[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G06F 7/60
G06F 17/10 G06F 19/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02809692.4

[43] 公开日 2004 年 12 月 1 日

[11] 公开号 CN 1552017A

[22] 申请日 2002.4.15 [21] 申请号 02809692.4
[30] 优先权
[32] 2001. 5.11 [33] US [31] 09/854,220
[86] 国际申请 PCT/US2002/011714 2002.4.15
[87] 国际公布 WO2002/093360 英 2002.11.21
[85] 进入国家阶段日期 2003.11.11
[71] 申请人 斯特拉塔西斯公司
地址 美国明尼苏达州
[72] 发明人 W·R·J·普列德曼

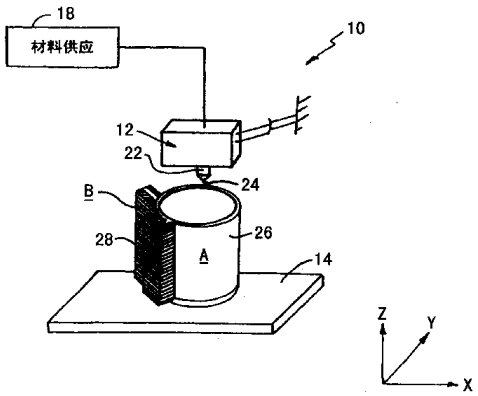
[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 陈长会

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 1 页

[54] 发明名称 三维造型的材料和方法

[57] 摘要

公开了用熔融堆积造型技术建造三维模型及其支撑物使用的高性能热塑性材料。用于建造模型(26)的造型材料由热挠曲温度高于 120℃的热塑性树脂组成。能自层合的和造型材料粘合较弱的无定形热塑性树脂具有与造型材料类似的热挠曲温度，抗张强度在 34 – 83MPa(5000psi – 12000psi)之间，组成用于建造支撑结构(28)的支撑材料。在优选方案中，组成支撑材料的热塑性树脂选自聚亚苯基醚和聚烯烃的混合物、聚苯砜和无定形聚酰胺的混合物、聚苯砜和聚砜以及无定形聚酰胺的混合物组成的组中。



ISSN1008-4274

1．一种制造三维物体的方法，在第一个挤出温度下以预定图案分配熔融的第一种可热固化的材料以限定所述三维物体，配合以在第二个挤出温度下分配熔融的第二种可热固化的材料以限定用于所述三维物体的支撑结构，其特征在于包括以下步骤：

提供包含第一种热塑性树脂且热挠曲温度大于 120℃的造型材料作为第一种可热固化的材料；

提供一种包含选自聚亚苯基醚和聚烯烃的混合物、聚苯砜和无定形聚酰胺的混合物、聚苯砜和聚砜以及无定形聚酰胺的混合物组成的组中的第二种热塑性树脂的支撑材料作为第二种可热固化的材料。

2．根据权利要求 1 的方法，其特征在于，支撑材料包含至少 70wt%的第二种热塑性树脂。

3．根据权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于，组成造型材料的第一种热塑性树脂选自聚碳酸酯树脂、聚苯砜树脂、聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂组成的组中。

4．根据权利要求 3 的方法，其特征在于，造型材料包含可达约 20wt%的填充物。

5．根据权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于，支撑材料包含至少 70wt%的第一种热塑性树脂。

6．根据权利要求 1 的方法，其特征在于，第二种热塑性树脂为聚亚苯基醚和聚烯烃的混合物，第一种热塑性树脂选自聚碳酸酯树脂或聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂组成的组中。

7．根据权利要求 6 的方法，其特征在于，第二种热塑性树脂为聚亚苯基醚和高冲击聚苯乙烯的混合物。

8．根据权利要求 6 的方法，其特征在于，支撑材料包含约 50-90wt%的聚亚苯基醚和约 10-50wt%的聚烯烃，造型材料包含至少 70wt%的聚碳酸酯。

9．根据权利要求 6 的方法，其特征在于，支撑材料包含约 40-80wt

%的聚亚苯基醚和约 20-60wt%的聚烯烃，第一种热塑性树脂为聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂。

10．根据权利要求 1 的方法，其特征在于，第二种热塑性树脂选自聚苯砜和无定形聚酰胺的混合物、聚苯砜和聚砜以及无定形聚酰胺的混合物组成的组中，第一种热塑性树脂为聚苯砜树脂。

11．根据权利要求 10 的方法，其特征在于，第二种热塑性树脂为聚苯砜、聚砜和无定形聚酰胺的混合物，包含约 60-90wt%的聚苯砜、约 1-40wt%的聚砜和约 10-40wt%的无定形聚酰胺混合物。

12．根据权利要求 10 的方法，其特征在于，第二种热塑性树脂为聚苯砜和无定形聚酰胺的混合物，包含约 60-90wt%的聚苯砜和约 10-40wt%的无定形聚酰胺混合物。

13．根据权利要求 1 的方法，其特征在于，造型材料在第一挤出温度和 1.2kg 的负荷下的熔体流动在 5-30gms/10min 范围内，支撑材料在第二挤出温度和 1.2kg 的负荷下的熔体流动在 5-30gms/10min 范围内。

14．根据权利要求 1 的方法，其特征在于，支撑材料的热挠曲温度在造型材料的热挠曲温度的约 20℃内，抗张强度在 34-83MPa（5000psi-12000psi）之间。

15．根据权利要求 1 的方法，进一步包含如下步骤：

用造型材料建造支撑结构；和

用支撑材料建造三维物体。

16．一种适合按熔融材料的路径挤出以逐层建造结构的可热固化的组合物，该组合物包含至少 70wt%的选自聚亚苯基醚和高冲击聚苯乙烯的混合物、聚苯砜和无定形聚酰胺的混合物、聚苯砜和聚砜以及无定形聚酰胺的混合物组成的组中的无定形热塑性树脂。

17．根据权利要求 16 的热塑性组合物，具有大于 120℃的热挠曲温度和 34-83MPa（5000psi-12000psi）之间的抗张强度。

18．根据权利要求 17 的热塑性组合物，在可达 400℃的温度和 1.2kg 负荷下熔体流动在约 5-30gms/10min 范围内。

19．根据权利要求 18 的热塑性组合物，其特征在于，可挤出物体为细丝。

20．根据权利要求 16 的热塑性组合物，进一步包含可达 20wt%的填充物。

21．根据权利要求16的热塑性组合物，为可挤出物体的形式。

三维造型的材料和方法

技术领域

本发明涉及使用加成法造型技术（additive process modeling techniques）的三维物体的生产。更特别地，本发明涉及以预定图案堆积第一种可固化材料形成三维物体，同时堆积第二种可固化材料为正建造的三维物体提供支撑结构。

背景技术

加成法造型机器根据计算机辅助设计（CAD）系统提供的设计数据积累造型介质制成三维模型。三维模型被用来提供包括审美判断、检验数学 CAD 模型、形成硬加工（forming hard tooling）、研究干扰和空间分配以及试验功能的功能。一种技术是根据 CAD 系统提供的设计数据以预定图案堆积可固化造型材料，多层累积形成模型。

转让给本发明的受让人即 Stratasys 公司的 Valavaara 的美国专利 4,749,347 号、Crump 的美国专利 5,121,329 号、Batchelder 等人的美国专利 5,303,141 号、Crump 的美国专利 5,340,433 号、Batchelder 等人的美国专利 5,402,351 号、Crump 等人的美国专利 5,503,785 号、Batchelder 等人的美国专利 5,764,521 号、Danforth 等人的美国专利 5,900,207 号、Batchelder 等人的美国专利 5,968,561 号和 Stuffle 等人的美国专利 6,067,480 号描述了堆积多层从挤出头出来的可固化造型材料制成三维模型的设备和方法的实例。造型材料可以固体形式供应给挤出头，例如以缠在供应轴上的柔韧细丝形式或以固体棒的形式，如美国专利 5,121,329 号所公开的那样。如美国专利 4,749,347 号描述的，造型材料也可以以液体形式从存储器中抽出。在任何情况下，挤出头从一个喷嘴挤出熔融的造型材料到底部上。挤出的材料在 CAD 模型定义的区域上一层一层地堆积。被用作造型材料的可固化材料在固化时以足够的粘合力粘附在前面一层。发现热

塑性材料特别适合这些堆积造型技术。

用加成法技术创造三维物体时，例如堆积多层可固化材料，无一例外地，必须在造型材料本身不能直接支撑的建造中的建筑物体的突出部分下面或洞里使用支撑层或结构。例如，如果物体是一个地下空洞内部的模型，空洞的原型是从地层到天花板进行建筑的，这时钟乳石状物将需要一个临时支撑物直到天花板完成。同样因其它原因也需要支撑层或结构，例如把模型从底部移出，抵抗部分完成时模型的变形趋势，抵抗建筑过程施加给部分完成的模型的力量。

支撑结构可以使用堆积造型材料的相同堆积技术和设备建成。设备在合适的软件控制下为用作正形成的物体的悬空或自由空间部分的支撑结构生产附加几何形状。支撑材料或者从造型设备内的一个独立分配头堆积，或者用堆积造型材料的同一分配头堆积。选择支撑材料使其能粘合在造型材料上。将模型锚定在这样的支撑结构上解决了建造模型的问题，但是产生了另外的问题，即如何在不损坏模型的情况下从完成的模型中移开支撑结构。

除去支撑结构的问题已通过在模型和支撑结构之间形成弱的易碎结合解决，例如美国专利 5,503,785 号描述的。5,503,785 号专利公开了一种方法，选择能和造型材料形成弱的易碎结合的材料作为支撑或脱离材料。支撑材料堆积在物体及其支撑结构的界面，或以层状方式堆积形成支撑结构，无论哪种情况，在物体成型后都使支撑结构脱离开。

现有技术中 Stratasys FDM®三维造型机使用丙烯腈－丁二烯－苯乙烯（ABS）热塑组分或蜡材料作造型材料。用作支撑材料的材料是高冲击聚苯乙烯。现有技术的细丝供料的 Stratasys FDM®三维造型机中，造型材料（或支撑材料）的细丝束由发动机驱动的一对供料轴推动前进进入挤出头携带的液化器。在液化器里，细丝被加热到一个可流动温度。供料轴将细丝束泵入液化器而使液化器加压。细丝束本身起活塞作用，形成一个泵。当供料轴继续推动细丝进入挤出头，进来的细丝束的力量将可流动材料从分配喷嘴挤出来，在分配喷嘴上堆积在可移到建筑平台上的底板上。

美国专利 6,067,480 号公开了一种分层堆积高强度工程聚合物加工耐

用的三维物体的设备和方法。聚合物的原料棒用放置在缸内的活塞从挤出缸里挤出，提供低熔体流动和长链长的聚合物的高压挤出供应。6,067,480 号公开，聚碳酸酯、聚芳基醚酮(polyaryletherkotone)和聚甲基丙烯酸甲酯的原料棒用挤出缸设备成功地挤出。6,067,480 号专利没有公开支撑材料。

分层堆积高强度的工程热塑性塑料的设备和方法在 PCT 申请 US00/17363 号中公开。'363 号申请公开了用高温热塑性塑料建造模型。没有教导支撑材料。

仍然需要用高性能工程热塑性塑料建造模型，改进模型强度和质量。需要和造型方法相适应的材料为这些高性能材料建造成的模型提供合适的支撑结构。

发明内容

本发明是用于用熔融堆积造型技术（fused deposition modeling techniques）建造模型及其支撑物的高性能热塑性材料。热挠曲温度(heat deflection temperature)高于 120℃的无定形热塑性树脂组成造型材料。在优选方案中，组成造型材料的热塑性树脂选自聚碳酸酯树脂、聚苯砜树脂和聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂组成的组中。自层合（self-laminate）的无定形热塑性树脂和造型材料粘合较弱，具有类似于造型材料的热挠曲温度的热挠曲温度，抗张强度在 34MPa（5000psi）和 83MPa（12000psi）之间，该材料包括支撑材料。在优选方案中，组成支撑材料的热塑性树脂选自聚亚苯基醚和聚烯烃的混合物、聚苯砜和无定形聚酰胺的混合物、聚苯砜和聚砜以及无定形聚酰胺的混合物组成的组中。

附图简要说明

图 1 是表示用分层挤出技术形成的模型及其支撑结构的图形说明。

具体实施方式

参照图 1 所示类型的堆积造型系统描述本发明。图 1 表示建造本发明的支撑结构 28 支撑的模型 26 的挤出设备 10。挤出设备 10 包括挤出

头 12、材料接收底部 14 和材料供应 18。相对于以垂直的 Z 方向移动的底部 14，挤出头 12 以 X 和 Y 方向移动。材料供应 18 给挤出头 12 供应材料的原料。在描述的方案中，材料的固体原料供应给挤出头 12，在挤出头 12 携带的液化器 22 中熔融。液化器 22 加热原材料至稍高于其固化点的温度，使其还原为熔融状态。熔融材料通过液化器 22 的喷嘴 24 挤出到底部 14 上。原料可以是连续的细丝、棒、块、球、粒等形式。

控制挤出头的移动将材料以多种路径和层堆积在底部 14 上建造三维模型 26，进一步建造支撑结构 28，限定支撑结构 28 以实质支撑正建造的模型 26。在环境能控制的促进热固化的建造膛（未表示出）里在底部 14 上建成模型 26 及其支撑结构 28。堆积材料的第一层粘附在底部 14 上形成地基，以后的每层材料相互粘结。

分配造型材料 A 形成模型 26，相应于分配造型材料 A，分配支撑材料 B 形成支撑结构 28。为了方便，挤出设备 10 仅表示出一个材料供应 18。但是应该理解，在本发明的实施中，造型材料 A 和支撑材料 B 从各自的材料供应供应给挤出设备 10 以各自的原材料。挤出设备 10 可以适应两种不同材料的分配：（1）配置两个挤出头 12，一个供应有造型材料 A，一个供应有支撑材料 B（例如 Batchelder 的‘561 专利公开的）；（2）配置单一挤出头，所述单一挤出头供应有造型材料 A 和支撑材料 B，用单一喷嘴分配两种材料（例如 Crump 的‘329 专利的图 6 所示）；或（3）配置单一挤出头供应两种材料，每种材料用各自的喷嘴分配（例如 Crump 的‘785 专利的图 6 所示）

在描述的方案中，造型材料 A 和支撑材料 B 从挤出头出来以水平层状按实质上连续的路径堆积，以固体形式供应给挤出头。本领域熟练的人员可以理解本发明能有利地用多种其它型号的造型机实施，材料也可以以液体形式供应给挤出头。

本发明提供玻璃化转变温度高于 120℃、从液体转变为固体时没有明显收缩的高性能工程热塑性树脂作为造型材料 A。优选的热塑性树脂选自聚碳酸酯树脂、聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂和聚苯砜树脂组成的组中。本发明的支撑材料 B 是耐热性和收缩性类似于造型材料 A、并且较弱地层合到模型上使其能在材料界面脱离的自层合热塑性树

脂。另外，支撑材料 B 足够强以支撑模型。本发明的热塑性材料和目前用于熔融堆积造型的材料相比具有更高的冲击强度、更大的刚性、更高的热挠曲温度和更高的化学稳定性。如本领域熟练人员意识到的，本发明的造型和支撑材料可以包括填充物和其它添加剂，可提高热塑性树脂的其它性质。

造型和支撑材料的流变学

造型材料 A 和支撑材料 B 必须满足使用它们的特殊造型系统的大量造型标准，一般涉及热性质、强度、粘度和粘着力。

造型材料 A 和支撑材料 B 必须具有适合于造型过程的熔融粘度。理想地，用于熔融堆积造型的材料具有低的熔融粘度。熔融粘度在挤出温度必须足够低，使其总体上以连续的条道（road）或珠挤出。而且挤出温度下的熔融粘度必须足够低使材料的堆积的条道或珠几乎没有熔融强度，使其平展开，而不是卷起。增加挤出材料时的温度降低熔融粘度。但是挤出温度太高会引起受热的材料在挤出机里无用而分解。如果分解，在没有正切割装置（positive cut-off mechanism）的抽丝挤压机的情况下，材料将无法控制地从液化器排出进入建造袋里，出现一种称为“软泥”的情形。而且低的挤出温度减少能量消耗，减少热量产生和减少降解聚合物材料的几率。

在理论上，熔融体的粘度和材料的分子量有关，当它接近临界分子量时，性质消失。因此熔融粘度的低限值定义为临界分子量的粘度，但是实际上所有的商业级聚合物超过临界分子量表现出良好的物理性质。

熔融粘度用其相反的参数熔体流动测定。在带抽丝挤压机的 Stratasys FDM®造型机中制造模型使用的材料在挤出温度下必须具有高的熔体流动，以便于在相当低的压力约 21MPa（3000psi）或以下以连续的珠挤出。抽丝型挤压机堆积的材料需要的高熔体流动大于约 5gms/10min，在挤出温度和 1.2kg 的负荷下用 ASTM D1238 测定。最优选地，熔体流动在 5-30g/10min 之间。较低的熔体流动（高粘度）适合高压挤出，例如用美国专利 6,067,480 号公开的设备。

为了适当地支撑建造中的模型，支撑材料 B 必须自身粘合（自层合）。支撑材料 B 必须和造型材料 A（共碾压）形成弱的易分开的粘合，使其

能不伤害模型地和完成的模型分离开。当支撑结构从底部建起时，支撑材料 B 必须另外和底部粘合。

为了生产尺寸精确的模型，造型和支撑材料必须在建造袋的条件下冷却时几乎没有收缩。支撑材料 B 的任何收缩必须匹配造型材料 A。材料的收缩差别将沿模型/支撑结构接合点引起应力和粘合失败。根据 ASTM 喷射造型试验标准，无定形聚合物固化时典型地具有低于或等于 0.01cm/cm(0.010inch/inch)的收缩。对于堆积造型目的无定形聚合物的收缩特性是可以接受的，然而结晶聚合物对于堆积造型来说收缩太高。可以向材料中添加填充物减小收缩。可以向本发明的材料中添加晶体添加剂，只要以足够小的量添加使得材料继续具有无定形聚合物的收缩特性。

根据完成模型的特殊应用可以选择特殊的造型材料 A。支撑材料 B 必须在固体形式时具有足够的机械强度以便在模型的制造中支撑模型。支撑材料 B 必须抵抗造型材料 A 的力量，否则模型将有不需要的卷缩和变形。

造型材料 A 和支撑材料 B，当以细丝或棒状形式供应时，必须足够强使其能无破裂地运输。当以细丝形式供应时，材料还必须具有能形成细丝、缠绕和解绕以及经挤出设备无破裂地供应的强度和挠性。类似地，以细丝形式供应的材料必须具有足够的刚性，经挤出设备供应时不被压缩力产生变形。

至于热性质，造型材料 A 和支撑材料 B 应该具有类似的热挠曲性质，使得两种材料能成功地挤出到同一建造膛中。如美国专利 5,866,058 号叙述的，在一个温度加热到高于热塑性或其它可热固化的造型材料的固化温度的膛里建造模型，接着逐渐冷却，释放出材料的应力。应力从正建造的模型中释放出使得完成的模型无应力、几乎无变形。如‘058 号专利进一步叙述的，造型材料应该具有高于建造膛温度的玻璃化转变温度（T_g），使得模型不会太软而下垂。因此建造膛的优选温度在造型材料 A 的固化温度和其蠕变松弛温度（蠕变松弛温度定义为应力松弛模数从其低温度限值降低 10 倍的点）之间的范围内。同样地，支撑材料 B 的玻璃化转变温度应该高于建造膛的温度，这样，支撑结构不变形，维持其支撑的模型的结构逼真性。经过试验发现支撑材料 B 的玻璃化转变温度

（或热挠曲温度）应该在造型材料 A 的玻璃化转变温度（或热挠曲温度）的约 20℃以内，优选 15℃内。向材料中添加填充物可以起提高材料玻璃化转变温度的作用。实际上，玻璃化转变温度以热挠曲温度表示。这儿公开的代表性的材料的热挠曲温度用材料的 DMA 软化点测定。

造型和支撑材料的组成

用 PCT 申请 US01/41354 号和 PCT 申请 US00/17363 号公开的型号的细丝供料分层堆积造型机试验本发明的材料。给出造型材料 A 和支撑材料 B 的下面的实例证实满足上面讨论的流变学标准。

实例 1

造型材料：造型材料 A 为聚碳酸酯树脂。一个具体的示例性聚碳酸酯树脂为 Lexan® HF 1110（可从 General Electric Plastics 获得）。这种树脂具有 156℃的热挠曲温度，在 1.2kg 的负荷下 300℃时熔体流动在 20-30gms/10min 范围内。聚碳酸酯树脂成功地从温度约 320℃的液化器中挤出到温度约 135℃的建造膛内。

支撑材料：支撑材料 B 是包含聚亚苯基醚和聚烯烃，例如高冲击聚苯乙烯，的混合物的树脂。所需的重量百分比范围为约 50-90％的聚亚苯基醚和约 10-50％的聚烯烃。一个具体的树脂例子是 75wt%的 Noryl®731 聚亚苯基醚和 25wt%的 Noryl®N300X 高冲击聚苯乙烯（每种都可从 General Electric Plastics 获得）的混合物。这种树脂具有 178℃的热挠曲温度和类似于造型材料的熔体流动。这种材料从温度约 360℃的液化器中挤出，成功地形成使用聚碳酸酯树脂建造的模型的支撑结构。

实例 2

造型材料：造型材料 A 为聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂。为了给材料提供聚碳酸酯的增强强度和韧性，树脂应该包含至少约 50wt％的聚碳酸酯。一种特别的优选的聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂为 Cycoloy®C1110HF（可从 General Electric Plastics 获得）。这种树脂具有 143℃的热挠曲温度，在 1.2kg 的负荷下 280℃时熔体流动在 10-20gms/10min 范围内。聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂成功地从温度约 320℃的液化器中挤出到温度约 110℃的建造膛内。

支撑材料：支撑材料 B 是包含聚亚苯基醚和聚烯烃，例如高冲击聚

苯乙烯，的混合物的树脂。所需的重量百分比范围为约 40-80％的聚亚苯基醚和约 20-60％的聚烯烃。一个具体的树脂例子是 Noryl®731（可从 General Electric Plastics 获得）聚亚苯基醚/聚苯乙烯混合物。这种树脂具有 156℃的热挠曲温度和类似于造型材料的熔体流动。这种材料从温度约 340℃的液化器中挤出，成功地形成使用聚碳酸酯/丙烯腈－丁二烯－苯乙烯树脂建造的模型的支撑结构。

实例 3

造型材料：造型材料 A 为聚苯砜树脂。一种具体的聚苯砜树脂的例子为 Radel®R 5600 NT（可从 BP Amoco 获得）。这种聚苯砜树脂具有 236℃的热挠曲温度，在 1.2kg 的负荷下 400℃时熔体流动在 20-30gms/10min 范围内。聚苯砜树脂成功地从温度约 400℃的液化器中挤出到温度约 200℃的建造膛内。

支撑材料：支撑材料 B 是包含聚苯砜和无定形聚酰胺混合物的树脂。该材料可以进一步包含聚砜。所需的重量百分比范围为约 60-90wt％的聚苯砜和约 10-40wt％的无定形聚酰胺的混合物，或约 60-90wt％的聚苯砜、约 1-40wt％的聚砜和约 10-40wt％的无定形聚酰胺的混合物。一个具体的示例性树脂是 50wt%的 Radel®R 5600 NT 聚苯砜（可从 BP Amoco 获得）、25wt%的 Udel®P 1710 NT 15 聚砜（可从 BP Amoco 获得）和 25wt%的 EMS TR70 无定形聚酰胺（可从瑞士的 EMS-Chemie AG 获得）的混合物。这种树脂具有 224℃的热挠曲温度和类似于造型材料的熔体流动。这种材料从温度约 350℃的液化器中挤出，成功地形成使用聚苯砜树脂建造的模型的支撑结构。使用聚合物化学中的常规技术复合该组分材料到支撑材料 B。

上面实例中给出的每种材料具有 34 MPa（5000 psi）到 83 MPa（12000 psi）的抗张强度、无定形聚合物的典型收缩（低于 0.01cm/cm(0.010inch/inch)）。上面实例的建造模型的每种材料和目前用于熔融堆积造型的材料相比具有更高的冲击强度、更大的韧性、更高的热挠曲温度和更好的化学稳定性。发现实例 3 建造模型的材料的韧性、冲击强度、耐热性和化学稳定性超过现有技术的任何迅速造型方法（rapid prototyping method）。

如上面提及的，造型材料 A 和支撑材料 B 可以包含惰性和/或活性填充材料。根据得到的模型的预定用途，填充物可以提供增强的材料性质。例如填充物能提供 RF 防护、传导、或无线电不穿透性质（对一些医疗应用有用）。填充物能选择性降低材料性质，但是这对一些应用是可接受的。例如向造型材料 A 或支撑材料 B 添加廉价的填充物可以降低这些材料的成本。填充物也能改变材料的热特性，例如填充物可以增加材料的耐热性，填充物可以减少材料在热固化时的收缩。典型的填充物包括玻璃纤维、碳纤维、炭黑、玻璃微球、碳酸钙、云母、滑石、硅土、氧化铝、碳化硅、钙硅石、石墨、金属和盐。在不出现不可接受地降低模型质量下向造型材料 A 和支撑材料 B 添加填充物材料的量的上限值为约 20wt%。

技术熟练的人员将认识到在本发明的造型和支撑材料中也可以使用无数的其它添加剂修整特定应用所需要的性质。例如添加增塑剂将降低材料的耐热性和熔体流动。添加染料和颜料可以改变材料的颜色。添加抗氧化剂减慢材料在挤压机中的热降解。而且可以向本发明的材料中添加少量的其它聚合物。在维持本发明的造型和支撑材料的基本流变学时填充物和其它添加剂的总量可以达到约 30wt%。

造型和支撑材料 A 和 B 可以浇铸成棒状、粒状或其它形状用作造型原料，或可以在没有预先固化的情况下以液体原料使用。或者，混合物可以固化然后磨成粒状。粒状原料组合物可以经普通的挤出设备加工形成连续柔韧的细丝。希望地，这些细丝以连续的长度缠绕在线轴上，干燥。细丝一般直径很小，约 0.178cm（0.070 英寸），直径可以小到 0.003cm（0.001 英寸）。本发明的造型材料 A 和支撑材料 B 成功地形成造型细丝，在细丝供料堆积造型机中使用。

要注意本发明的造型材料 A 和支撑材料 B 对水分敏感。已经证实这些材料暴露在潮湿的环境里将明显降低模型质量，因此维持干燥的条件是重要的。为了用熔融堆积技术将本发明的材料建造精确坚固的模型，材料必须干燥。引入本申请作为参考的 PCT 申请号 US01/41354 和 PCT 申请号 US00/17363 公开了使用本发明的高温、水分敏感的材料建造三维物体的特别合适的设备。‘363 申请公开了一种带有高温建造膛的造型

机，‘354 申请公开了一种防潮细丝盒和在细丝供料堆积造型机中供应水分敏感造型细丝的细丝通道。

对于本发明的造型材料 A 和支撑材料 B，可接受的水分含量（例如模型质量不被损坏的水平）为低于700ppm水含量的水平（使用Karl Fischer方法测定）。‘354 申请公开了在细丝盒里供应细丝时干燥细丝的技术。一种干燥材料的方法为将包含材料的盒子放在真空、合适温度（一般在175-220℉）的炉子里直到达到需要的干度，此时要密封盒子不让水分进入。然后盒子被真空密封在不渗透水分的袋子里直至装到机器中。希望的干燥时间为 4-8 小时达到低于 300ppm 的水含量。另一种方法为将干燥剂的袋子放在盒子里干燥材料，不使用炉子。已经证实，将包含 Tri-Sorb-分子筛和氧化钙（CaO）干燥剂的袋子放在盒子里，将盒子密封在不渗透水分的袋子里，干燥材料至水分含量低于 700ppm，和干燥材料至优选范围 100-400ppm。合适的 Tri-Sorb-分子筛干燥剂包括下列这些：NaA 沸石、KA 沸石、CaA 沸石、NaX 沸石和铝硅酸镁。

用本发明的材料制成的模型比现有技术使用的材料制成的模型更加有用。例如用本发明的材料制成的模型可以用作动力工具和家用电器的功能部件，其强度和韧性是很重要的；汽车应用的功能部件，其强度、韧性、高耐热性和化学稳定性是很重要的；医疗和牙科设备的功能部件，该部件在重复的蒸汽消毒后必须保持关键性质；一些需要低的可燃性和发烟性的应用的功能部件。

应该注意，虽然这里将本发明的材料称为“造型”或“支撑”材料，但是这些材料可以相互转变，用所谓的“支撑”材料制成模型，用所谓的“造型”材料制成模型的支撑结构。这里描述为造型材料的材料的性质对大部分应用来说比支撑材料优异。例如，用这里作为造型材料介绍的材料建成的模型比用这儿作为支撑材料介绍的材料建成的模型更强更坚固。根据材料的预期的典型使用，为了方便指定，将这里的材料分类为“造型”或“支撑”材料。

尽管本发明参照优选方案描述本发明，本领域的熟练人员将认识到在不脱离本发明发明的精神和范围的情况下可以进行形式和细节上的改变。

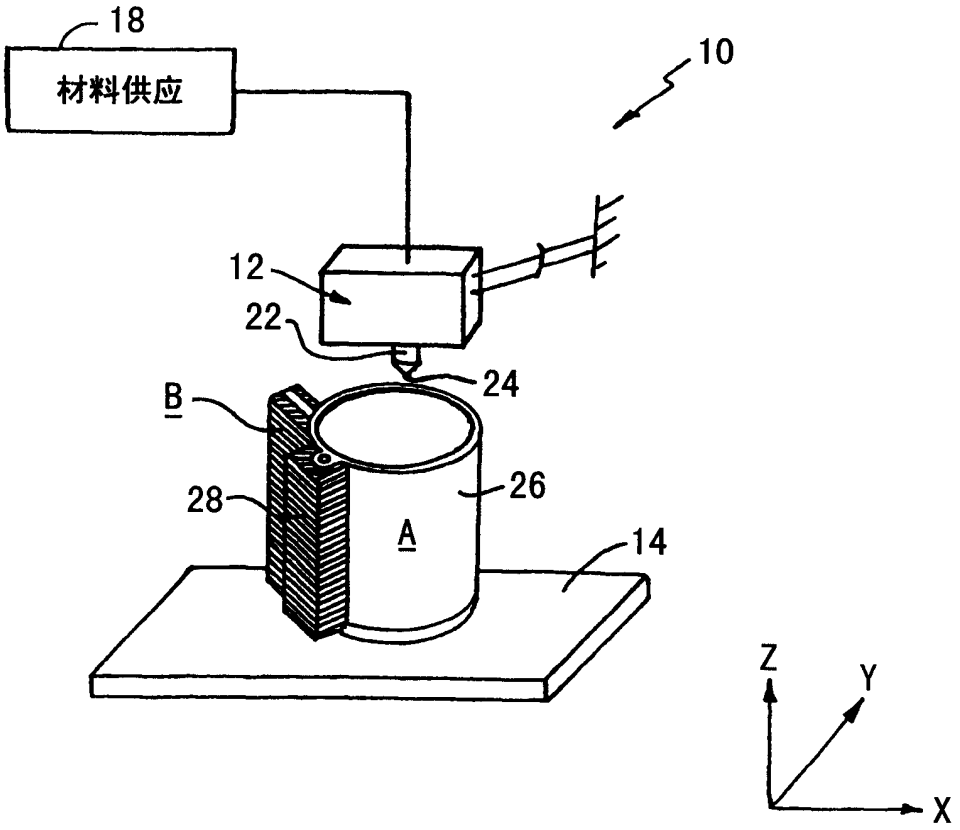


图 1