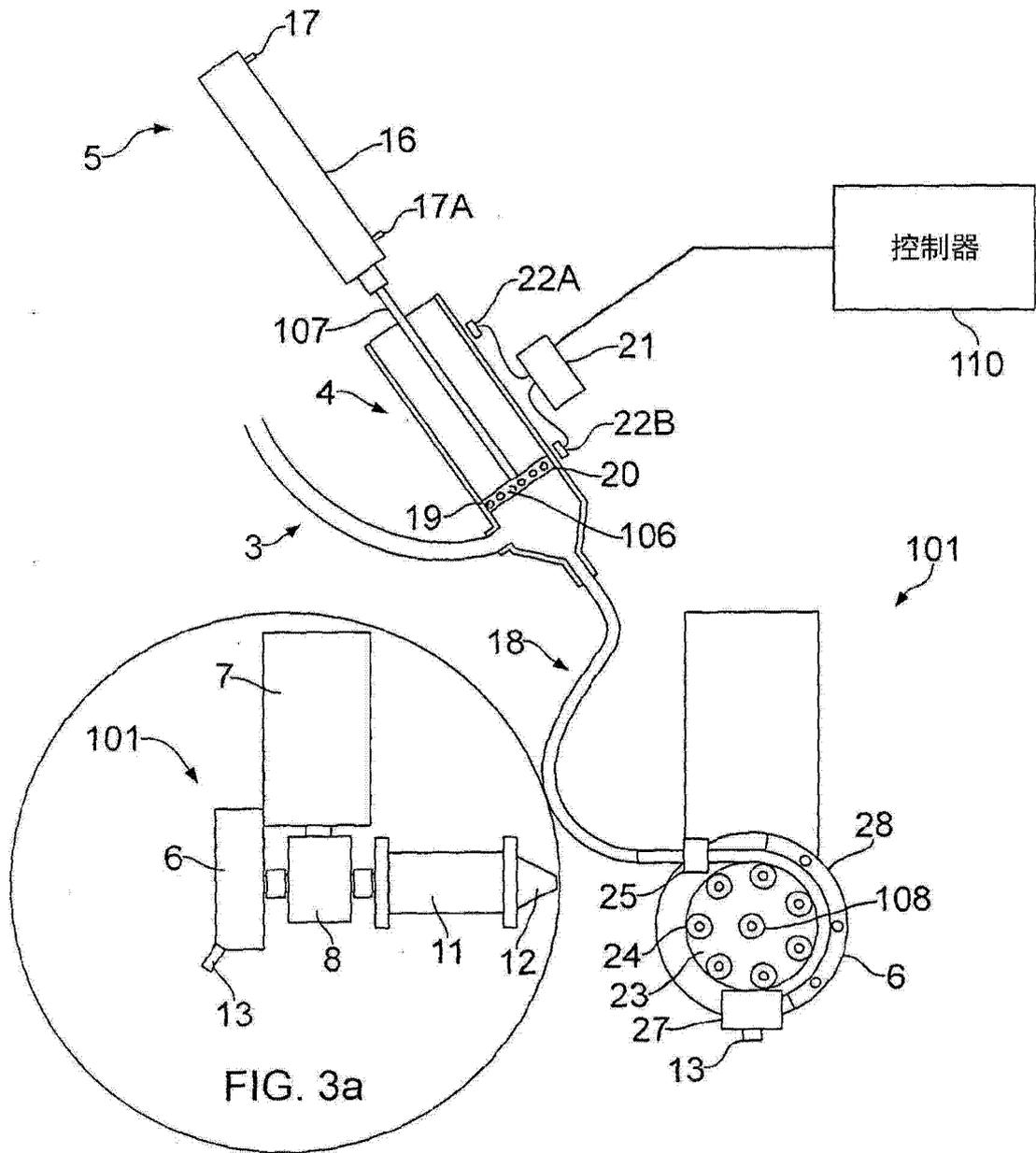


图 1



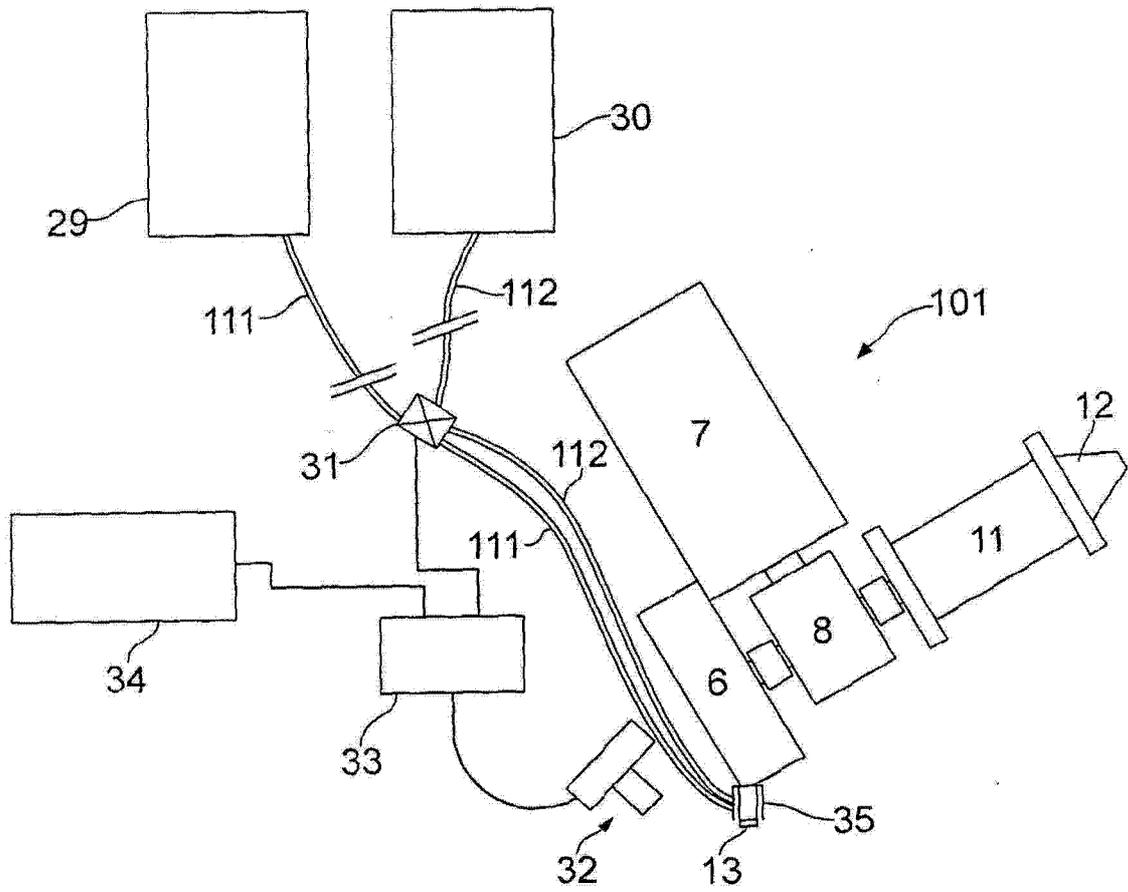
双头取向

图 2



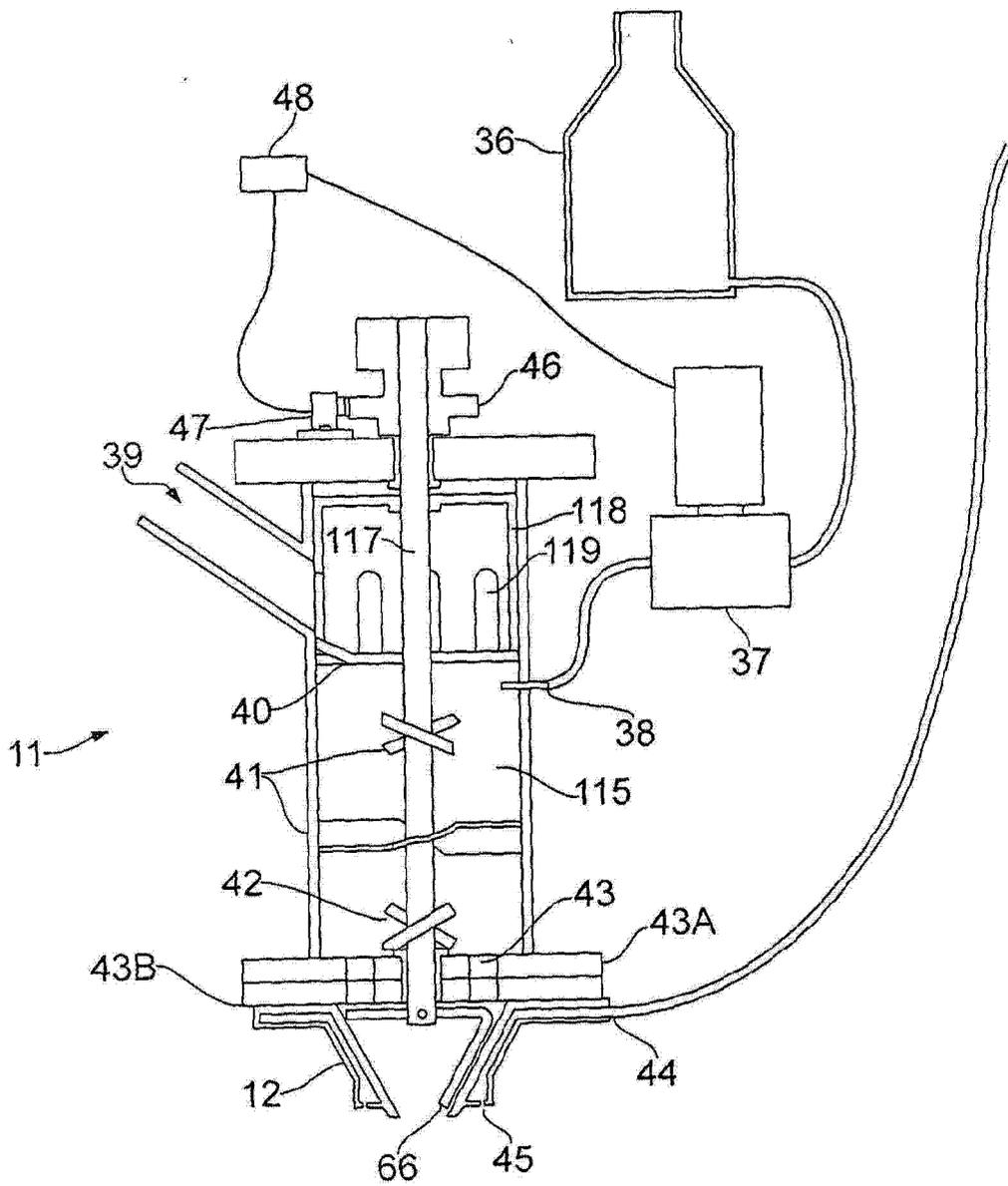
建造(胶凝)材料的沉积机构

图 3



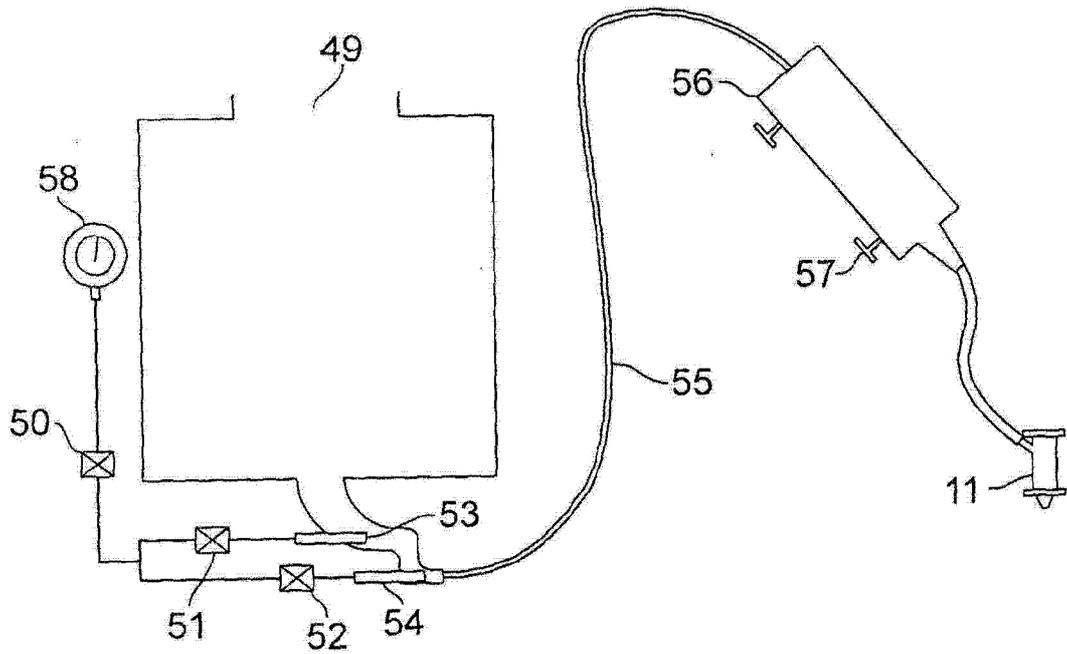
光学反馈机构

图 4



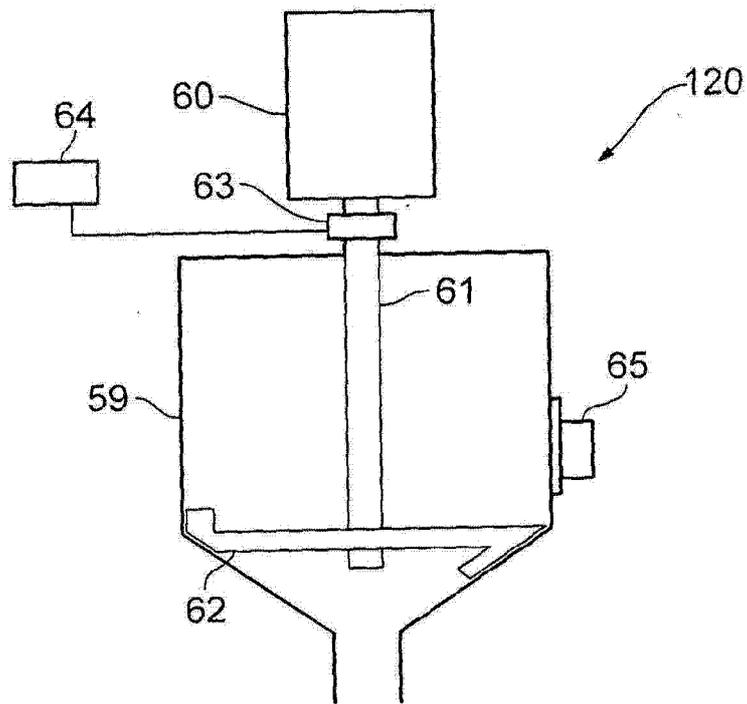
砂沉积头

图 5



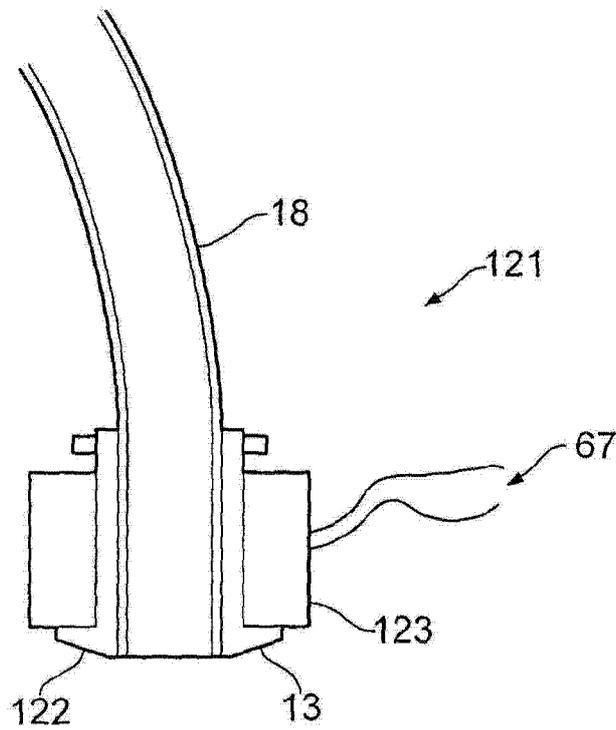
砂输送机构

图 6



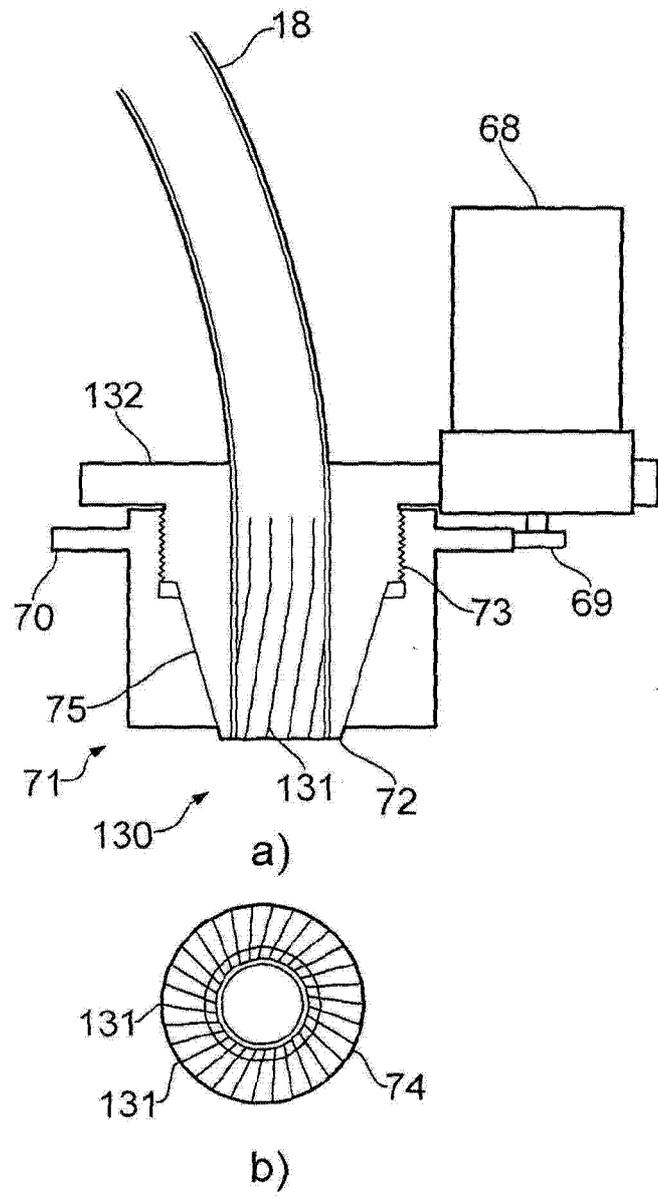
胶凝材料搅拌器

图 7



振动喷嘴

图 8



可变喷嘴

图 9