

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
B29C 45/14 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880008204.2

[43] 公开日 2010年2月3日

[11] 公开号 CN 101641199A

[22] 申请日 2008.2.15

[21] 申请号 200880008204.2

[30] 优先权

[32] 2007.3.14 [33] US [31] 11/717,866

[86] 国际申请 PCT/US2008/002021 2008.2.15

[87] 国际公布 WO2008/112061 英 2008.9.18

[85] 进入国家阶段日期 2009.9.14

[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 保罗·E·霍普金

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公  
司

代理人 王新华

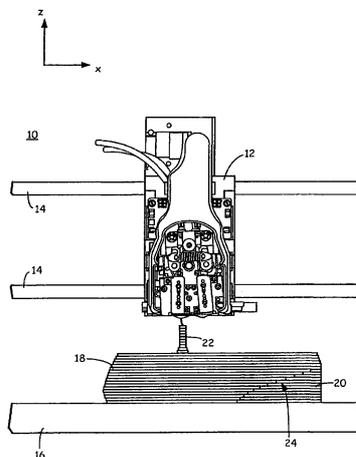
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 8 页

## [54] 发明名称

采用改性 ABS 材料构造三维物体的方法

## [57] 摘要

一种采用基于挤压的分层沉积系统构造 3D 物体(18)的方法,包括将改性 ABS 材料送入基于挤压的分层沉积系统的挤出头(12),在改善挤出头(12)的响应时间的条件下,在挤出头(12)中熔化所送入的改性 ABS 材料,以及以逐层的方式沉积所熔化的改性 ABS 材料,以形成 3D 物体(18)。



1. 一种采用基于挤压的分层沉积系统构造三维物体的方法，该方法包括：

将改性丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)材料的丝状体送入基于挤压的分层沉积系统的挤出头，当以 16.4 微升/秒的挤出速率从标准形状的液化器中在最大液化器温度挤出时，改性 ABS 材料需要约 6.9 兆帕或更小的驱动压力；

在挤出头中熔化所送入的改性 ABS 材料；以及

以逐层的方式沉积所熔化的改性 ABS 材料，以形成三维物体。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所需要的驱动压力约为 5.2 兆帕或更小。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中改性 ABS 材料包括甲基丙烯酸甲酯。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其中在挤出头中熔化所送入改性 ABS 材料包括在约 300°C 至约 340°C 范围的峰值温度熔化所送入的改性 ABS 材料。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其中峰值温度范围为约 300°C 至约 320°C。

6. 根据权利要求 4 所述的方法，其中三维物体包括具有至少一个约 3.0 毫米或更小的横截面尺寸的多层部件。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所沉积的改性 ABS 材料基本上不会热降解。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其中在相同的条件下挤出时，所熔化改性 ABS 材料具有小于标准的 ABS 共聚物的触变阈值的触变阈值。

9. 一种采用基于挤压的分层沉积系统构造三维物体的方法，该方法包括：

将改性丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)材料送入基于挤压的分层沉积系统的挤出头；

在约 300°C 至约 340°C 范围的峰值温度，在挤出头内熔化所送入的改

性 ABS 材料；

从挤出头挤出熔化的改性 ABS 材料；以及

以逐层的方式沉积熔化的改性 ABS 材料，以构造三维物体，其中三维物体中的熔化的改性 ABS 材料基本上不会热降解。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中峰值温度范围为约 300°C 至约 320°C。

11. 根据权利要求 9 所述的方法，其中改性 ABS 材料包括甲基丙烯酸甲酯。

12. 根据权利要求 9 所述的方法，其中熔化的改性 ABS 材料沉积在基于挤压的分层沉积系统的构造腔中，构造腔具有约 70°C 至约 105°C 范围的环境温度。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，其中构造腔的环境温度的范围为约 80°C 至约 95°C。

14. 根据权利要求 9 所述的方法，其中三维物体包括具有至少一个约 3.0 毫米或更小的横截面尺寸的多层部件。

15. 一种采用基于挤压的分层沉积系统构造三维物体的方法，该方法包括：

将改性丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)材料送入基于挤压的分层沉积系统的挤出头；

在峰值温度，在挤出头内熔化所送入的改性 ABS 材料，其中该峰值温度为改性 ABS 材料提供了约为在该峰值温度熔化的标准的 ABS 共聚物的触变阈值的 60%或更小的触变阈值；

从挤出头挤出熔化的改性 ABS 材料；以及

以逐层的方式沉积熔化的改性 ABS 材料，以构造三维物体。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其中改性 ABS 材料包括甲基丙烯酸甲酯。

17. 根据权利要求 15 所述的方法，其中三维物体包括具有至少一个约 3.0 毫米或更小的横截面尺寸的多层部件。

18. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所沉积的改性 ABS 材料基本上不会热降解。

---

19. 根据权利要求 15 所述的方法，其中熔化的改性 ABS 材料沉积在基于挤压的分层沉积系统的构造腔中，构造腔具有约 70°C 至 105°C 范围的环境温度。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其中构造腔的环境温度的范围为约 80°C 至约 95°C。

## 采用改性 ABS 材料构造三维物体的方法

### 技术领域

本发明涉及采用基于挤压的分层沉积系统制造三维 (3D)物体。特别地, 本发明涉及由包含改性 ABS 材料的构成材料制造 3D 物体。

### 背景技术

基于挤压的分层沉积系统(如, 由 Stratasys, Inc.的 Eden Prairie, MN 开发的熔融沉积建模系统)被用来通过挤出易流动的构成材料以逐层的方式由计算机辅助设计(CAD)模型构造 3D 物体。构成材料通过由挤出头携带的喷嘴被挤出, 并如路线 (roads) 顺序一样沿 x-y 平面沉积在基底上。挤出的构成材料与先前沉积的构成材料熔合, 并随着温度的下降而凝固。随后, 挤出头相对于基底的位置沿着 z 轴(垂直于 x-y 平面)增长, 且随后重复该过程, 以形成类似 CAD 模型的 3D 物体。

挤出头相对于基底的运动在计算机控制下进行, 与代表 3D 物体的构造数据一致。构造数据通过最初将 3D 物体的 CAD 模型分成多个水平切割层而获得。随后, 对于每个切割层, 主机产生用于沉积构成材料路线以形成 3D 物体的构造路径。

在通过沉积构成材料层而制造 3D 物体的过程中, 支撑层或结构通常构造在不由构成材料本身支撑的伸出部分之下, 或者构造在不由构成材料本身支撑的构造中的物体的空腔中。支撑结构可以采用与沉积构成材料相同的沉积技术构造。主机产生附加的几何形状作为形成中的 3D 物体的伸出或自由空间部分的支撑结构。随后, 根据在构造过程中所产生的几何形状, 支撑材料由第二挤出顶端沉积。在制造过程中, 支撑材料粘结到构成材料上, 并且当构造过程完成时可以从完成的 3D 物体上去除。

构成材料通常表现出非牛顿流动特性, 即构成材料在挤出流动的初始启动阶段抵抗移动。因此, 许多 3D 物体共有的问题是由于非牛顿流动特性所导致的挤出头的响应时间的限制。这种限制可能降低沉积精确度, 并

且特别是可以看到其中每层所沉积的构成材料的量相对较小的微细部件结构。因此，需要改善用于沉积构成材料的挤出头的响应时间的构造 3D 物体的方法。

## 发明内容

本发明涉及一种采用基于挤压的分层沉积系统构造 3D 物体的方法。该方法包括将改性 ABS 材料送入基于挤压的分层沉积系统的挤出头，并在改善挤出头的响应时间的条件下，在挤出头中熔化所送入的改性 ABS 材料。随后，以逐层的方式沉积所熔化的热塑性材料，以形成三维物体。

## 附图说明

图 1 为基于挤压的(extrusion-based)分层沉积系统的构造腔的透视图，示出根据本发明构造的 3D 物体。

图 2 为基于挤压的分层沉积系统的挤出头构造流水线的局部放大截面图。

图 3 为采用基于挤压的分层沉积系统构造 3D 物体的方法的流程图。

图 4-7 为表示根据本发明进行的挤出行程和对比例的挤出行程的驱动压力与挤出速率之比的图表。

图 8 为表示根据本发明进行的挤出行程和对比例的挤出行程的驱动压力与挤出速率之比的图表。

## 具体实施方式

图 1 为基于挤压的分层沉积系统的构造腔 10 的透视图，其包括挤出头 12、导轨 14、构造平台 16、3D 物体 18 和支撑结构 20。可以结合构造腔 10 的合适的基于挤压的分层沉积系统包括熔融沉积建模系统，该熔融沉积建模系统可以通过市售的来自 Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN 的商品标识“FDM”获得。挤出头 12 配置成挤出分别以逐层方式构造 3D 物体 18 和支撑结构 20 的易流动构成材料和支撑材料的装置。挤出头 12 的适合装置的例子在 LaBossiere 等美国专利申请公开文件 No. 2007/0003656 和 LaBossiere 等的美国专利申请 No. 11/396,845(公开为美国专利申请公开文

件 No. 2007/0228590)中被披露。

挤出头 12 由在构造腔 10 内沿着 x 轴延伸的导轨 14 和沿 y 轴(未示出)延伸的辅助导轨(未示出)支撑在构造腔 10 内。导轨 14 和辅助导轨允许挤出头 12 在沿 x 轴和 y 轴的平面内沿任何方向移动。构造平台 16 为构造 3D 物体 18 和支撑结构 20 的工作面, 并且沿着 z 轴可以调整高度。

用来构造 3D 物体 18 的构成材料为能够从挤出头 12 挤出的改性 ABS 材料, 具有改善的响应时间, 由此改善沉积工艺的精确度。用于本发明的合适的改性 ABS 材料的例子包括由附加的单体、低聚体和/或聚合物改性 ABS 材料, 如丙烯酸基材料。市售可获得的合适的改性 ABS 材料的例子包括来自 General Electric Co., Pittsfield, MA 的具有商品标识“CYCOLAC” ABS MG94-NA1000 的甲基丙烯酸甲酯改性 ABS /聚乙烯(苯乙烯丙烯腈)混合物。

3D 物体 18 包括销钉结构 22 和伸出部分 24, 其中销钉结构 22 为在沿 x 轴和 y 轴的平面具有较小的平均横截面的多层、精细部件结构。销钉结构 22 为精细部件结构的例子, 其在标准 ABS 共聚物(如, 市售可以获得的来自 Dow Chemical Company, Midland, MI 的具有商品标识“AG700 ABS”的 ABS 共聚物)一起构造时可能表现出显著的构造不精确性。例如, 当构造在沿 x 轴和 y 轴的平面内具有至少一个约 3.0 毫米(约 120 密耳)或更小的宽度的精细部件结构时, 标准的 ABS 共聚物将导致明显的不精确性。这可能会损坏所产生的 3D 物体的美学和物理品质。

相反, 由于通过从挤出头 12 沉积改性 ABS 材料而获得的改善的响应时间, 销钉结构 22 被构造为具有更大的沉积精确度。结果, 在沿 x 轴和 y 轴的平面内适合的销钉结构 22 的横截面尺寸包括约 3.0 毫米(约 120 密耳)或更小的宽度, 特别适合的宽度范围为约 1.5 毫米(约 60 密耳)至约 2.8 毫米(约 110 密耳)。在下文讨论的处理条件下, 这种材料能够获得更大牛顿性(Newtonian-like)(与标准 ABS 共聚物相比), 由此在构造 3D 物体 10 改善了挤出头 12 的响应时间。此外, 改性 ABS 材料能够为 3D 物体提供优良的层间粘附力和零件强度。

支撑结构 20 采用支撑材料以逐层的方式在构造平台上构造, 由此支撑 3D 物体 18 的伸出区域 24。除了用增强的响应时间进行沉积之外, 改

性 ABS 材料还适合与市售可获得的来自 Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN 的具有商品标识“WATERWORKS”和“SOLUBLE SUPPORTS”的水溶性支撑材料一起使用。此外,改性 ABS 材料还适合与市售可获得的来自 Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN 的具有商品标识“BASS”的分离支撑材料和在 Crump 等人的美国专利 No. 5,503,785 中公开的材料一起使用。相比之下,标准的 ABS 共聚物表现出对“BASS”基支撑结构的明显的粘附力。改性 ABS 材料非常容易从“BASS”基支撑结构上分离,同时还允许在构造过程中具有合适的粘附力。

图 2 为用于挤出的改性 ABS 材料以构造 3D 物体 18(如图 1 所示)的挤出头 12(如图 1 所示)的构造流水线 26 的局部放大截面图。构造流水线 26 包括进料管 28、基块 30、进料道 32、驱动系统 34、液化器组件 36 和构造顶端 38, 这些被配置为与在 LaBossiere 等的美国专利申请 No. 11/396,845(公开为美国专利申请公开 No. 2007/0228590)中公开的方式一样。进料管 28 从位于构造腔 10 外部(如图 1 所示)的供应源(未示出)接收改性 ABS 材料的丝状体(称为丝状体 40)。丝状体 40 延伸通过基块 30 的进料管 28 和进料道 32, 由此允许驱动系统 34 将丝状体 40 送入液化器组件 36。

驱动系统 34 包括被配置为啮合并夹紧丝状体 40 的驱动辊 42 和惰辊 44。驱动辊 42 轴向连接至驱动电动机(未示出), 驱动电动机允许驱动辊 42 和惰辊 44 将丝状体送入液化器组件 36。液化器组件 36 包括液化器块 46 和液化器通道 48。液化器通道 48 是延伸通过液化器块 46 的通道, 液化器块 46 具有靠近驱动系统 34 的入口和构造顶端 38 处的出口。挤出通道 48 为丝状体 40 提供了穿过液化器块 46 的路径。液化器块 46 为基于沿液化器块 46 的热分布将丝状体熔化至希望的流型的加热块。构造顶端 38 为固定至液化器组件 36 的挤出顶端。构造顶端 38 具有用于沉积改性 ABS 材料路线的顶端直径, 其中路线宽度和高度部分地基于顶端直径。构造顶端 38 的合适的顶端直径的例子的范围为约 250 微米(约 10 密耳)至 510 微米(约 20 密耳)。

通过从驱动电动机向驱动辊 42 施加旋转力, 改性 ABS 材料挤出通过挤出头 12 的构造流水线 26。驱动辊 42 和惰辊 44 的摩擦粘着力将旋转力

转换成施加至丝状体 40 的驱动压力。驱动压力将丝状体 40 的连续部分用力推入液化器通道 48，其中改性 ABS 材料由液化器块 46 熔化。丝状体 40 的未熔化部分用作活塞，以将熔化的改性 ABS 材料用力推动通过液化器通道 48 和构造顶端 38，由此挤出熔化的改性 ABS 材料。将丝状体 40 推入液化器通道 48 并挤出熔化的改性 ABS 材料所需要的驱动压力基于多个因素，如改性 ABS 材料的流动阻力、驱动辊 42 的轴承磨擦、驱动辊 42 和惰辊 44 之间的夹紧摩擦、以及其它因素，所有的这些因素抵抗由驱动辊 42 和惰辊 44 施加丝状体 40 的驱动压力。

在构造工艺期间，构成材料的挤出流动特性通常属于三个挤出阶段：(1) 启动阶段，其中挤出流率从零流率增加至稳态流率；(2) 稳态阶段；以及(3) 停止阶段，其中挤出流率从稳态流率降至零流率。在稳态阶段，构成材料的挤出流率是施加至丝状体(如，丝状体 40)的驱动压力和上述对驱动压力的阻力之间的差。然而，在启动阶段，构成材料最初表现出对挤出的附加阻力，该附加阻力需要在将挤出构成材料之前被克服。这种附加阻力在此称为构成材料的触变阈值(thixotropic threshold)。

较高的触变阈值通常要求更大的驱动压力启动挤出流动。这相应地增加了在驱动电动机将旋转力施加至驱动辊时和挤出流动实际开始时之间的时间，由此限制了挤出头的响应时间。如上所述，这种响应时间的限制可能会降低沉积精确度，而沉积精确度对精细部件结构来说是特别明显的。因此，如下所述，通过在为改性 ABS 材料提供降低的触变阈值的条件下挤出改性 ABS 材料，改善了挤出头 12 的响应时间。

图 3 为方法 50 的流程图，其为在启动阶段期间以改善的响应时间来构造 3D 物体 18(如图 1 所示)的合适方法。方法 50 包括步骤 52-58，并且最初包括将改性 ABS 材料的丝状体送至挤出头 12 (步骤 52)。在一个实施例中，选择改性 ABS 材料，使得改性 ABS 材料可以以 16.4 微升/秒(1,000 微立方英寸每秒(mics))的挤出速率从标准形状的液化器以最大的液化器温度，以约 6.9 兆帕(约 1000 磅/平方英寸(psi))或更小、更希望的是约 5.2 兆帕(约 750psi)或更小的驱动压力被挤出。

如在此所使用的，术语“标准形状的液化器”被定义为具有构造顶端的液化器，具有从 1.943 毫米(0.0765 英寸)至 1.905 毫米(0.075 英寸)范围的

液化器管内径、77.343 +/- 0.254 毫米(3.045 +/- 0.010 英寸)的顶端总长度、0.762 +/- 0.051 毫米(0.030 +/- 0.002 英寸)的内径颈部长度的、以及 0.406 +/- 0.013 毫米(0.016 +/- 0.0005 英寸)的顶端末端平台内径。而且，如在此所使用的，术语“最大的液化器温度”被定义为改性 ABS 材料在两分钟内不改变颜色或流动特性而能够承受的最大液化器温度。满足这种标准的改性 ABS 材料包括上述讨论的合适的改性 ABS 材料。

随后，改性 ABS 材料在挤出头内熔化(步骤 54)。如上所述，改性 ABS 材料的丝状体采用驱动系统 34 送至液化器组件 36。所希望的是液化器组件 36 具有改性 ABS 材料热稳定所处的液化器峰值温度，并且该峰值温度降低改性 ABS 材料的触变阈值。对液化器组件 36 来说，合适的液化器峰值温度的例子的范围为约 280°C 至约 360°C，特别合适的温度范围为约 300°C 至约 340°C，并且甚至更特别合适的温度范围为约 300°C 至约 320°C。

随后，熔化的改性 ABS 材料从挤出头 12 挤出(步骤 56)，并以逐层的方式沉积，以在构造腔 10 内构造三维物体(步骤 58)。对构造腔 10 来说，合适的环境温度的范围为约 70°C 至约 105°C，特别合适的环境温度的范围为约 80°C 至约 95°C。合适的液化器峰值温度和合适的环境温度比通常用来挤出标准的 ABS 共聚物的相应的温度高。更高的温度有利于增加零件强度，并降低所产生的 3D 物体 18 的多孔性。

所产生的 3D 物体 18 具有增强的沉积精确度，其对改善美学品质是非常明显的，特别是在销钉结构 22 处。因此，改性 ABS 材料有利于提供高分辨率的精细部件结构。在沉积之后，所希望的是三维物体中的改性 ABS 材料基本上不会热降解。标准的 ABS 共聚物中的热降解通常表现为所沉积的材料中的褐色化条纹。

### 实施例

在接下来的例子中本发明将被更详细地描述，这些实施例仅用于举例的目的，因为在本发明范围内的大量修改和变化对本领域技术人员来说是显而易见的。实施例 1-12 和比较例 A-D 的挤出行程的驱动压力被定量测量，以比较所产生的作为液化器峰值温度和挤出流率的函数的挤出形状。每个挤出行程市售可获得的来自 Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN 的具有商

品标识“FDM TITAN”的熔融沉积建模系统上进行。所附带的挤出头包括具有 1.943 毫米(0.0765 英寸)至 1.905 毫米(0.075 英寸) 范围的液化器管内径、77.343 +/- 0.254 毫米(3.045 +/- 0.010 英寸)的顶端总长度、以及 0.762 +/- 0.051 毫米(0.030 +/- 0.002 英寸)的内径颈部长度的“TITAN”TI 构造顶端。

实施例 1-12 的挤出行程采用市售可获得的来自 General Electric Co., Pittsfield, MA 的具有商品标识“CYCOLAC” MG94-NA1000 ABS 的改性 ABS 材料来进行。比较例 A-D 的挤出行程采用市售可获得的来自 Dow Chemical Company, Midland, MI 的具有商品标识“AG700 ABS”的标准的 ABS 共聚物来进行。挤出行程以不同的温度和挤出速率进行,其中实施例 1-4 的挤出行程中的每一个都由 0.254 毫米(0.010 英寸)的顶端末端平台内径进行,实施例 5-8 的挤出行程中的每一个都由 0.305 毫米(0.012 英寸)的顶端末端平台内径进行,且实施例 9-12 和比较例 A-D 的挤出行程中的每一个都由 0.406 毫米(0.016 英寸)的顶端末端平台内径进行。表 1 列出了用于实施例 1-12 和比较例 A-D 的构成材料、顶端直径和挤出速率。

表 1

实施例	构成材料	顶端直径 (毫米)	顶端直径 (英寸)	挤出速率 (ml/s)	挤出速率 (mics)
实施例 1	MG94-NA1000 ABS	0.254	0.01	16.4	1,000
实施例 2	MG94-NA1000 ABS	0.254	0.01	32.8	2,000
实施例 3	MG94-NA1000 ABS	0.254	0.01	49.1	3,000
实施例 4	MG94-NA1000 ABS	0.254	0.01	65.6	4,000
实施例 5	MG94-NA1000 ABS	0.305	0.012	16.4	1,000
实施例 6	MG94-NA1000 ABS	0.305	0.012	32.8	2,000
实施例 7	MG94-NA1000 ABS	0.305	0.012	49.1	3,000
实施例 8	MG94-NA1000 ABS	0.305	0.012	65.6	4,000
实施例 9	MG94-NA1000 ABS	0.406	0.016	16.4	1,000
实施例 10	MG94-NA1000 ABS	0.406	0.016	32.8	2,000
实施例 11	MG94-NA1000 ABS	0.406	0.016	49.1	3,000
实施例 12	MG94-NA1000 ABS	0.406	0.016	65.6	4,000

比较例 A	AG700 ABS	0.406	0.016	16.4	1,000
比较例 B	AG700 ABS	0.406	0.016	32.8	2,000
比较例 C	AG700 ABS	0.406	0.016	49.1	3,000
比较例 D	AG700 ABS	0.406	0.016	65.6	4,000

对于每个挤出行程，构造循环开始，以挤出指定的构成材料。构成材料以丝状体(“TITAN” TI 构造顶端的标准丝状体直径，如约 1.796 毫米(约 0.0707 英寸)的直径)的形式供给至挤出头，并由传送系统驱动至液化器。液化器峰值温度保持在第一水平(如，240°C)，并且丝状体被驱动，直到获得稳态操作。随后，定量测量驱动电动机的功率需要值，且基于驱动电动机的功率需要值计算挤出构成材料所需要的相应的驱动压力。随后，对于范围 240°C 至 340°C 内的各种不同的液化器峰值温度，重复该过程。

图 4-7 为表示根据实施例 1-12 和比较例 A-D 的挤出行程的驱动压力与挤出速率之比的图表。如同所预期的那样，比较图 4-6 显示出驱动压力随着压力液化器峰值温度的增加而下降，随着顶端直径的减小而下降，并随着挤出速率的增加而下降。然而，比较实施例 9-12 的挤出行程(如图 6 所示)和比较例 A-D 的挤出行程(如图 7 所示)显示出，对于可比较条件，与标准 ABS(AG700 ABS) 相比，适合用于本发明的改性 ABS 材料(MG94-NA1000 ABS)可以以降低的驱动压力挤出。

图 8 为表示在图 6 和 7 中提供的数据的可选图表，其表示 280°C 时比较例 A-D 的挤出行程驱动压力与挤出速率之比，280°C 时实施例 9-12 的挤出行程驱动压力与挤出速率之比，和 300°C 时实施例 9-12 的挤出行程的驱动压力与挤出速率之比。比较例 A-D 的标准的 ABS 共聚物在约 290°C 以上的温度时不是热稳定的。因此，没有比较 300°C 时比较例 A-D 的挤出行程。

如图 8 所示，280°C 和 300°C 时的实施例 9-12 的挤出行程以比从 280°C 时比较例 A-D 的挤出行程获得的驱动压力低的驱动压力进行。此外，挤出行程的指数衰退线外推至零流率(即，与 y 轴相交)，对于每个挤出行程用虚线示出。Y 轴交叉点的驱动压力对应于相应液化器峰值温度的构成材料的触变阈值。同样，在适合于挤出用于比较例 A-D 的标准的 ABS 共

聚物的 280°C 的液化器峰值温度，标准的 ABS 共聚物具有约 6.8 兆帕(约 980psi)的触变阈值。相比之下，用于实施例 9-12 的改性 ABS 材料在 280°C 的液化器峰值温度时具有约 3.9 兆帕(约 560psi)的触变阈值。而且，对于 300°C 的液化器峰值温度(该温度为挤出用于实施例 9-12 的改性 ABS 材料所希望的温度)，改性 ABS 材料具有约 3.0 兆帕(约 430psi)的触变阈值。

因此，与标准 ABS 共聚物相比，改性 ABS 材料流动特性接近牛顿性流动 (Newtonian flow)。表现出牛顿性流动的材料将展现出线性挤出行程形状，并与 y 轴在零驱动压力处交叉(即，没有触变阈值)。由于几个因素，如液化器中的润湿环形室 (wetting doughnuts) 更接近构造顶端、构成材料在液化器中更长时间内为固态、以及剪切层被推动为更靠近液化器壁，使得图 8 所示的挤出行程形状表现出指数趋向。

从定量上说，在 280°C 的液化器峰值温度，改性 ABS 材料具有小于标准的 ABS 共聚物的触变阈值的约 60%的触变阈值。此外，当比较适合于挤出材料的温度时(即，标准的 ABS 共聚物的 280°C，以及改性 ABS 材料的 300°C)，改性 ABS 材料具有小于标准的 ABS 共聚物的触变阈值的约 50%的触变阈值。同样，与改性 ABS 材料相比，挤出头将需要产生大于两倍的静态驱动压力来启动标准的 ABS 共聚物的挤出流动。因此，在上述操作条件下采用改性 ABS 材料改善了挤出工艺的响应时间，由此增强了构造 3D 物体时的沉积精确度。

虽然已经参照较佳实施例描述了本发明，本领域技术人员将会认识到，在不背离本发明的精神和范围的前提下，可以在形式和细节方面进行各种修改。

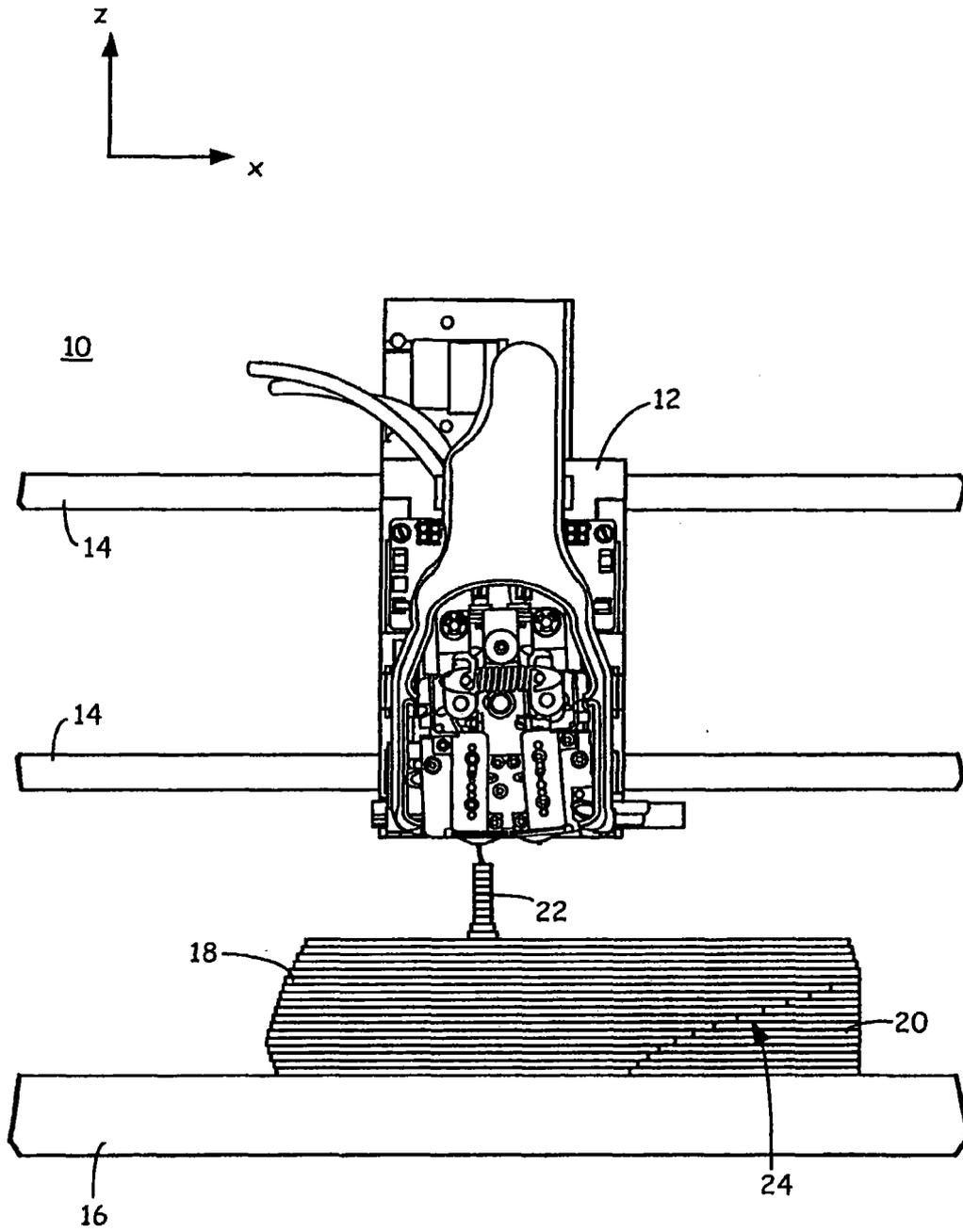


图 1

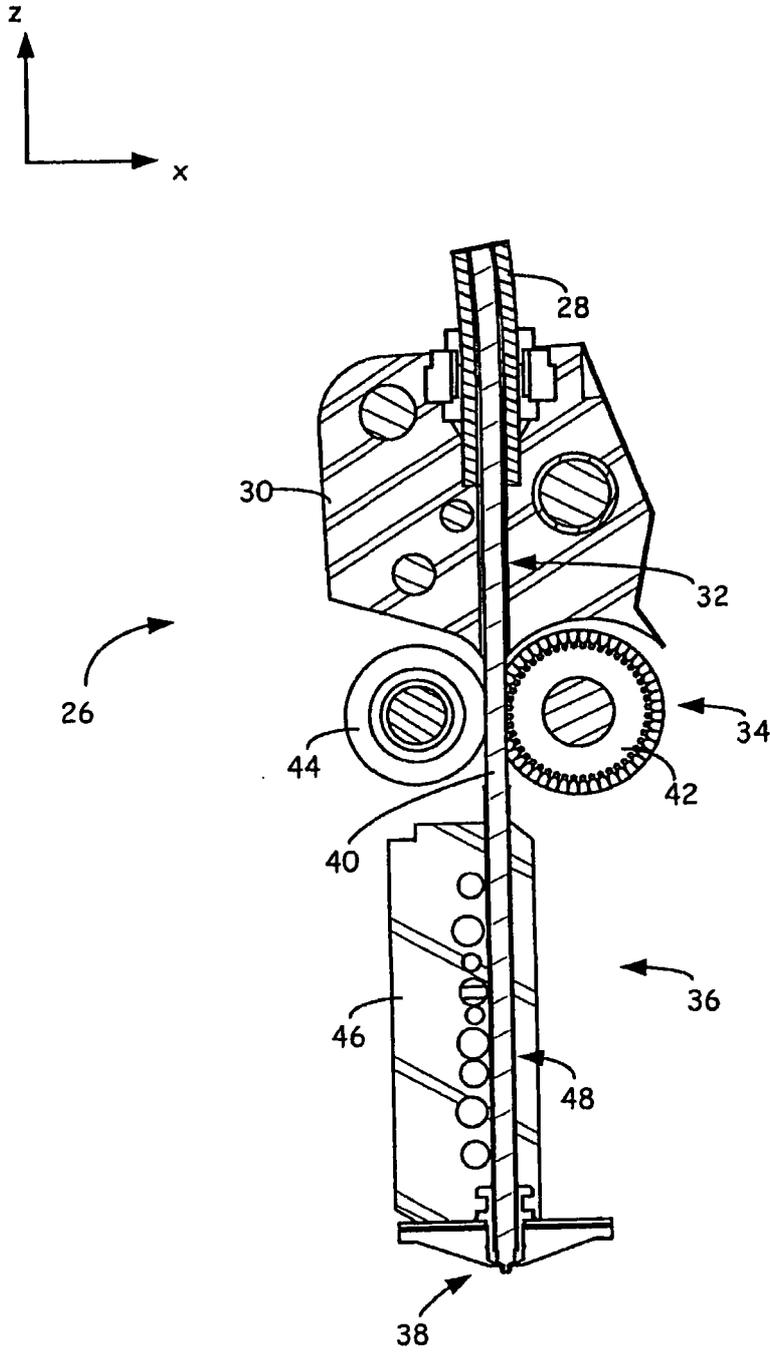


图 2

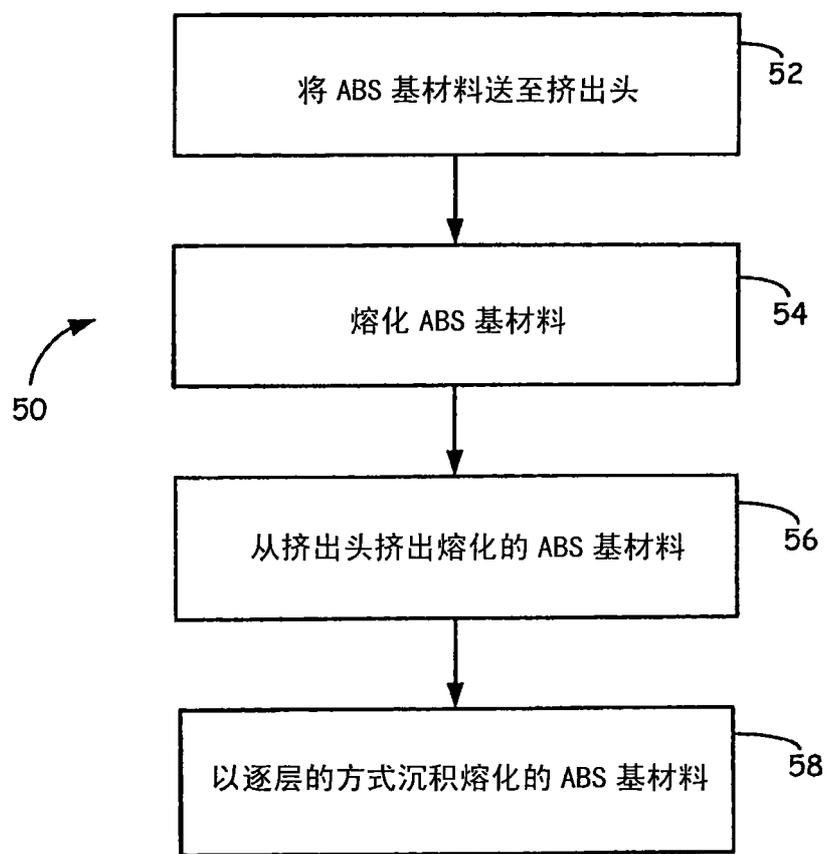


图 3

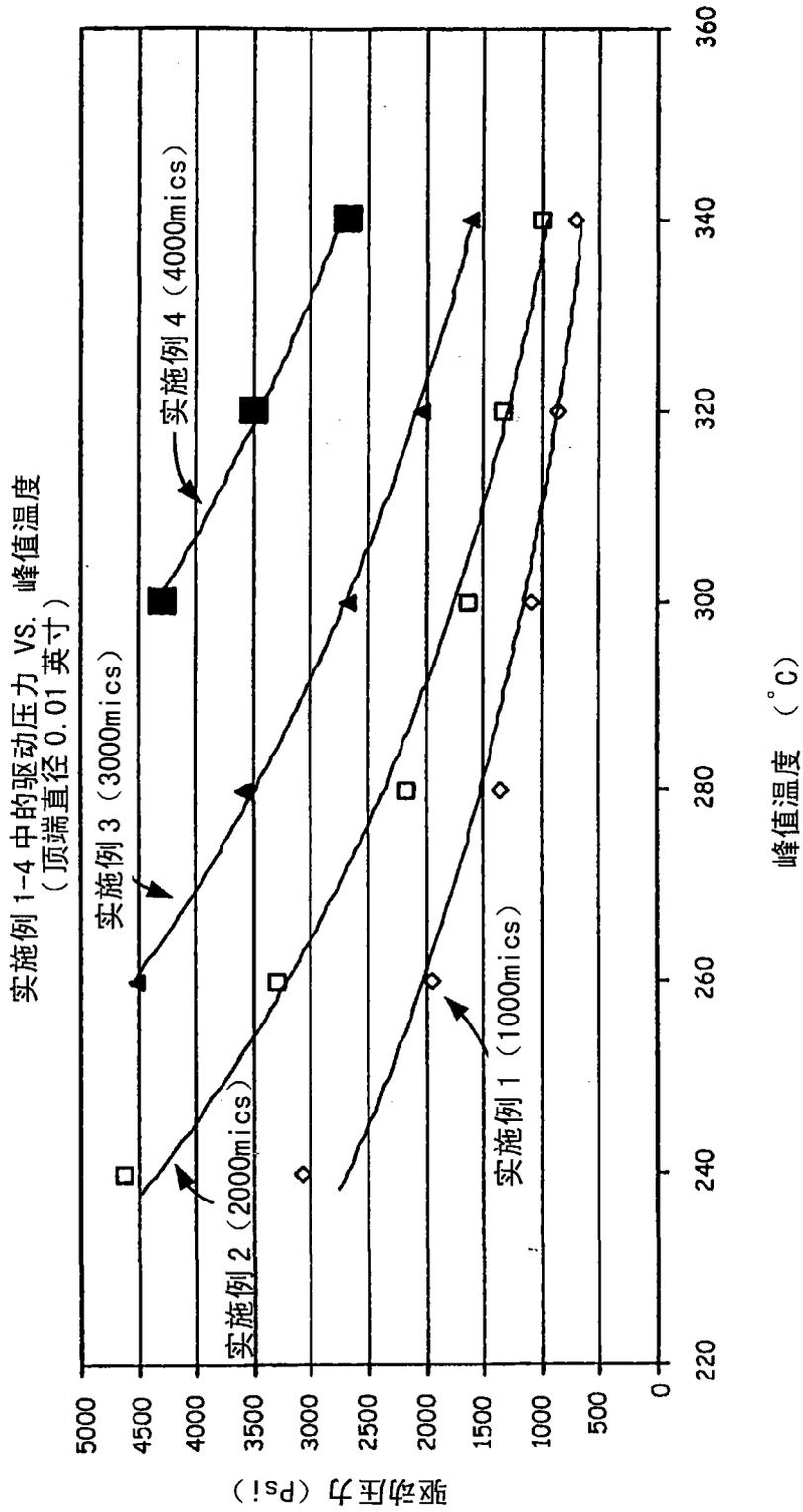


图 4

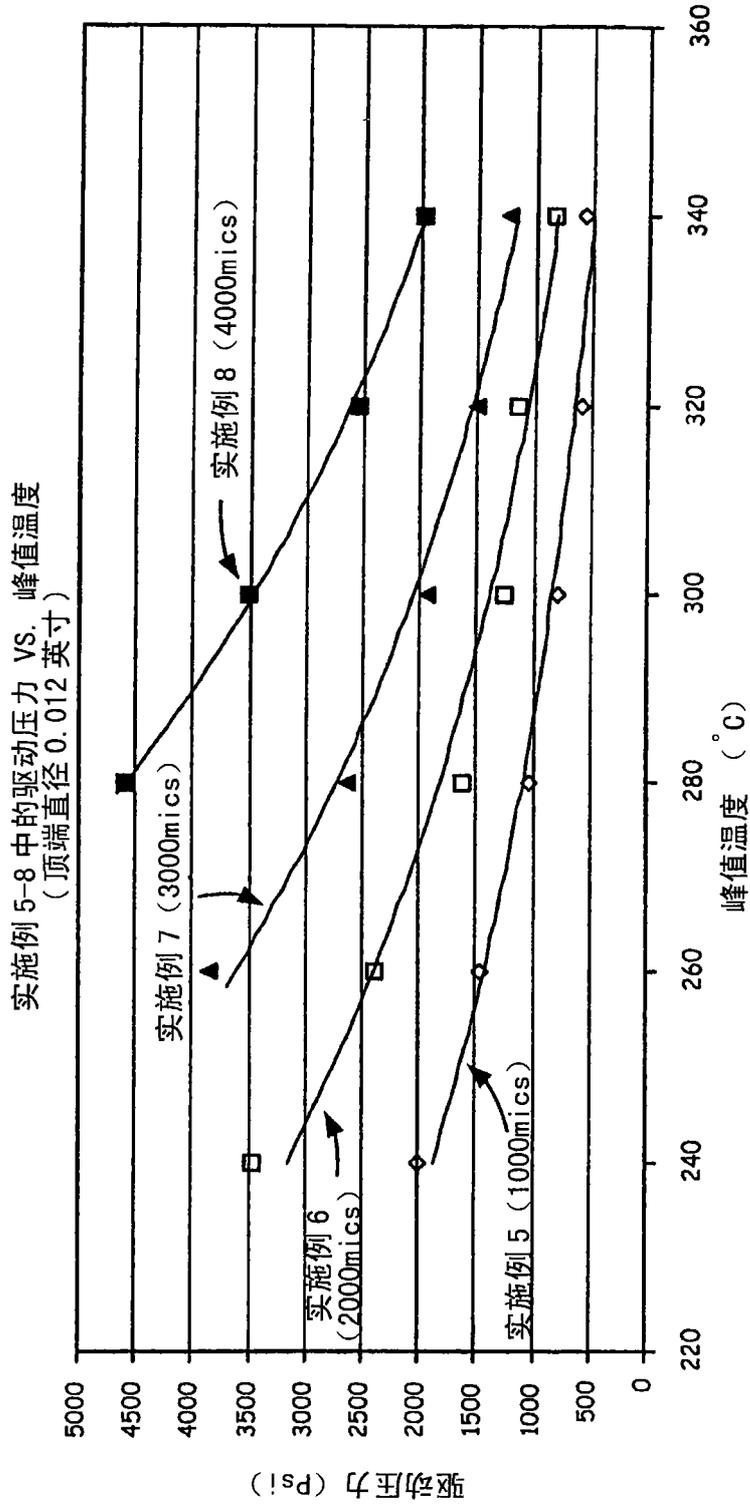


图 5

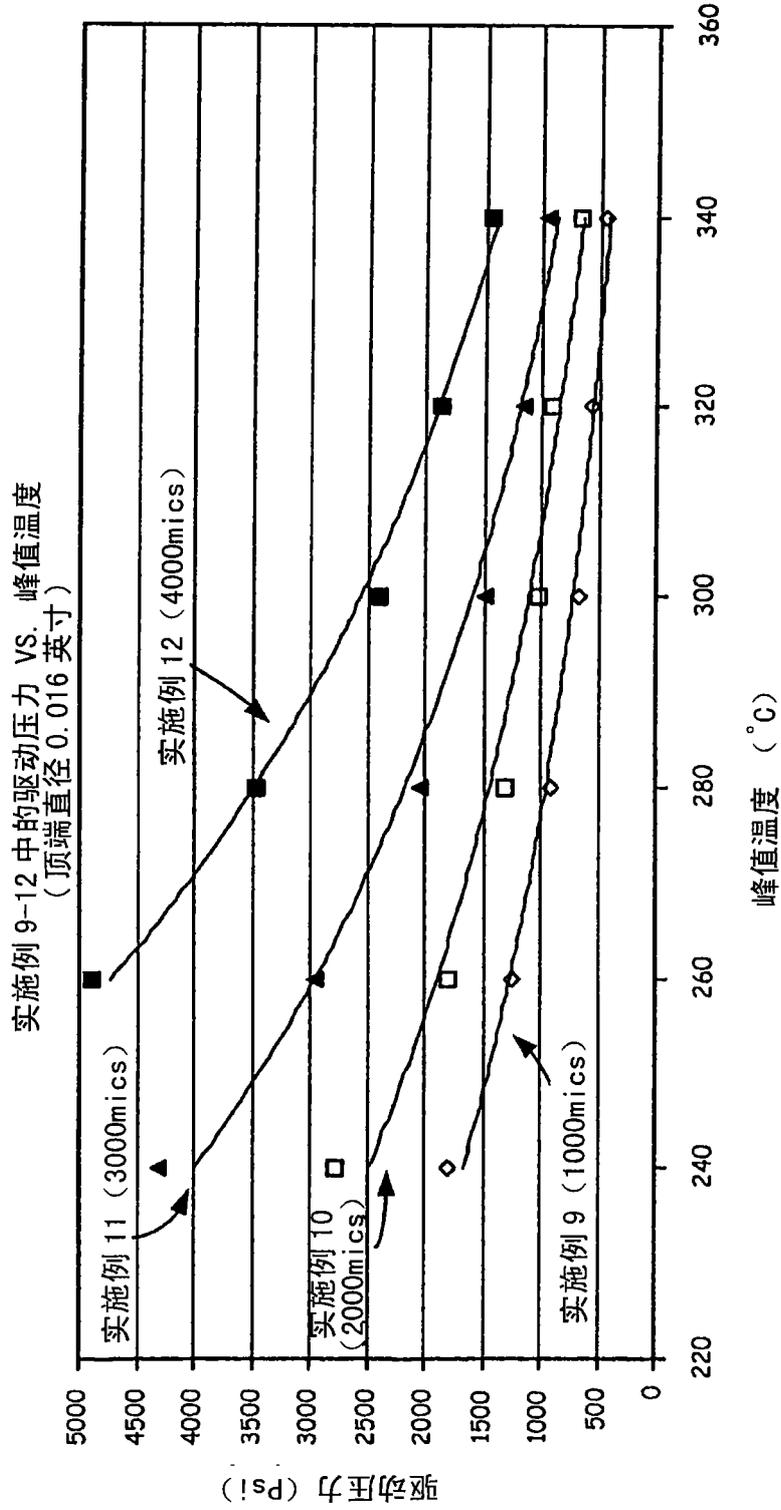


图 6

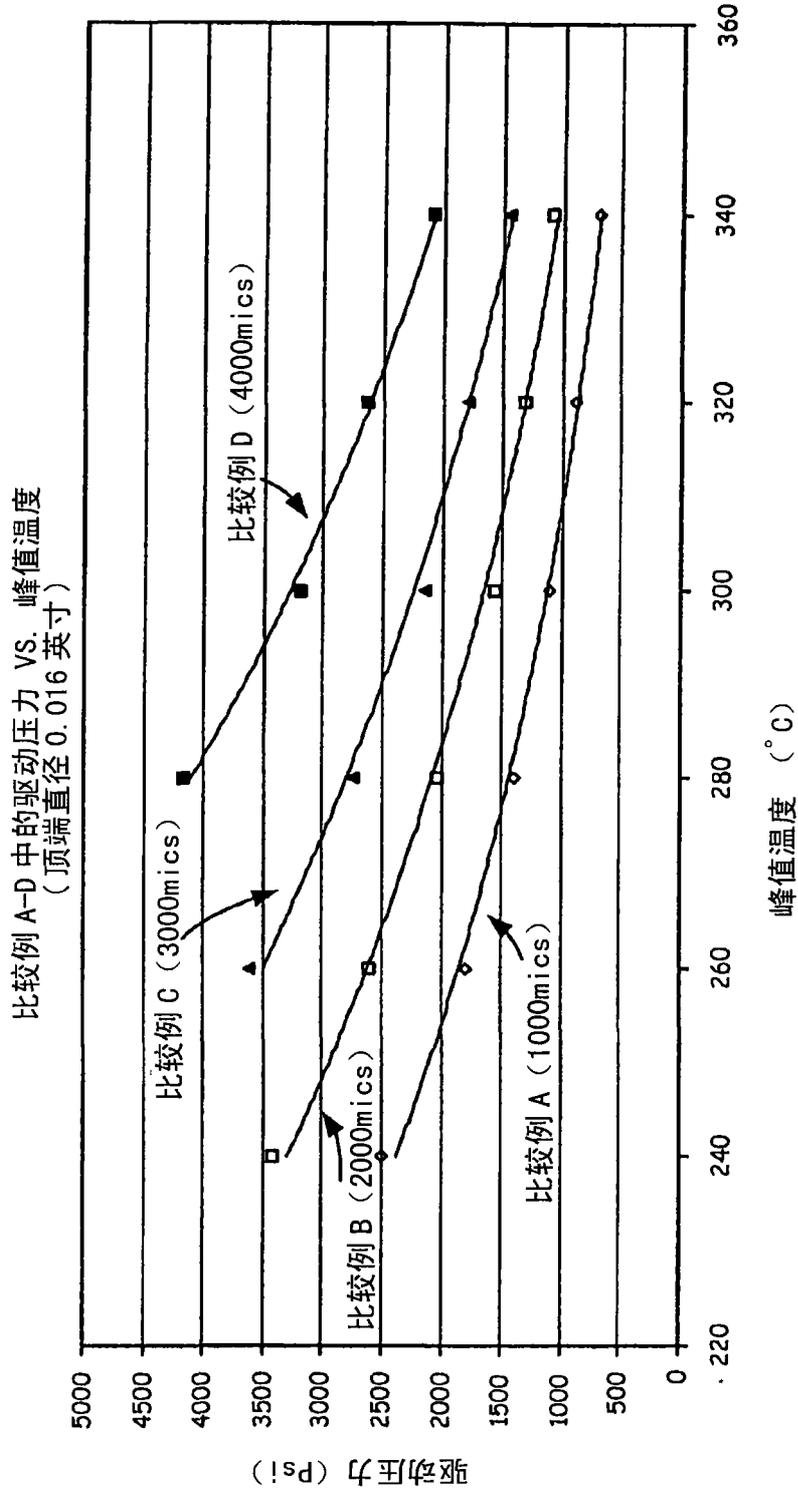


图 7

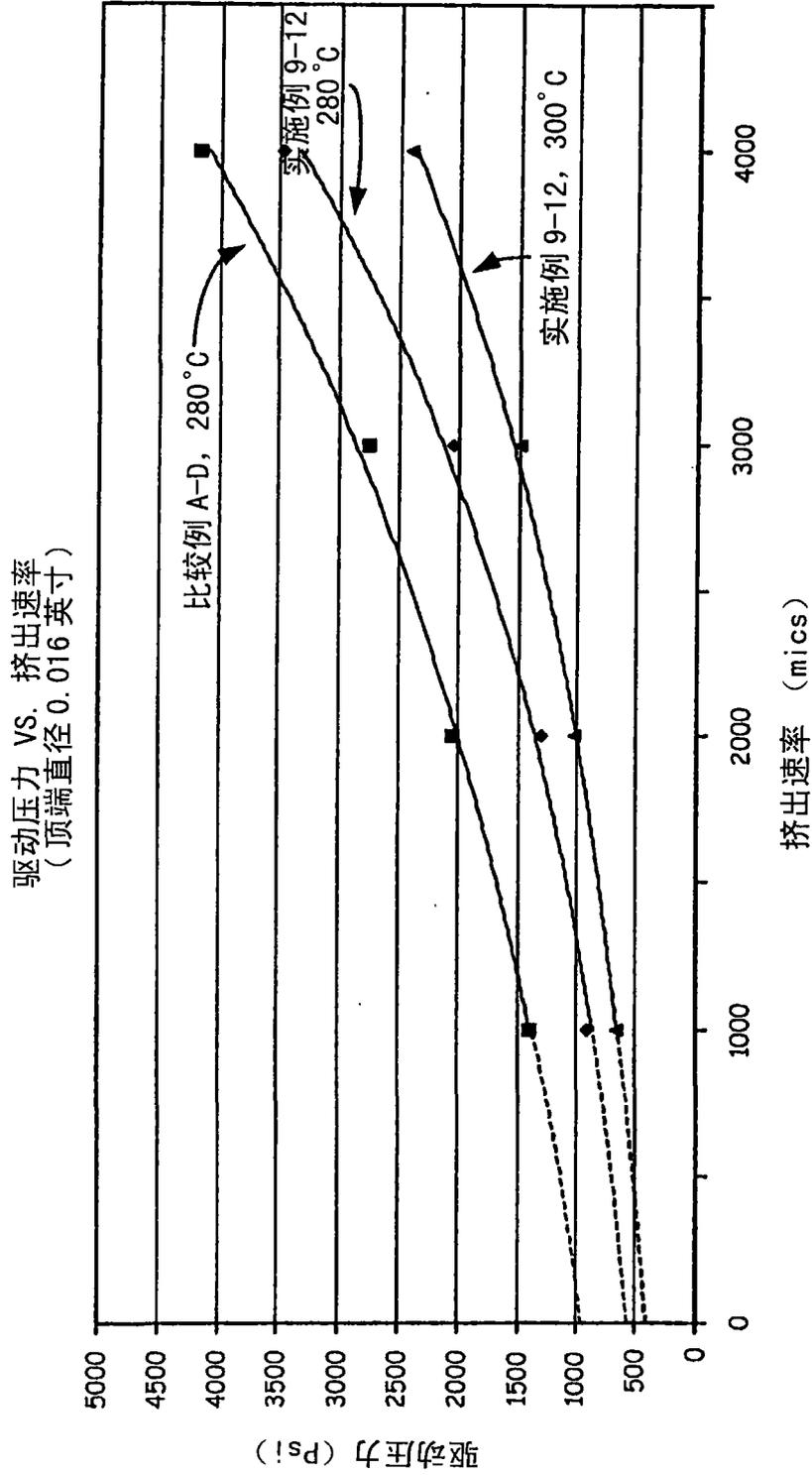


图 8