



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105431272 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201480043052. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 07. 31

B29C 45/76(2006. 01)

B29C 45/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/861,304 2013. 08. 01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 01. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/049150 2014. 07. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/017658 EN 2015. 02. 05

(71) 申请人 艾姆弗勒克斯有限公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 G · M · 埃尔托宁 K · N · 麦糠内尔
V · S · 布雷登巴赫 M · G · 盖戈弗

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 王颖 陈文青

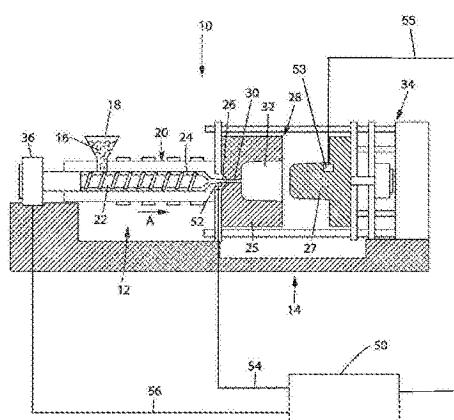
权利要求书2页 说明书21页 附图9页

(54) 发明名称

考虑注塑运行期间材料特性的变化的注塑机
和方法

(57) 摘要

本发明公开了考虑注射运行期间熔融塑性材
料的材料特性变化的方法和机器。如果注射运行
期间熔融塑性材料的粘度变化，则控制器改变注
射循环的步进时间以确保熔融塑性材料完全填充
并装填模具腔体以防止部件缺陷诸如短射或飞
边。



1. 一种自动调节注塑运行中的注塑循环的步进时间以适应熔融塑性材料的流动性变化的方法(图10的#1400;第32页,第14-27行),所述方法包括:

(a) 在注塑运行的第一模塑循环期间,将熔融塑性材料的第一射流注入到(图10的#1410;第32页,第14-27行)模具腔体中,并且从所述熔融塑性材料的第一射流移除注射压力,使得第一模塑循环具有第一步进时间;并且

其特征在于,所述方法还包括:

(b) 在第一模塑循环期间,测量(图10的#1420;第32页,第14-27行)熔融塑性材料到达流动前沿传感器(图1中#53;第14页,第29行-第15页,第10行)的第一时间,所述流动前沿传感器被构造成感测熔融塑性材料的流动前沿在模具腔体中的特定位置处的存在;

(c) 将所述第一时间与预定时间进行第一比较(图10的#1430;第32页,第14-27行)以确定第一比较结果;

(d) 至少部分地基于所述第一比较结果确定(图10的#1440;第32页,第14-27行)第二步进时间;以及

(e) 在第一模塑循环之后,在注塑运行的第二模塑循环期间,将熔融塑性材料的第二射流注入到(图10的#1450;第32页,第14-27行)模具腔体中,并且从所述熔融塑性材料的第二射流移除注射压力,使得所述第二模塑循环具有第二步进时间。

2. 根据权利要求1所述的方法,包括至少部分地基于具有已知流动性的熔融塑性材料的射流到达流动前沿传感器的时间来确定预定时间。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述测量包括测量从第一模塑循环的开始直至流动前沿传感器检测到熔融塑性材料的流动前沿到达的第一时间。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述比较包括确定所述第一时间是大于还是小于所述预定时间。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述第一比较包括将所述第一时间与所述预定时间进行比较以确定第一比较结果,所述第一比较结果是所述第一时间与所述预定时间之间的时间差。

6. 根据权利要求1-5中任一项所述的方法,其中:

所述第一比较包括确定所述第一时间大于所述预定时间;并且

所述移除包括从熔融塑性材料的所述第二射流移除注射压力,使得所述第二模塑循环具有大于所述第一步进时间的第二步进时间。

7. 根据权利要求1-5中任一项所述的方法,其中:

所述第一比较包括确定所述第一时间小于所述预定时间;并且

所述移除包括从熔融塑性材料的所述第二射流移除注射压力,使得所述第二模塑循环具有小于所述第一步进时间的第二步进时间。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在所述第一模塑循环期间,所述测量包括测量所述熔融塑性材料到达所述流动前沿传感器的所述第一时间,所述流动前沿传感器为换能器。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在所述第一模塑循环期间,所述测量包括测量所述熔融塑性材料到达所述流动前沿传感器的所述第一时间,所述流动前沿传感

器位于所述模具腔体的端部的 30% 的范围内。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，其中在所述第一模塑循环期间，所述测量包括测量所述熔融塑性材料到达所述流动前沿传感器的所述第一时间，所述流动前沿传感器是被构造成直接感测所述熔融塑性材料的流动前沿在所述模塑腔体内的存在的传感器。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，还包括：

(f) 在所述第二模塑循环期间，测量所述熔融塑性材料到达所述流动前沿传感器的第二时间；以及

(g) 所述第二时间与所述预定时间的第二比较，以确定第二比较结果；

(h) 至少部分地基于所述第二比较结果确定第三步进时间；以及

(i) 在第二模塑循环之后，在注塑运行的第三模塑循环期间，将熔融塑性材料的第三射流注入到模具腔体中，并且从所述熔融塑性材料的第三射流移除注射压力，使得所述第三模塑循环具有所述第三步进时间。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，包括对于所述注塑运行中的每个模塑循环，基于使用预定时间的比较结果来自动调节其步进时间。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，对于所述注塑运行中的每个模塑循环，基于使用在先前模塑循环中所述熔融塑性材料的射流到达所述流动前沿传感器的时间的比较结果，来自动调节其步进时间。

14. 一种控制器（图 1 中 #50；第 14 页，第 24 行 – 第 15 页，第 25 行），所述控制器被构造成执行根据前述权利要求中任一项所述的方法。

15. 一种模塑机（图 1 中 #10；第 13 页，第 22 行 – 第 14 页，第 23 行），所述模塑机包括根据权利要求 14 所述的控制器。

考慮注塑运行期间材料特性的变化的注塑机和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及生产注塑部件的注塑机和方法，并且更具体地，涉及在注塑运行期间调节注塑机的操作参数来考慮注塑材料的材料特性变化的注塑机，以及考慮注塑运行期间注塑材料特性变化的方法。

背景技术

[0002] 注塑是一种通常用于大批量制造的由可熔融材料制成的部件（最常见的是由热塑性聚合物制成的部件）的技术。在重复性注塑期间，将塑性树脂（最常见的为小珠或粒料形式）引入注塑机中，注塑机在热、压力和剪切下使所述树脂珠熔融。将现在的熔融树脂强力地注入到具有特定腔体形状的模具腔体中。所注入的塑料在压力下被保持在模具腔体中、冷却、然后作为固化部件被移出，所述固化部件具有的形状基本上复制了模具的腔体形状。模具自身可具有单一腔体或多个腔体。每个腔体均可通过浇口连接到流动通道，浇口将熔融树脂流引导至腔体中。模塑部件可具有一个或多个浇口。常见的是大部件具有两个、三个或更多个浇口以缩短聚合物为填充模塑部件而必须行进的流动距离。每个腔体的一个或多个浇口可位于部件几何形状上的任何位置，并具有任何横截面形状诸如基本上圆形或以 1.1 或更大的纵横比成型。因此，典型的注塑程序包括四个基本操作：(1) 将塑性材料在注塑机中加热，以允许所述塑性材料在压力下流动；(2) 将熔融塑性材料注入到限定于已闭合的两个模具半块之间的一个或多个模具腔体中；(3) 允许所述塑性材料在所述一个或多个腔体中冷却并硬化同时处于压力下；以及 (4) 打开模具半块并将部件从模具中顶出。

[0003] 在注塑期间，将熔融塑性树脂注入到模具腔体中，并且通过注塑机迫使所述塑性树脂注入到腔体中，直至塑性树脂到达腔体中的最远离浇口的位置。此后，塑性树脂从背对着浇口的端部填充腔体。所得的该部件的长度和壁厚取决于模具腔体的形状。

[0004] 在一些情况下，可能期望减小注塑部件的壁厚以减少塑性材料含量，并因此降低最终部件的成本。使用常规高可变压力注塑法减小壁厚可能是昂贵且不易完成的任务。事实上，常规的注塑机（例如在较高压力下注射熔融塑性树脂的机器）具有关于如何模塑部件的薄壁的实际限制。一般来讲，常规的注塑机不能模塑具有大于约 200 的薄壁比率（如由下文所示的 L/T 比率定义）的部件。此外，模塑具有大于 100 的薄壁比率的薄壁部件要求在电流容量高端点处的压力，并因此要求能够处理这些高压力的压机。

[0005] 当填充薄壁部件时，当前的行业惯例是在模塑机可达到的最高可能速率下填充模具腔体。该方法确保了在聚合物在模具中固化或“冻结”之前模具腔体被填充。这种方法具有两个缺点。第一是为实现非常高的填充速度要求非常高的功率负荷，并且这要求非常昂贵的模塑设备。另外，大多数电压机不能提供足够的功率以实现这些高填充速率，或者要求非常复杂且昂贵的驱动系统，所述驱动系统显著增加了模塑设备的成本使得它们在经济上不实际。

[0006] 第二个缺点是高填充速率需要非常高的压力。这些高压力导致需要非常高的夹紧力以在填充期间保持模具闭合，并且这些高夹紧力导致非常昂贵的模塑设备。高压力还需

要由非常高强度的材料、通常为硬质工具钢制成的注塑芯。这些高强度模具也非常昂贵，并且对于很多模塑组件而言，可以是经济上不切实际的。即使具有这些基本的缺点，但是对薄壁注塑组件的需求仍然很高，因为这些组件使用较少的聚合物材料来形成模塑部件，从而导致多于抵消较高设备成本的材料节约。另外，一些模塑组件需要非常薄的设计元件以适当地运行，诸如需要挠曲的设计元件，或必须与其它设计元件的非常小的结构配合的设计元件。

[0007] 当以常规注塑方法将液态塑性树脂引入注射模具中时，邻近腔体壁的材料立即开始“冻结”、或硬化、或固化，或在结晶聚合物的情况下，塑性树脂开始结晶，因为液态塑性树脂冷却至低于材料的不流动温度的温度，并且液态塑料的一部分变成静态。这种邻近模具壁的冻结材料使热塑性材料在其向模具腔体的端部前进时所行进的流动通道变窄。邻近模具壁的冻结材料层的厚度随着模具腔体填充的进行而增加，这造成聚合物必须流动通过以继续填充模具腔体的横截面积逐渐减小。随着材料冻结，其还收缩、从模具腔体壁脱离，这减少了材料通过模具腔体壁的有效冷却。因此，常规注塑机非常快速地用塑料填充模具腔体，然后保持填料压力以将材料推向模具腔体侧，来增强冷却并保持模塑部件的正确形状。常规模塑机通常具有由约 10% 注射时间，约 50% 填料时间，以及约 40% 冷却时间组成的循环时间。

[0008] 当模具腔体中的塑料冻结时，常规注塑机增加注射压力（以保持基本上恒定的体积流量，由于变小的横截面流动面积）。然而，增加压力会具有成本和性能两方面的缺点。当模塑组件所需的压力增加时，模塑设备必须具有足够的强度以耐受附加的压力，这一般等同于更昂贵的花费。制造商可能不得不购买新的设备以适应于这些增加的压力。因此，减小给定部件的壁厚可产生用以通过常规注塑技术实现所述制造的大量资本花费。

[0009] 为了避免上述的一些缺点，很多常规的注塑操作使用剪切致稀塑性材料以改善塑性材料进入模具腔体中的流动特性。在将剪切致稀塑性材料注入到模具腔体中时，在塑性材料和模具腔体壁之间产生剪切力并且模具腔体壁趋于减小塑性材料的粘度，由此使塑性材料更自由且容易地流入模具腔体中。因此，可足够快地填充薄壁部件以避免材料在完全填充模具之前完全冻结。

[0010] 粘度的减少与塑性材料和进料系统之间、以及塑性材料和模具腔体壁之间产生的剪切力的量级直接相关。因此，这些剪切致稀材料的制造商和注塑系统的操作者已努力驱使模塑压力更高以提高剪切，从而降低粘度。通常，高输出注塑系统（即，101 级和 30 级系统）在通常 15,000psi 或更高的熔体压力下将塑性材料注入到模具腔体中。剪切致稀塑性材料的制造商教导注塑操作者在高于最小熔体压力下将塑性材料注入到模具腔体中。例如，通常在大于 6,000psi（由聚丙烯树脂制造商推荐的范围通常为大于 6,000psi 至约 15,000psi）的压力下加工聚丙烯树脂。压机制造商和加工工程师通常推荐在所述范围的顶端或显著更高下加工剪切致稀聚合物，以实现最大的潜在剪切致稀，其通常大于 15,000psi，以从塑性材料中提取最大致稀和更好的流动性能。剪切致稀热塑性聚合物一般在超过 6,000psi 至约 30,000psi 的范围内加工。即使使用剪切致稀塑料，对于薄壁部件的高可变压力注塑也存在实际限制。目前该限制在具有 200 或更大的薄壁比率的薄壁部件的范围内。此外，即使具有介于 100 至 200 之间的薄壁比率的部件也可能变得成本过高，因为这些部件一般要求注射压力介于约 15,000psi 和约 20,000psi 之间。

[0011] 生产薄壁消费品的高产注塑机（即，101 级和 30 级模塑机）仅使用模具中的大部分由高硬度材料制成的模具。高产注塑机通常每年经历 500,000 次循环或更多。优质工业生产模具必须被设计成经受至少每年 500,000 次循环，优选地多于每年 1,000,000 次循环，更优选地多于每年 5,000,000 次循环，并且甚至更优选地多于每年 10,000,000 次循环。这些机器具有多腔体模具和复杂的冷却系统以提高生产率。高硬度材料比低硬度材料更能够经受重复的高压夹紧操作。然而，高硬度材料如大多数工具钢，具有相对低的热导率，一般小于 20BTU/HR FT °F，这导致较长的冷却时间，因为热从熔融塑性材料传递通过高硬度材料。

[0012] 即使现有的高可变压力注塑机具有不断增加的注射压力范围，在常规的高 (20,000psi) 可变压力注塑机中模塑薄壁部件的实际限制也仍然为约 200 (L/T 比率)，并且对于很多制造商而言，具有介于约 100 至约 200 之间的薄壁比率的薄壁部件可能是成本过高的。

[0013] 模塑条件的变化可显著影响熔融塑性材料的特性。更具体地，环境条件的变化（诸如温度的变化）可升高或降低熔融塑性材料的粘度。当熔融塑性材料的粘度变化时，可影响模塑部件的质量。例如，如果熔融塑性材料的粘度增加，则模塑部件可经历短射，或熔融塑性材料的短缺。在另一方面，如果熔融塑性材料的粘度降低，则模塑部件可经历飞边，因为较稀的熔融塑性材料被挤压到模具腔体的缝隙中。另外，与原始材料混合的再循环塑性材料可改变混合的塑性材料的熔体流动指数 (MFI)。常规注塑机不调节操作参数来考虑材料特性的这些变化。因此，常规注塑机可生产较低质量的部件，所述部件必须在质量控制检测期间被移除，从而导致操作低效性。

附图说明

[0014] 附图所示的实施例在性质上为例证性和示例性的，而并不旨在限制由权利要求所限定的主题。当结合以下附图阅读时，能够理解对以下例示性实施例的详细描述，其中用类似的附图标号表示类似的结构，并且其中：

[0015] 图 1 示出了根据本公开构造的注塑机的示意图；

[0016] 图 2 示出了形成于图 1 的注塑机中的薄壁部件的一个实施例；

[0017] 图 3 为图 1 的注塑机的腔体压力对时间的图，其叠加于常规注塑机的腔体压力对时间的图之上；

[0018] 图 4 为图 1 的注塑机的腔体压力对时间的另一图，其叠加于常规注塑机的腔体压力对时间的图之上，所述图示出了用于某些填充步骤的填充时间的百分比；

[0019] 图 5A-5D 为在通过常规注塑机填充的各个阶段中，薄壁模具腔体的一部分的侧面剖视图；

[0020] 图 6A-6D 为在通过图 1 的注塑机填充的各个阶段中，薄壁模具腔体的一部分的侧面剖视图。

[0021] 图 7 为可在图 1 的注塑机上进行的注塑循环的示意图。

[0022] 图 8 为注塑机的压力对时间的图，其示出了熔融塑性材料的粘度变化的影响；

[0023] 图 9 为注塑机的压力对时间的图，其示出了可基于熔融塑性材料的粘度的变化通过控制器来进行步进时间调节以确保模具腔体正确填充并且熔融塑性材料完全填充模具

腔体；

[0024] 图 10 为示出考虑熔融塑性材料的粘度变化的注塑方法的逻辑图；并且

[0025] 图 11 为考虑熔融塑性材料的粘度变化的注塑方法的另选的实施例的逻辑图。

具体实施方式

[0026] 本发明的实施例一般涉及通过注塑制备产品的系统、机器、产品、以及方法，并且更具体地涉及通过基本上低恒压注塑制备产品的系统、产品、以及方法。然而，本文所述的考虑熔融塑性材料的粘度变化的装置和方法不限于基本上低恒压注塑机和方法。相反，本发明所公开的考虑熔融塑性材料的粘度变化的装置和方法可结合到几乎任何注塑机或方法中，包括但不限于高压方法、低压方法、可变压力方法以及恒压或基本上恒压方法。

[0027] 如本文所用，相对于热塑性材料的熔体压力的术语“低压”，是指 15,000psi 和更低的注塑机的喷嘴附近的熔体压力。

[0028] 如本文所用，相对于热塑性材料的熔体压力的术语“基本上恒定的压力”，是指与基线熔体压力的偏差不产生热塑性材料物理特性方面的有意义的变化。例如，“基本上恒定的压力”包括但不限于熔融热塑性材料的粘度不为此发生有意义变化的压力变化。在这方面，术语“基本上恒定”包括与基线熔体压力大约 30% 的偏差。例如，术语“大约 4600psi 的基本上恒定的压力”包括在约 6000psi (30 % 高于 4600psi) 至约 3200psi (30 % 低于 4600psi) 范围内的压力波动。只要熔体压力波动不超过所列举压力的 30%，就认为熔体压力是基本上恒定的。

[0029] 如本文所用，术语“熔体夹持器”是指包含与机器喷嘴流体连通的熔融塑料的注塑机的部分。将熔体夹持器加热，使得聚合物可在期望的温度下制备并保持。将熔体夹持器连接至电源，例如液压缸或电动伺服马达，所述电源与中央控制单元连通，并可被控制以推进隔膜来迫使熔融塑料穿过机器喷嘴。然后熔融材料流动穿过流道系统进入模具腔体中。熔体夹持器的横截面可为圆柱形，或具有可供选择的横截面，所述横截面将允许隔膜迫使聚合物在范围可从低至 100psi 至 40,000psi 或更高的压力下穿过机器喷嘴。隔膜可任选地整体地连接至往复式螺杆，所述往复式螺杆具有设计成在注射前使聚合物材料塑化的刮片。

[0030] 术语“高 L/T 比率”一般是指 100 或更大的 L/T 比率，且更具体地是指 200 或更大，但是小于 1000 的 L/T 比率。L/T 比率的计算定义如下。

[0031] 术语“峰值流量”一般是指如在机器喷嘴处测量的最大体积流量。

[0032] 术语“峰值注射速率”一般是指注射活塞在迫使聚合物进入进料系统的过程中行进的最大线性速度。所述活塞可以为往复式螺杆，诸如在单级注射系统的情况下，或液压式活塞，诸如在二级注射系统的情况下。

[0033] 术语“活塞速率”一般是指注射活塞在迫使聚合物进入进料系统的过程中行进的线性速度。

[0034] 术语“流量”一般是指如在机器喷嘴处测量的聚合物的体积流量。该流量可基于活塞速率和活塞横截面积来计算，或用位于机器喷嘴中的适宜的传感器来测量。

[0035] 术语“腔体填充百分比”一般是指按体积计填充的腔体的百分比。例如，如果腔体被填充了 95%，则被填充的模具腔体的总体积占模具腔体总体积容量的 95%。

[0036] 术语“熔体温度”一般是指使用热流道系统时，熔体夹持器中以及材料进料系统中所保持的聚合物温度，所述温度使聚合物保持在熔融状态。熔体温度按材料而变化，然而，期望的熔体温度一般理解为落入材料制造商推荐的范围内。

[0037] 术语“浇口尺寸”一般是指由流道和模具腔体相交而形成的浇口的横截面积。对于热流道系统而言，浇口可以为开口设计，其中在浇口处不存在材料流的主动切断，或闭合设计，其中使用阀销以机械切断通过浇口进入模具腔体的材料流（通常被称为阀门浇口）。浇口尺寸是指横截面积，例如 1mm 浇口直径是指相当于在浇口与模具腔体相遇的点处，浇口的横截面积为 1mm 尺寸的浇口的横截面积。浇口的横截面可以为任何期望的形状。

[0038] 术语“有效浇口面积”一般是指对应于模具腔体与将热塑性材料给料于模具腔体的进料系统的材料流动通道（例如，流道）的交叉点的浇口横截面积。浇口可以加热或不加热。浇口可以是圆形，或适于实现期望的热塑性材料进入模具腔体的流动的任何横截面形状。

[0039] 术语“增强比”是指在注射活塞迫使熔融聚合物穿过机器喷嘴时，注射电源具有的机械效益。对于液压式电源而言，常见的是液压式活塞将具有超过注射活塞 10:1 的机械效益。然而，所述机械效益的范围可从非常低的比率诸如 2:1 至非常高的机械效益比率诸如 50:1。

[0040] 术语“峰值功率”一般是指在填充模具腔体时产生的最大功率。峰值功率可在填充周期中的任何点处产生。峰值功率通过在机械喷嘴处测量的塑性压力乘以机械喷嘴处测量的流量的乘积来测定。功率由式 $P = p*Q$ 计算，其中 p 为压力，并且 Q 为体积流量。

[0041] 术语“体积流量”一般是指如在机器喷嘴处测量的流量。该流量可基于活塞速率和活塞横截面积来计算，或用位于机器喷嘴中的适宜的传感器来测量。

[0042] 当相对于包括热塑性材料的模具腔体使用时，术语“填充”和“充满”可互换，并且两个术语均是指热塑性材料停止流入模具腔体中。

[0043] 术语“注射量”一般是指待从熔体夹持器中注射以完全填充一个或多个模具腔体的聚合物的体积。注射量体积基于注射前熔体夹持器中的聚合物的温度和压力来测定。换句话讲，注射量是在给定温度和压力下的注塑活塞的一次冲程中注射的熔融塑性材料的总体积。注射量可包括穿过一个或多个浇口将熔融塑性材料注入到一个或多个注射腔体中。熔融塑性材料的射流还可通过一个或多个熔体夹持器来制备和注射。

[0044] 术语“停顿”一般是指某个点，在所述点处流动前沿的速度最小化到足够使聚合物的一部分下降至低于其不流动温度并开始冻结。

[0045] 当用于本文时，术语“电动马达”或“电压机”包括电动伺服马达和电动线性马达。

[0046] 术语“峰值功率流量因子”是指在单个注塑循环期间注塑系统所要求的峰值功率的归一化量度，并且可将所述峰值功率流量因子用于直接比较不同注塑系统的功率要求。峰值功率流量因子通过首先测定峰值功率，所述峰值功率对应于填充循环（如本文定义）期间的模塑压力乘以流量的最大乘积，然后测定待填充模具腔体的注射量来计算。然后，峰值功率流量因子通过峰值功率除以注射量来计算。

[0047] 术语“低恒压注塑机”定义为使用小于 15,000psi 的基本上恒定注射压力的 101 级或 30 级注塑机。另选地，术语“低恒压注塑机”可定义为使用小于 15,000psi 的基本上恒定注射压力并且在模具芯（其由在两者之间限定模具腔体的第一模具部件和第二模具部件

组成)达到其使用寿命终点之前,能够进行多于1百万次循环,优选地多于125万次循环,更优选地多于2百万次循环,更优选地多于5百万次循环,并且甚至更优选地多于1千万次循环的注塑机。“低恒压注塑机”的特征包括具有大于100(并且优选大于200)的L/T比率的模具腔体,多个模具腔体(优选地4个模具腔体,更优选地16个模具腔体,更优选地32个模具腔体,更优选地64个模具腔体,更优选地128个模具腔体还更优选256个模具腔体,或者介于4和512之间的任何数目的模具腔体),加热流道,以及引导顶出机制。

[0048] 术语“使用寿命”定义为在故障或计划替换之前模具部件的预期寿命。当与模具部件或模具芯(或限定模具腔体的模具的任何部件)一起使用时,术语“使用寿命”是指在模具部件中产生质量问题之前,在产生模具部分的完整性的问题之前(例如,磨损、分模线变形、切断表面变形或过度磨损),或者在模具部件中出现机械故障之前(例如疲劳故障或疲劳断裂),预期模具部件或模具芯将在使用中的时间。通常,当限定模具腔体的接触表面必须被丢弃或替换时,模具部件达到其“使用寿命”的终点。模具部件可能需要在模具部件的“使用寿命”期间时不时地修理或翻新,并且这种修理或翻新不需要完全替换模具部件以实现可接受的模塑部件质量和模塑效率。另外,损坏可能对于与模具部件的正常操作无关的模具部分而发生,诸如不适当从模具移除一个部件并且大力迫使模具在非顶出部件上闭合,或者操作者使用错误的工具移除模塑部件并损坏模具组件。因此,有时使用独立的模具部件以在其达到它们的使用寿命之前替换这些损坏的组件。因为损坏而替换模具部件不改变预期使用寿命。

[0049] 术语“引导顶出机制”定义为开动以将模塑部件从模具腔体中物理顶出的动态部件。

[0050] 术语“涂层”定义为厚度小于0.13mm(0.005英寸)的材料层,其设置在限定模具腔体的模具部件的表面上,具有不是限定模具腔体的形状的主要功能(例如保护限定模具腔体的材料的功能,或减少模塑部件和模具腔体壁之间的摩擦以增强模塑部件从模具腔体移除的功能)。

[0051] 术语“平均热导率”定义为组成模具腔体或模具侧面或模具部件的任何材料的热导率。构成涂层、层叠板、支撑板、和浇口或流道的材料,无论其与模具腔体整合还是独立于模具腔体,均不包括在平均热导率内。平均热导率基于体积加权计算。

[0052] 术语“有效冷却表面”定义为通过其从模具部件移除热的表面。有效冷却表面的一个示例为限定通道的表面,所述通道用于冷却来自动冷却系统的流体。有效冷却表面的另一个示例为热通过其耗散到大气的模具部件的外表面。模具部件可具有多于一个有效冷却表面并因此可具有介于模具腔体表面和每个有效冷却表面之间的独特的平均热导率。

[0053] 术语“标称壁厚”定义为当模具腔体被制成具有均匀厚度时,模具腔体的理论厚度。标称壁厚可近似平均壁厚。标称壁厚可通过将由单个浇口填充的模具腔体的长度和宽度积分来计算。

[0054] 术语“平均硬度”定义为以期望体积计的任何材料或材料组合的洛氏硬度(Rockwell hardness)。当存在多于一种材料时,平均硬度基于每种材料的体积权重百分比计。平均硬度计算包括构成模具腔体的任何部分的材料的硬度。无论其是否与模具腔体整合,平均硬度计算均不包括构成涂层、层叠板、浇口或流道、以及支撑板的材料。一般来讲,平均硬度是指模具冷却区中的材料的体积加权硬度。

[0055] 术语“模具冷却区”定义为位于模具腔体表面和有效冷却表面之间的材料的体积。

[0056] 术语“循环时间”或“注塑循环”定义为完全形成注塑部件所需要的注塑过程的单次迭代。循环时间或注塑循环包括以下步骤：将熔融热塑性材料推进到模具腔体中，用热塑性材料基本上填充模具腔体，冷却热塑性材料，将第一模具侧和第二模具侧分离以暴露冷却的热塑性材料，移除热塑性材料，以及闭合第一模具侧和第二模具侧。

[0057] 如本文所用，术语“注塑运行”包括常用注塑机上进行的一系列连续注塑循环。

[0058] 如本文所用，“流动性”包括在其流动通过注塑系统时，熔融塑性材料的流动阻力，并考虑对熔融塑性材料的相对粘度的所有影响，包括但不限于熔融塑性材料的组成、温度、剪切、模具设计以及部件设计。

[0059] 术语“步进时间”定义为介于注塑循环开始和注塑循环结束之间的时间。注塑循环的开始是当熔融塑性材料的注射起始时的时刻。注塑循环的结束是正好在模具打开以顶出模塑部件之前的时刻。换句话讲，注塑循环的结束是从模具的塑性材料移除注射压力的时刻。

[0060] 低恒压注塑机还可以为高生产率注塑机（例如，101 级或 30 级注塑机，或“超高生产率注塑机”），诸如 2012 年 8 月 31 日提交的美国专利申请 13/601,514 中公开的高生产率注塑机，其以引用方式并入本文，所述注塑机可用于生产薄壁消费产品，诸如牙刷柄部和剃刀柄部。薄壁部件一般定义为具有 100 或更大的高 L/T 比率。

[0061] 具体参见附图，图 1 示出示例性低恒压注塑设备 10，其一般包括注射系统 12 和夹紧系统 14。可以热塑性粒料 16 的形式将热塑性材料引入注射系统 12 中。可将热塑性粒料 16 放置于料斗 18 中，所述料斗将热塑性粒料 16 喂入注射系统 12 的加热圆筒 20 中。热塑性粒料 16 在被喂入加热圆筒 20 中之后可由往复式螺杆 22 驱动至加热圆筒 20 的端部。加热所述加热圆筒 20 以及通过往复式螺杆 22 压缩热塑性粒料 16 导致热塑性粒料 16 融化，从而形成熔融热塑性材料 24。通常在约 130℃ 至约 410℃ 的温度下处理所述熔融热塑性材料。

[0062] 往复式螺杆 22 迫使熔融热塑性材料 24 朝向喷嘴 26 以形成热塑性材料的射流，所述射流将经由一个或多个浇口 30，优选地三个或更少的浇口被注入到模具 28 的模塑腔体 32 中，所述浇口引导熔融热塑性材料 24 流至模具腔体 32。在其它实施例中，可通过进料系统（未示出）将喷嘴 26 与一个或多个浇口 30 隔开。模具腔体 32 在模具 28 的第一模具侧 25 和第二模具侧 27 之间形成，并且第一模具侧 25 和第二模具侧 27 通过压机或合模装置 34 在压力下保持在一起。压机或合模装置 34 在模塑期间施加夹紧力，所述夹紧力大于用于分离两个模具半块 25, 27 的注射压力所施加的力，由此在将熔融热塑性材料 24 注入到模具腔体 32 中的同时使第一模具侧 25 和第二模具侧 27 保持在一起。为支持这些夹紧力，夹紧系统 14 可包括模具架和模具基座。

[0063] 一旦将熔融热塑性材料 24 的射流注入到模具型腔 32 中，往复式螺杆 22 就停止向前行进。熔融热塑性材料 24 采用模具型腔 32 的形式，并且熔融热塑性材料 24 在模具 28 内部冷却直至热塑性材料 24 固化。一旦热塑性材料 24 已固化，压机 34 就释放第一模具侧 25 和第二模具侧 27，所述第一模具侧 25 和第二模具侧 27 彼此分离，并且成品部件可从模具 28 中顶出。模具 28 可包括多个模具腔体 32 以增加总体产率。所述多个模具腔体的腔体形状可以彼此相同、相似或不同。（可认为后者是一套模具腔体）。

[0064] 控制器 50 与位于喷嘴 26 附近的喷嘴传感器 52、位于模具腔体 32 内或靠近模具腔体 32 的流动前沿传感器 53 以及螺杆控制 36 通信连接。控制器 50 可包括微处理器、存储器、以及一个或多个通信链接。流动前沿传感器 53 可提供流入模具腔体 32 的熔融热塑性材料的前缘或流动前沿的位置的指示。虽然示出流动前沿传感器 53 靠近图 1 中模具腔体 32 的端部（例如，最后用熔融塑性材料填充的模具腔体中的位置），但流动前沿传感器 53 可位于介于浇口和最后用熔融热塑性材料填充的模具腔体 32 中的位置之间的模具腔体 32 中的任何位点处。如果流动前沿传感器 53 不位于模具腔体 32 的端部附近，则可施用时间校正因子以与熔融塑性材料的流动前沿将达到模具腔体 32 端部的时间相近似。可能期望使流动前沿传感器 53 位于模具腔体 32 的端部的 30% 内，优选地位于模具腔体 32 的端部的 20% 内，还更优选位于模具腔体 32 的端部的 10% 内。喷嘴传感器 52 和流动前沿传感器 53 可以光学、气动、电、超声波、机械方式或以其它方式通过感测由于热塑性材料的流动前沿的压力和 / 或温度变化来感测热塑性材料的存在。当通过喷嘴传感器 52 测量热塑性材料的压力和温度时，该喷嘴传感器 52 可将压力或温度的信号指示发送至控制器 50，以向控制器 50 提供完成填充时模具腔体 32（或喷嘴 26）中保持的目标压力。该信号一般可用于控制模塑过程，使得材料粘度、模具温度、熔体温度的变化、以及影响填充速率的其它变化通过控制器 50 来调节。这些调节可在模塑循环期间立即进行，或可在后续循环中进行校正。此外，可将多个信号对多次循环平均，然后用于通过控制器 50 对模塑过程进行调节。控制器 50 可分别经由有线连接 54, 55, 56 而连接至喷嘴传感器 52、和 / 或流动前沿传感器 53、以及螺杆控制 36。在其它实施例中，控制器 50 可经由无线连接、机械连接、液压式连接、气动式连接、或本领域普通技术人员已知的将使控制器 50 与传感器 52, 53 和螺杆控制 36 两者通信的任何其它类型的通信连接而连接至喷嘴传感器 52、流动前沿传感器 53 和螺杆控制 56。

[0065] 在图 1 的实施例中，喷嘴传感器 52 是测量（直接或间接）喷嘴 26 附近的熔融热塑性材料 24 的熔体压力的压力传感器。喷嘴传感器 52 产生传播到控制器 50 的电信号。然后控制器 50 命令螺杆控制 36 以保持喷嘴 26 中熔融热塑性材料 24 的期望的熔体压力的速率来推进螺杆 22。这被称为压力控制法。虽然喷嘴传感器 52 可直接测量熔体压力，但是喷嘴传感器 52 也可通过测量熔融热塑性材料 24 的其它特性，诸如指示熔体压力的温度、粘度、流量等来间接测量熔体压力。同样，喷嘴传感器 52 不需要直接位于喷嘴 26 中，而是喷嘴传感器 52 可位于与喷嘴 26 流体连接的注射系统 12 或模具 28 内的任何位置处。如果喷嘴传感器 52 不位于喷嘴 26 内，则可向所测量的特性施用适当的校正因子以计算喷嘴 26 中的熔体压力的估计值。喷嘴传感器 52 不需要与注射流体直接接触，并可供选择地与流体动态通信，并能够感测流体压力和 / 或其它流体特性。如果喷嘴传感器 52 不位于喷嘴 26 内，则可对所测量的特性施用适当的校正因子以计算喷嘴 26 中的熔体压力。在其它实施例中，喷嘴传感器 52 不需要设置在与喷嘴流体连接的位置处。相反，喷嘴传感器 52 可测量由夹紧系统 14 在介于第一模具部件 25 和第二模具部件 27 之间的模具分模线处产生的夹紧力。在一个方面，控制器 50 可根据来自喷嘴传感器 52 的输入而保持压力。作为另外一种选择，传感器可测量电压机所需的电力，这可用于计算喷嘴 26 中压力的估计值。

[0066] 虽然图 1 示出了工作中的闭环控制器 50，但是可使用其它压力调节装置代替闭环控制器 50。例如，压力调节阀（未示出）或减压阀（未示出）可代替控制器 50 以调节熔融

热塑性材料 24 的熔体压力。更具体地,压力调节阀和减压阀可防止模具 28 的过压。防止模具 28 过压的另一种可供选择的机制为当检测到过压状态时激活警报。

[0067] 现在转向图 2,示出了模塑部件 100 的例子。模塑部件 100 为薄壁部件。一般认为当流动通道的长度 L 除以流动通道的厚度 T 大于 100(即 $L/T > 100$) 但小于 1000 时,模塑部件是薄壁的。对于具有更复杂的几何形状的模具腔体,所述 L/T 比率可通过从浇口 30 到模具腔体 32 的端部,将 T 尺寸对模具腔体 32 的长度积分,并测定从浇口 30 到模具腔体 32 的端部的最长流动长度来计算。然后, L/T 比率可通过将最长流动长度除以平均部件厚度来测定。在模具腔体 32 具有多于一个浇口 30 的情况下,L/T 比率通过对由每个独立浇口填充的模具腔体 32 的部分的 L 和 T 积分来测定,并且给定模具腔体的总体 L/T 比率为对浇口中任一个计算的最高 L/T 比率。在一些注塑行业中,可将薄壁部件定义为具有 $L/T > 100$,或具有 $L/T > 200$ 但 < 1000 的部件。流动通道的长度 L 为从浇口 30 到模具腔体的端部 104 测量的最长流动长度。薄壁部件在消费品行业中是尤其普遍的。

[0068] 高 L/T 比率的部件常见于平均厚度小于约 10mm 的模塑部件中。在消费产品中,具有高 L/T 比率的产品一般具有小于约 5mm 的平均厚度。例如,尽管具有高 L/T 比率的机动车缓冲器面板一般具有 10mm 或更小的平均厚度,但是具有高 L/T 比率的高脚酒杯一般具有约 5mm 或更小的平均厚度,具有高 L/T 比率的容器(诸如桶或小瓶)一般具有约 3mm 或更小的平均厚度,具有高 L/T 比率的瓶盖包装一般具有约 2mm 或更小的平均厚度,并且具有高 L/T 比率的各个牙刷刷毛一般具有约 1mm 或更小的平均厚度。本文所公开的低恒压注塑方法和装置对于具有 5mm 或更小的厚度的部件而言是尤其有利的,并且本发明所公开的方法和装置对较薄的部件更有利。

[0069] 具有高 L/T 比率的薄壁部件在注塑中存在某些障碍。例如,流动通道的薄度趋于在材料到达流动通道的端部 104 之前冷却熔融热塑性材料。当这种情况发生时,热塑性材料凝结并不再流动,这导致不完整的部件。为克服这个问题,传统的注塑机在非常高的压力下,通常大于 15,000psi,注射熔融热塑性材料,使得熔融热塑性材料在可能冷却和冻结之前快速填充模具腔体。这是热塑性材料的制造商教导在非常高的压力下注射的一个原因。传统注塑机在高压下注射的另一个原因是提高剪切,这提高流动特性,如上所述。此外,这些非常高的注射压力需要使用非常硬的材料以形成模具 28 和进料系统。另外,薄壁部件可包括必须在材料冻结之前填充的一个或多个特定特征结构 105,诸如活动铰链、长丝、闭合件、分配器、喷口、波纹管和致动器。

[0070] 当在基本上恒压下(在注塑循环期间)填充时,一般认为填充速率将需要相对于常规填充方法降低。这是指在模具完全填充之前,聚合物将与冷的模塑表面接触较长时间。因此,在填充前需要移除更多热,并且这将预期导致材料在模具被填充之前冻结。已经出人意料地发现,当在注塑循环期间经受基本上恒定的压力条件时,尽管模具腔体的一部分低于热塑性材料的不流动温度,但是热塑性材料将流动。本领域的普通技术人员一般将预期此类条件将造成热塑性材料冻结并堵塞模具腔体,而不是继续流动并填充整个模具腔体。不旨在受理论的束缚,据信,本文所公开的方法和装置的实施例的在注塑循环期间的基本上恒压条件允许填充期间整个模具腔体中的动态流动条件(即不断移动熔体前沿)。在其流动以填充模具腔体时熔融热塑性材料的流动没有停顿,从而尽管至少模具腔体的至少一部分低于热塑性材料的不流动温度,但是流体没有冻结的机会。

[0071] 另外,据信由于动态流动条件,尽管经受模具腔体中的这种温度,但是由于剪切加热,因此熔融热塑性材料能够保持高于不流动温度的温度。还据信在开始冻结过程时,动态流动条件干扰热塑性材料中晶体结构的形成。晶体结构形成增加了热塑性材料的粘度,这可阻止用以填充腔体的适宜流动。在晶体结构形成和 / 或晶体结构尺寸方面的减小可允许在热塑性材料流入腔体中并经受低于材料的不流动温度的模具的低温时,所述热塑性材料粘度减小。

[0072] 本发明所公开的低恒压注塑方法和系统可使用位于模具腔体内或靠近模具腔体的传感器(诸如上图 1 中的流动前沿传感器 53)以监测材料粘度的变化、材料温度的变化、以及其它材料性能的变化。可将来自该传感器的测量传递给控制器以允许控制器实时校正过程,以确保熔体前沿压力在熔体前沿到达模具腔体的端部之前被解除,这可造成模具飞边、另一压力和功率峰值。此外,控制器可使用传感器测量以调节所述过程中的峰值功率和峰值流量点,以便实现一致的加工条件。除了使用传感器测量以在当前注射循环期间对过程进行实时微调之外,还可使用控制器随时间推移(即经过多个注射循环)来调节过程。以这种方式,当前注射循环可基于在较早时间点处的一个或多个循环期间发生的测量来校正。在一个实施例中,可将传感器读数对许多循环平均,以便实现过程一致性。

[0073] 在各种实施例中,模具可包括使整个模具腔体保持在低于不流动温度的温度下的冷却系统。例如,甚至可使接触包含熔融热塑性材料的射流的模具腔体表面冷却以保持较低温度。可使用任何适宜的冷却温度。例如,可使模具基本上保持在室温。结合此类冷却系统可有利地提高冷却形成注塑部件的速度并易于从模具中顶出。

[0074] 热塑性材料:

[0075] 在本公开的低恒压注塑方法和装置中可使用多种热塑性材料。在一个实施例中,熔融热塑性材料具有粘度,所述粘度如由在约 230C 的温度和 2.16kg 重量下进行的 ASTM D1238 所测量的、约 0.1g/10min 至约 500g/10min 的熔体流动指数来定义。例如,就聚丙烯而言,熔体流动指数可以在约 0.5g/10min 至约 200g/10min 的范围内。其它适宜的熔体流动指数包括约 1g/10min 至约 400g/10min、约 10g/10min 至约 300g/10min、约 20 至约 200g/10min、约 30g/10min 至约 100g/10min、约 50g/10min 至约 75g/10min、约 0.1g/10min 至约 1g/10min、或约 1g/10min 至约 25g/10min。材料的 MFI 基于模塑制品的应用或使用来选择。例如, MFI 为 0.1g/10min 至约 5g/10min 的热塑性材料可适用于注拉吹塑 (ISBM) 用预成型件。MFI 为 5g/10min 至约 50g/10min 的热塑性材料可适用于包装制品用盖和塞。MFI 为 50g/10min 至约 150g/10min 的热塑性材料可适用于制造桶或盆。MFI 为 150g/10min 至约 500g/10min 的热塑性材料可适用于具有极高 L/T 比率的模塑制品,诸如薄板。此类热塑性材料的制造一般教导材料应使用超过 6000psi,并常常大大超过 6000psi 的熔体压力来注塑。与关于此类热塑性材料的注塑的常规教导内容相反,本公开的低恒压注塑方法和装置的实施例有利地允许使用此类热塑性材料形成优质注塑部件并在低于 15,000psi,并且可能远低于 15,000psi 的熔体压力下加工。

[0076] 所述热塑性材料可以例如为聚烯烃。示例性聚烯烃包括但不限于聚丙烯、聚乙烯、聚甲基戊烯、以及聚丁烯-1。前述聚烯烃的任一种都可来源于生物基原料,诸如甘蔗或其它农业产品,以制备生物 - 聚丙烯或生物 - 聚乙烯。在熔融状态时,聚烯烃有利地展示剪切致稀。剪切致稀是流体在置于压缩应力下时粘度降低。剪切致稀可有益地允许使热塑性材料

在整个注塑过程中保持流动。不旨在受理论束缚，据信热塑性材料，具体地聚烯烃的剪切致稀性能，导致在恒定的压力下加工所述材料时，材料粘度的较少变化。因此，本公开的方法和装置的实施例可对热塑性材料的变化较不敏感，所述变化例如由于着色剂或其它添加剂以及加工条件导致。这种对热塑性材料性能的批次间变化的降低的敏感度还可有利地允许使用本公开的方法和装置的实施例加工工业后和消费后可再循环塑料。工业后、消费后可再循环塑料来源于作为消费品本身已结束其生命周期和换句话讲将作为固体废品丢弃的终产品。此类可再循环的塑料，以及热塑性材料的共混物本身具有其材料特性的显著的批次间变化。

[0077] 热塑性材料还可以为例如聚酯。示例性聚酯包括但不限于聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)。PET聚合物可来源于生物基原料，诸如甘蔗或其它农业产品，以部分或完全地制备生物-PET聚合物。其它适宜的热塑性材料包括聚丙烯和聚乙烯的共聚物、热塑性弹性体的聚合物和共聚物、聚酯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)、聚(乳酸)、生物基聚酯诸如聚(呋喃甲酸乙烯酯)多羟基链烷酸酯、聚(乙烯呋喃酯)、(被认为是对PET的替代或简易替换)、多羟基链烷酸酯、聚酰胺、聚缩醛、乙烯- α -烯烃橡胶、以及苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物。热塑性材料还可以为多重聚合物材料和非聚合物材料的共混物。热塑性材料可以为例如产生多模态或双模态共混物的高、中、以及低分子量聚合物的共混物。多模态材料能够以获得具有优异的流动性能，还具有令人满意的化学/物理性能的热塑性材料的方式设计。热塑性材料还可以为聚合物与一种或多种小分子添加剂的共混物。小分子可以为，例如硅氧烷或当加入热塑性材料中时，改善聚合物材料的流动性的其它润滑分子。

[0078] 其它添加剂可包括无机填料诸如碳酸钙、硫酸钙、滑石、粘土(例如纳米粘土)、氢氧化铝、CaSiO₃、形成纤维或微球的玻璃、结晶二氧化硅(例如，石英、novacite、crystallobite)、氢氧化镁、云母、硫酸钠、锌钡白、碳酸镁、氧化铁；或有机填料诸如稻壳、秸秆、大麻纤维、木粉、或木纤维、竹纤维或甘蔗纤维。

[0079] 其它适宜的热塑性材料包括可再生的聚合物如直接由生物体产生的聚合物的非限制性例子，诸如多羟基链烷酸酯(例如，聚(β -羟基链烷酸酯)、聚(3-羟基丁酸酯-共聚-3-羟基戊酸酯，NODAX(注册商标))，以及细菌纤维素；从植物、农作物和林木、以及生物质中提取的聚合物，如多糖及其衍生物(例如树胶、纤维素、纤维素酯、甲壳质、脱乙酰壳多糖、淀粉、化学改性的淀粉、乙酸纤维素的颗粒)、蛋白质(例如玉米素、乳清、谷蛋白、胶原)、脂质、木质素和天然橡胶；由淀粉和化学淀粉制备的热塑性淀粉、以及衍生自天然来源的单体的现有聚合物以及衍生物，诸如生物聚乙烯、生物聚丙烯、聚对苯二甲酸亚丙基酯、聚乳酸、NYLON 11、醇酸树脂、基于琥珀酸的树脂、以及生物聚对苯二甲酸乙二醇酯。

[0080] 适宜的热塑性材料可包括如上所列例子中的不同热塑性材料的共混物或多种共混物。不同材料也可以为来源于天然生物衍生或石油衍生材料的材料、或生物衍生或石油衍生材料的可再循环材料的组合。共混物中的一种或多种热塑性材料可以为能够生物降解的。并且对于非共混的热塑性材料而言，材料可以为能够生物降解的。

[0081] 示例性热塑性树脂连同其推荐的操作压力提供于下表中：

[0082]

物质	全名	注射压力范围 (PSI)	公司	材料商品名
PP	聚丙烯	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 100 系列聚丙烯
尼龙		10000 - 18000	RTP Imagineering Plastics	RTP 200 系列尼龙
ABS	丙烯腈丁二烯苯乙烯	8000 - 20000	Marplex	Astalac ABS
PET	聚酯	5800 - 14500	Asia International	AIE PET 401F
乙缩醛共聚物		7000 - 17000	API Kolon	Kocetal
PC	聚碳酸酯	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 300 系列聚碳酸酯
PS	聚苯乙烯	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 400 系列
SAN	苯乙烯丙烯腈	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 500 系列
PE	LDPE 和 HDPE	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 700 系列
TPE	热塑性弹性体	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 1500 系列
PVDF	聚偏二氟乙烯	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 3300 系列
PTI	聚对苯二甲酸	10000 - 15000	RTP Imagineering	RTP 4700 系列

[0083]

	亚丙基酯		Plastics	
PBT	聚对苯二甲酸丁二醇酯	10000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 1000 系列
PLA	聚乳酸	8000 - 15000	RTP Imagineering Plastics	RTP 2099 系列

[0084] 虽然多于一个的实施例涉及用包含熔融热塑性材料的射流填充基本上整个模具腔体,同时使包含所述熔融热塑性材料的所述射流的熔体压力在注塑循环期间保持在基本上恒定的压力下,但是在不同的恒定压力下,具体的热塑性材料从本发明中获得有益效果。具体地:PP、尼龙、PC、PS、SAN、PE、TPE、PVDF、PTI、PBT、和 PLA 在小于 10000psi 的基本上恒定的压力下;ABS 在小于 8000psi 的基本上恒定的压力下;PET 在小于 5800psi 的基本上恒定的压力下;乙缩醛共聚物在小于 7000psi 的基本上恒定的压力下;加上聚(呋喃甲酸乙酯)多羟基链烷酸酯、聚呋喃乙烯酯(aka PEF)在小于 10000psi、或 8000psi、或 7000psi 或 6000psi、或 5800psi 的基本上恒定的压力下。

[0085] 如上文详细描述的,本发明所公开的低恒压注塑方法和装置的实施例可实现优于常规注塑方法的一个或多个优点。例如,实施例包括消除平衡模具腔体和热塑性材料的预注射压力的需要的更高性价比和有效的方法,允许使用大气模具腔体压力,从而允许使用消除加压装置的必要性的简化的模具结构的方法,使用更高性价比和更易机器加工的较低

硬度、高热导率的模具腔体材料的能力,对温度、粘度、以及热塑性材料的其它材料性能的变化较不敏感的更稳健的加工方法,以及在基本上恒定的压力下制备优质注塑部件而没有热塑性材料在模具腔体中的过早硬化,并且不需要加热或在模具腔体中保持恒温的能力。

[0086] 现在转向图3,由虚线200示出了常规的高可变压力注塑法的典型压力-时间曲线。相比之下,由实线210示出了本发明所公开的低恒压注塑机的压力-时间曲线。

[0087] 在常规的情况下,使熔体压力快速增加至远超过15,000psi,然后在大于15,000psi的相对高的压力下保持第一时间段220。第一时间段220是其中熔融塑性材料流入模具型腔的填充时间。此后,熔体压力降低并在通常是10,000psi或更大的较低压力下保持第二时间段230。第二时间段230是其中保持熔体压力以确保模具型腔中的所有间隙都被回填的填料时间。在完成填料之后,可任选地使压力再次下降并持续第三时间段232,所述时间段为冷却时间。常规高可变压力注塑系统中的模具腔体被从流动通道的端部向浇口回填。模具中的材料通常在腔体的端部附近冻结,然后材料的完全冻结区域逐渐向一个或多个浇口位置移动。因此,模具腔体的端部附近的塑料比靠近一个或多个浇口位置的塑料材料填料更短的时间段并在降低的压力下填料。部件几何形状,如浇口和模具腔体的端部之间中部的非常薄的横截面积也可影响模具腔体区域中的填料压力水平。如上文所讨论的,不一致的填料压力可导致成品的不一致性。此外,塑料在各固化阶段中的常规填料导致一些不理想的材料特性,例如,模塑在内的应力、凹陷、以及非最佳光学特性。

[0088] 另一方面,低恒压注塑系统在基本上恒定的压力下经过填充时间段240将熔融塑性材料注入到模具腔体中。图3的例子中的注射压力小于6,000psi。然而,其它实施方式可使用较高的压力。在填充模具腔体后,随着模塑部件冷却,低恒压注塑系统经过第二时间段242逐渐降低压力。通过在注塑循环期间使用基本上恒定的压力,熔融热塑性材料保持连续的熔体流动前沿,其通过流动通道从浇口向流动通道的端部推进。换句话讲,熔融热塑性材料在整个模具腔体中保持移动,这防止过早冻结。从而,塑性材料在沿流动通道的任意点处保持相对均匀,这得到更均匀和一致的成品。通过用相对均匀的压力填充模具,成品模塑部件形成可具有比常规模塑部件更好的机械特性和光学特性的结晶结构。此外,在恒压下模塑的部件表现出与常规模塑部件的表层不同的特性。因此,在恒压下模塑的部件可具有比常规模塑部件更好的光学特性。

[0089] 现在转向图4,将填充的各个阶段以占总体填充时间的百分比形式分解。例如,在常规高可变压力注塑过程中,填充时段220占总填充时间的约10%,填料时段230占总填充时间的约50%,以及冷却时段232占总填充时间的约40%。在另一方面,在低恒压注塑过程中,填充时段240占总填充时间的约90%,而冷却时段242仅占总填充时间的约10%。低恒压注塑法需要较少的冷却时间,因为熔融塑性材料在其流入模具腔体中时冷却。因此,在模具腔体被填充时,尽管不太足以在模具腔体的中心横截面中冻结,但是熔融塑性材料已显著冷却,并且为完成冻结过程而移除的总热量较少。另外,因为熔融塑性材料在整个填充中保持液态,并且填料压力通过该熔融中心横截面传递,所以熔融塑性材料仍然与模具腔体壁接触(与冻结和退缩相对)。因此,本文所述的低恒压注塑法能够以比常规注塑法中更少的总时间来填充并冷却模塑部件。

[0090] 在本发明所公开的用于模塑高L/T部件的低恒压注塑方法和装置中,部件通过以增加的流量将熔融热塑性聚合物注入到模具腔体中来模塑,以实现期望的注射压力,然

后随时间推移降低流量以保持基本上恒定的注射压力。当模塑薄壁部件（例如，L/T 比率 $>100<1000$ 的部件）并且当使用介于 0.1g 和 100g 之间的射流量时，低恒压注塑方法和设备是特别有利的。尤其有利的是最大流量在腔体填充的前 30% 内，优选地在腔体填充的前 20% 内，并且甚至更优选地在腔体填充的前 10% 内出现。通过调节填充压力曲线，最大流量在这些优选的模具填充范围内出现，模塑部件将具有上述物理优点中的至少一些（例如，较好的强度、较好的光学特性等），因为模塑部件的晶体结构与常规模塑部件不同。此外，因为高 L/T 产品较薄，所以这些产品要求较少的颜料来赋予所得的产品期望的颜色。此外，在无颜料部件中，由于更一致的模塑条件，因此部件将具有不易看见的变形。使用较少颜料或不使用颜料节约了成本。

[0091] 作为另外一种选择，可调节峰值功率以保持基本上恒定的注射压力。更具体地，可将填充压力曲线调节成使得峰值功率在腔体填充的前 30%，优选地在腔体填充的前 20%，且甚至更优选地在腔体填充的前 10% 出现。调节所述方法以使得峰值功率在优选的范围内出现，然后在整个腔体填充的剩余部分中具有降低的功率，从而导致如上所述相对于调节峰值流量的对模塑部件的相同有益效果。另外，对于薄壁部件（例如，L/T 比率 $>100<1000$ ）而言并且对于介于 0.1g 和 100g 之间的射流量而言，以上述方式调节过程是特别有利的。

[0092] 现在转向图 5A-5D 以及图 6A-6D，示出了在其通过常规注塑机（图 5A-5D）填充时，以及在其通过基本上恒压注塑机（图 6A-6D）填充时的模具腔体的一部分。

[0093] 如图 5A-5D 所示，在常规注塑机开始通过浇口 30 将热塑性材料 24 注入到模具腔体 32 中时，高注射压力趋于以高速率将熔融热塑性材料 24 注入到模具腔体 32 中，这造成熔融热塑性材料 24 以层叠体 31，最常见被称为层流的方式流动（图 5A）。在模具腔体 32 完全充满之前，这些最外的层合体 31 附着到模具腔体的壁并且随后冷却并冻结，从而形成冻结边界层 33（图 5B）。然而，随着热塑性材料冻结，其也从模具腔体 32 的壁退缩，从而在模具腔体壁和边界层 33 之间留下间隙 35。该间隙 35 降低了模具的冷却效率。在浇口 30 的附近，熔融热塑性材料 24 也开始冷却并冻结，这减小了浇口 30 的有效横截面积。为了保持恒定的体积流量，常规注塑机必须增加压力以迫使熔融热塑性材料穿过变窄的浇口 30。随着热塑性材料 24 继续流入模具腔体 32 中，边界层 33 越来越厚（图 5C）。最后，整个模具腔体 32 基本上被冻结的热塑性材料填充（图 5D）。在该点处，常规高压注塑机必须保持填料压力，以将后退的边界层 33 推回模具腔体 32 壁以增加冷却。

[0094] 另一方面，低恒压注塑机使熔融热塑性材料在不断移动的流动前沿 37 的情况下流入模具腔体 32 中（图 6A-6D）。流动前沿 37 后的热塑性材料 24 保持熔融直至模具腔体 37 在冻结前基本上被填充（即，99% 或更多被填充）。因此，不存在浇口 30 的有效横截面积的减少，所述有效横截面积可介于模塑部分的标称壁厚度的 70% 和 100% 之间，优选地介于 80% 和 90% 之间。此外，因为流动前沿 37 后的热塑性材料 24 是熔融的，所以热塑性材料 24 与模具腔体 32 的壁保持接触。因此，热塑性材料 24 在模塑过程的填充部分中冷却（没有冻结）。从而，本发明所公开的低恒压注塑方法的冷却部分不需要如常规方法一样长。

[0095] 因为热塑性材料保持熔融并不断移动进入模具腔体 32 中，所以要求比常规模具中更小的注射压力。在一个实施例中，注射压力可以为 15,000psi 或更小。因此，注射系统和夹紧系统不需要是大功率的。例如，本发明所公开的低恒压注塑装置可使用需要较低夹

紧力,以及对应的较低夹紧电源的夹钳。此外,因为较低的功率要求,所以本发明所公开的低恒压注塑机可使用电压机,所述电压机的功率一般不足以大到用于在高可变压力下模塑薄壁部件的常规 101 级和 102 级注塑机中。即使当电压机足够用于一些具有较少模具腔体的简单模具中时,所述方法也可用本发明所公开的低恒压注塑方法和装置来改善,因为可使用较小的、较便宜的电动马达。本发明所公开的低恒压注塑机可包含以下类型的电压机中的一种或多种:直接伺服驱动马达压机、双重马达皮带驱动压机、双重马达行星式齿轮压机、以及具有 200HP 或更小的额定功率的双重马达滚珠驱动压机。

[0096] 现在转向图 7,示出低恒压注塑方法的示例性模塑循环 1000 的操作。模塑循环 1000 可在根据本公开所构造的低恒压注塑机上进行,例如在图 1 的低恒压注塑机上进行。更具体地,示例性模塑循环 1000 可在低恒压注塑机上进行,所述低恒压注塑机具有包括第一模具侧和第二模具侧的模具,所述第一模具侧和第二模具侧中的至少一个具有大于 $51.9\text{W/m}^{-\text{C}}$ ($30\text{BTU/HR FT}^{\text{F}}$) 和小于或等于 $385.79\text{W/m}^{-\text{C}}$ ($223\text{BTU/HR FT}^{\text{F}}$) 的平均热导率,以及在第一模具侧和第二模塑侧之间形成的模具腔体。在一些优选的实施例中,第一模具侧和第二模具侧两者均具有大于 $51.9\text{W/m}^{-\text{C}}$ ($30\text{BTU/HR FT}^{\text{F}}$) 和小于或等于 $385.79\text{W/m}^{-\text{C}}$ ($223\text{BTU/HR FT}^{\text{F}}$) 的平均热导率。

[0097] 用于制造第一模具侧和/或第二模具侧的一些优选的材料包括铝(例如,2024 铝、2090 铝、2124 铝、2195 铝、2219 铝、2324 铝、2618 铝、5052 铝、5059 铝、航空级铝、6000 系列铝、6013 铝、6056 铝、6061 铝、6063 铝、7000 系列铝、7050 铝、7055 铝、7068 铝、7075 铝、7076 铝、7150 铝、7475 铝、QC-10、AlumoldTM、HokotoTM、Duramold 2TM、Duramold 5TM以及 Alumec 99TM)、BeCu(例如,C17200、C 18000、C61900、C62500、C64700、C82500、Moldmax LHTM、Moldmax HHTM以及 ProthermTM)、铜、以及任何铝的合金(例如,铍合金、铋合金、铬合金、铜合金、镓合金、铁合金、铅合金、镁合金、锰合金、硅合金、钛合金、钒合金、锌合金、锆合金)、任何铜的合金(例如,镁合金、锌合金、镍合金、硅合金、铬合金、铝合金、青铜合金)。这些材料可具有介于 0.5Rc 和 20Rc 之间,优选地介于 2Rc 和 20Rc 之间,更优选地介于 3Rc 和 15Rc 之间,还更优选地介于 4Rc 和 10Rc 之间的洛氏 C(Rc) 硬度。虽然这些材料比工具钢软,但热导率特性更加可取。本发明所公开的低恒压注塑方法和装置有利地在使得由这些较软、较高热导率的材料制成的模具进行多于 1 百万次循环、优选地介于 125 万次循环和 1 千万次循环之间,还更优选介于 2 百万次循环和 5 百万次循环之间的使用寿命的模塑条件下操作。

[0098] 最初,在 1110 处将熔融热塑性材料推进限定薄壁部件(例如 $100 < L/T < 1000$) 的模具腔体中。熔融热塑性材料的射流可介于 0.5g 和 100g 之间,并且可通过三个或更少的浇口被推进到模具腔体中。在一些情况下,三个较少浇口中的一个或多个可具有介于在模具腔体中形成的部件的标称壁厚的 70% 和 100% 之间,并且优选地介于标称壁厚的 80% 和 90% 之间的横截面积。在一些示例中,该百分比可对应于介于 0.5mm 和 10mm 之间的浇口尺寸。

[0099] 在 1112 处,将熔融热塑性材料推进到模具腔体中直至模具腔体基本上被填充。当模具腔体多于 90% 被填充,优选地多于 95% 被填充,还更优选多于 99% 被填充时,所述模具腔体可以为基本上被填充的。在 1114 处,在模具腔体基本上被填充之后,将熔融热塑性材料冷却直至熔融热塑性材料基本上冻结或固化。熔融热塑性材料可利用流动通过第一模具侧和第二模具侧中的至少一个的冷却液主动冷却,或通过对流或传导到大气中被动冷却。

[0100] 在 1116 处,在热塑性材料冷却之后,可将第一模具侧和第二模具侧分离以暴露经冷却的热塑性材料。在 1118 处,可将经冷却的热塑性材料(呈模塑部件的形式)从模具中移除。例如,可通过顶出、倾倒、提取(手动或经由自动化方法)、拉动、推动、重力、或将经冷却的热塑性材料与第一模具侧和第二模具侧分离的任何其它方法,将热塑性材料移除。

[0101] 在 1120 处,在将冷却的热塑性材料从第一模具侧和第二模具侧中移除之后,将第一模具侧和第二模具闭合,从而重新形成模具腔体,所述模具腔体准备第一模具侧和第二模具侧以接收熔融热塑性材料的新射流,从而完成单个模具循环。循环时间 1001 定义为模塑循环 1000 的单次迭代。取决于部件尺寸和材料,单个模塑循环可能需要介于 2 秒和 15 秒,优选地介于 8 秒和 10 秒之间的时间。

[0102] 所有注塑方法均容易受到熔融塑性材料的粘度变化的影响。熔融塑性材料的粘度变化可导致模塑部件的缺陷,诸如不足的材料(短射)和飞边。任何数目的因素均可导致熔融塑性材料的粘度变化。例如,环境温度或压力的变化,添加着色剂,进料系统和用熔融塑性材料填充的最后腔体位置(另外被称为“填充位置的端部”)之间的剪切条件的变化,原始塑性材料本身粘度的变化以及其它条件的变化全部均可导致熔融塑性材料的粘度变化。因为熔融塑性材料的粘度变化,所以迫使熔融塑性材料进入模具的压力也将变化。例如,如果粘度增加,则迫使聚合物进入模具腔体所需的压力将增加,因为聚合物更稠并且更难以移动到模具腔体中。在另一方面,在粘度降低时,迫使聚合物进入模具腔体所需的压力将减小,因为聚合物更稀并且更容易移动到模具腔体中。如果不对注塑压力和循环时间进行调节,则模塑部件将具有缺陷。当前的注塑机和方法具有基于时间的模塑循环。换句话讲,模塑循环通过时间等因素来控制,如注塑循环在预定时间时结束。因此,熔融塑性材料的粘度变化将导致熔融塑性材料在不同于预定时间的时间下到达模具腔体的端部。

[0103] 现在转向图 8,示出单个注塑循环的压力对时间图。在注塑循环的初始阶段,压力迅速增加至预定目标值 1210(例如,“填充压力”),其中在填充模具腔体时保持所述压力。当熔融塑性材料靠近模具腔体 32 的端部时,如由流动前沿传感器 53 所指示的(图 1),在第一时间 t_t (或 $t_{\text{换能器}}$) 1212 下,随着模具腔体 32 中的材料冷却,压力在 1214 处缓慢降低至较低的压力(例如“填料和保持压力”)。在第二时间 t_s (或 $t_{\text{步进}}$) 1216 下,所述第二时间为从填充序列的起始到填充循环的结束的总循环时间,其中模具打开,模塑部件从模具腔体 32 中顶出。

[0104] 熔融塑性材料的粘度变化可影响熔融塑性材料到达模具腔体 32 的端部的时间,或在 t_s 时模具腔体的填充位置的端部。例如,如果熔融塑性材料的粘度增加,(在“短射”的可能性的情况下),则熔融塑性材料可在填充压力下保持较长时间,如由虚线 1220a 所示。在该示例中,流动前沿传感器 53 可在晚于预定时间的时间下检测熔融塑性材料。可对于理想条件和熔融塑性材料的恒定粘度来计算或实验性地获得熔融塑性材料到达流动前沿传感器的预定时间。在另一方面,如果熔融塑性材料的粘度减小,(在“飞边”的可能性的情况下),则熔融塑性材料可在填充压力下保持较短时间,如由虚线 1220b 所示。在该示例中,流动前沿传感器 53 可在早于预定时间的时间 t_t 下检测熔融塑性材料。

[0105] 为了补偿由粘度变化所引起的问题,控制器 50(图 1)可基于粘度的变化使螺杆控制 26(图 1)增加或减少步进时间(t_s),以确保模具腔体 32 完全被熔融塑性材料填充但不过度填充。现在转向图 9,示出校正的压力对时间的图。例如,如果熔融塑性材料的粘度增

加，则控制器 50 指示螺杆控制 26 增加步进时间，如由线 1222a 所示，从而产生比预定步进时间长的新步进时间 (t_{s1})。在另一方面，如果熔融塑性材料的粘度减小，则控制器 50 指示螺杆控制 26 减小步进时间，如由线 1222b 所示，从而产生比预定步进时间短的新步进时间 (t_{s2})。通过使步进时间随粘度增加而增减，或者通过使步进时间随粘度减小而减小，所述系统确保了注塑循环在熔融塑性材料到达完全装填但模具腔体不被过度填充的时间下结束。因此，减少或消除了由于粘度变化的问题，诸如短射和飞边。

[0106] 现在转向图 10，示出考虑熔融塑性材料的流动性变化的方法 1400 的逻辑图。在 1410 处，在预定目标注射（或填充）压力下，将熔融塑性材料的第一射流注入到模具腔体 32 中，并且移除熔融塑性材料的第一射流上的压力，使得第一模具循环具有第一步进时间。在 1420 处，流动前沿传感器 53 向控制器 50 发送信号，指示熔融塑性材料的流动前沿通过流动前沿传感器 53 的时间。控制器 50 将第一时间与预定时间进行比较。在 1440 处，然后控制器 50 计算补偿第一时间和预定时间的差值所需的步进时间校正。在 1450 处，在第二后续模塑循环期间，控制器 50 指示螺杆控制器 26 从熔融塑性材料的第二射流移除注射压力，使得第二模塑循环具有与第一步进时间不同的第二步进时间，并且第二步进时间基于第一时间和预定时间之间的差值。控制器 50 可继续比较此类时间并基于两者之间的差值进行后续步进时间调节。

[0107] 第二后续模塑循环可在第一模塑循环之后立即进行。另选地，第一模塑循环和第二模塑循环可由一个或多个中间模塑循环隔开。

[0108] 控制器可将经过两个或更多个模塑循环的时间平均（或以其它方式组合），并计算可施加于第三后续模塑循环的步进时间校正。另外，控制器 50 可采用其它控制方法，包括但不限于利用移动或非移动平均数的统计学对照法、对照图表以及消除外围统计数据点。

[0109] 在一些情况下，第二步进时间可与第一时间和预定时间的差值成正比。当熔融塑性材料的粘度增加时，第二步进时间将更大。在另一方面，当熔融塑性材料的粘度减小时，第二步进时间将更小。第二步进时间将一般介于大于第一步进时间的 350% 和小于第一步进时间的 75% 之间。

[0110] 在一些情况下，控制器 50 可将第二时间与第一时间平均并将平均值与预定时间进行比较。通过使用平均值，控制器 50 可将使步进时间的变化稳定，从而增强部件质量的均匀性，同时仍然考虑粘度的变化。

[0111] 现在转向图 11，示出考虑熔融塑性材料的流动性变化的方法 1500 的逻辑图的一个另选的实施例。与先前图 10 的实施例的主要差异在于图 11 的方法调节循环内的步进时间。换句话讲，图 11 的方法计算单个循环内经调节的步进时间。可将图 10 和图 11 的实施例组合以产生在第一循环期间计算修正步进时间，并且然后对于每个后续循环持续计算修正步进时间的方法。两种本发明所公开的方法的组合可产生计算循环内和循环间两者的经调节步进时间的方法。另外，对于参考图 10 所述的方法的任何修改也可修改下文参考图 11 所述的方法。

[0112] 在 1510 处，最初，可获得预定时间。预定时间可用于具有已知流动性的熔融塑性材料的射流。预定时间可由处理器来计算，或由使用者输入注塑系统中。在 1520 处，在获得预定时间之后，可将熔融塑性材料的第一射流注入到模具腔体中。在 1530 处，在第一注塑

循环期间,可测量所述熔融塑性材料到达流动前沿传感器的第一时间。在 1540 处,此后,可将第一时间与预定时间进行比较以产生第一比较结果。在 1550 处,可确定第一步进时间。第一步进时间至少部分地基于第一比较结果。在 1560 处,在测量第一时间之后,在可第一注塑循环期间,在第一步进时间下从熔融塑性材料的第一射流移除注射压力。

[0113] 作为示例,可对于三个不同的注塑循环运行注塑机。每个注塑循环均包括具有表示不同材料流动性的不同熔体流动指数(“MFI”)的材料。结果概括于下表中。

[0114]

	低恒压过程 8600IMP (标准)		
Mat'l (PP) MFI	11	20	30
填充时间 (秒)	2.499	1.454	0.719
填充时间范围 (秒)	1.78s		
平均部件重量 (g)	14.113	14.264	14.398
部件重量标准偏差	0.0702	0.0602	0.0633
峰值腔体压力 (psi)	920	1213	1487
在填充时间下的熔体压力 (psi)	8648	8690	8749
峰值熔体压力 (psi)	8679	8698	8789

[0115] 如上表中所示,具有 11MFI 的材料需要约 2.499 秒来完全填充模具腔体,但具有 30MFI 的材料仅需要 0.719 秒来完全填充模具腔体。在该示例中,填充模具腔体的时间在 +350% 至 -75% 的范围内变化。本文所述的注塑方法考虑这些填充时间的差异,并相应地调节循环步进时间以可靠地生产更好质量的部件。

[0116] 如本文所述,熔融塑性材料的粘度变化可由任何数目的因素导致。例如,操作者可能期望通过重新研磨较差质量的部件并将重新研磨的塑性材料与原始塑性材料混合来重新使用较差质量的部件。将重新研磨的材料和原始材料混合将改变混合的材料的 MFI。相似地,操作者可能期望通过将着色剂引入熔融塑性材料中而在注射运行期间改变部件颜色。引入着色剂将常常改变熔融塑性材料的 MFI。最终,环境操作条件的改变也可改变熔融塑性材料的粘度。例如,如果环境温度增加,则熔融塑性材料的粘度常常增加。同样,如果环境温度减小,则熔融塑性材料的粘度常常减小。

[0117] 本发明所公开的低恒压注塑方法和机器有利地减少了用于模塑加工的循环时间,同时提高了部件质量。此外,在一些实施例中,本发明所公开的低恒压注塑机可使用电压机,所述电压机一般更节能并且要求比液压式压机更少的维护。另外,本发明所公开的低恒压注塑机能够使用更具挠性的支撑结构和适应性更强的递送结构,诸如更宽的台板宽度,增加的拉杆间距,消除拉杆、有利于更快移动的较轻重量的构造,以及非自然平衡的进料系统。从而,可改进本发明所公开的低恒压注塑机以适合递送需要并且更容易定制特定的模塑部件。

[0118] 另外,本发明所公开的低恒压注塑机和方法允许模具由更柔软的材料(例如,具有小于约 30 的 R_c 的材料)制成,所述材料可具有较高的热导率(例如热导率大于约 20BTU/HR FT °F),这导致具有改善的冷却能力和更均匀冷却的模具。因为改善的冷却能力,本发明所公开的低恒压注塑模具可包括简化的冷却系统。一般来讲,简化的冷却系统包括较少

的冷却通道并且所包括的冷却通道可以更直，具有更少的加工轴。具有简化的冷却系统的注塑模具的一个示例公开于 2012 年 2 月 24 日提交的美国专利申请 61/602,781 中，其以引用方式并入本文。

[0119] 低恒压注塑机的较低注射压力使得由这些较软材料制成的模具进行 1 百万次或更多的模塑循环，这在常规注塑机中是不可能的，因为在高压注塑机中在 1 百万次模塑循环之前，这些材料将失效。

[0120] 注意除非另外指明，本文可使用术语“基本上”、“约”和“大约”来表示可属于任何定量比较、值、量度或其它表示的不确定性的内在程度。本文也使用这些术语来表示定量表示可不同于所述参考值而不造成在讨论中受试主体的基本功能有变化的程度。除非本文另有定义，术语“基本上”、“约”、“大约”是指定量比较、值、量度或其它表示可在所述基准的 20% 范围内。

[0121] 现在应当显而易见的是，本文所举例说明和所描述的产品的各种实施例均可通过基本上恒定的低压模塑法来生产。尽管本文具体地提到了包含消费品的产品或消费品产品自身，但应当显而易见的是，本文所述的模塑方法可适于结合用于以下行业中的产品来使用：消费品行业、食品服务行业、运输行业、医疗行业、玩具行业等。此外，本领域的技术人员将认识到本文所公开的教导内容可用于构造叠堆模具、包括旋转模具和芯后模具的多重材料模具、与模内装饰的组合、嵌入件注塑、模具组件等。

[0122] 本文所公开的实施例中任一个的部分、多个部分或全部均可与本领域中已知的其它注塑实施例的部分、多个部分或全部组合，包括下文所述的那些。

[0123] 本公开的实施例可与 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Apparatus and Method for Injection Molding at Low Constant Pressure”并作为 US 2012-0294963A1 公布的美国专利申请 13/476,045（申请人案件号 12127）中所公开的低恒定压力下注塑的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0124] 本公开的实施例可与 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Alternative Pressure Control for a Low Constant Pressure Injection Molding Apparatus”的美国专利申请 13/476,047（申请人案件号 12128），现在为美国专利 8,757,999 中所公开的压力控制的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0125] 本公开的实施例可与 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Non-Naturally Balanced Feed System for an Injection Molding Apparatus”并作为 US 2012-0292823A1 公布的美国专利申请 13/476,073（申请人案件号 12130）中所公开的非自然平衡进料系统的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0126] 本公开的实施例可与 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Method for Injection Molding at Low, Substantially Constant Pressure”并作为 US 2012-0295050A1 公布的美国专利申请 13/476,197（申请人案件号 12131Q）中所公开的基本上恒定的低压下注塑的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0127] 本公开的实施例可与 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Method for Injection Molding at Low, Substantially Constant Pressure”并作为 US 2012-0295049A1 公布的美国专利申请 13/476,178（申请人案件号 12132Q）中所公开的基本上恒定的低压下注塑的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0128] 本公开的实施例能够与用于共注入工艺的实施例一起使用，后者如公开于2013年2月22日提交的名称为“High Thermal Conductivity Co-Injection Molding System”(申请人案卷号12361)的美国专利申请13/774,692，该专利申请以引用方式并入本文。

[0129] 本公开的实施例能够与用于用简化的冷却系统进行模塑的实施例一起使用，后者如2013年2月12日提交的名称为“Injection Mold Having a Simplified Evaporative Cooling System or a Simplified Cooling System with Exotic Cooling Fluids”(申请人案卷号12453M)的美国专利申请13/765,428，现在为美国专利8,591,219中所公开的，该专利申请以引用方式并入本文。

[0130] 本公开的实施例可与2012年5月21日提交的名称为“Method and Apparatus for Substantially Constant Pressure Injection Molding of Thinwall Part”的美国专利申请13/476,584(申请人案件号12487)中所公开的模塑薄壁部件的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0131] 本公开的实施例可与2012年11月8日提交的名称为“Injection Mold With Fail Safe Pressure Mechanism”的美国专利申请13/672,246(申请人案件号12657)中公开的用于使用故障安全压力机构来进行注塑的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0132] 本公开的实施例可与2012年11月20日提交的名称为“Method for Operating a High Productivity Injection Molding Machine”的美国专利申请13/682,456(申请人案件号12673R)中公开的高产量模塑的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0133] 本公开的实施例可与2013年11月20日提交的名称为“Methods of Molding Compositions of Thermoplastic Polymer and Hydrogenated Castor Oil”的美国专利申请14/085,515(申请人案件号12674M)中公开的模塑某些热塑性塑料的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0134] 本公开的实施例可与2013年11月21日提交的名称为“Reduced Size Runner for an Injection Mold System”的美国专利申请14/085,515(申请人案件号12677M)中公开的流道系统的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0135] 本公开的实施例能够与用于动模系统的实施例一起使用，后者如公开于2013年5月13日提交的名称为“Low Constant Pressure Injection Molding System with Variable Position Molding Cavities”的美国专利申请61/822,661(申请人案卷号12896P)中，该专利申请以引用方式并入本文。

[0136] 本公开的实施例可与2013年8月20日提交的名称为“Injection Molding Machines and Methods for Accounting for Changes in Material Properties During Injection Molding Runs”的美国专利申请61/861,298(申请人案件号13020P)中公开的注塑控制系统的实施例一起使用，所述专利文献以引用方式并入本文。

[0137] 本公开的实施例可与2013年8月20日提交的名称为“Injection Molding Machines and Methods for Accounting for Changes in Material Properties During Injection Molding Runs”的美国专利申请61/861,304(申请人案件号13021P)中公开的

注塑控制系统的实施例一起使用,所述专利文献以引用方式并入本文。

[0138] 本公开的实施例可与 2013 年 8 月 20 日提交的名称为“Injection Molding Machines and Methods for Accounting for Changes in Material Properties During Injection Molding Runs”的美国专利申请 61/861,310(申请人案件号 13022P) 中公开的注塑控制系统的实施例一起使用,所述专利文献以引用方式并入本文。

[0139] 本公开的实施例可与 2013 年 12 月 19 日提交的名称为“Methods of Forming Overmolded Articles”的美国专利申请 61/918,438(申请人案件号 13190P) 中公开的使用注塑形成重叠模塑制品的实施例一起使用,所述专利文献以引用方式并入本文。

[0140] 本公开的实施例可与 1998 年 3 月 17 日公布的名称为“Method and Apparatus for Injecting a Molten Material into a Mold Cavity”的美国专利 5,728,329(申请人案件号 12467CC) 中公开的控制模塑方法的实施例一起使用,所述专利文献以引用方式并入本文。

[0141] 本公开的实施例可与 1998 年 2 月 10 日公布的名称为“Injection Control System”的美国专利 5,716,561(申请人案件号 12467CR) 中公开的控制模塑方法的实施例一起使用,所述专利文献以引用方式并入本文。

[0142] 本公开的实施例可以与名称为“Plastic Article Forming Apparatus and Methods for Using the Same”的美国专利申请 61/952281(申请人案件号 13242P) 中公开的模塑预成型的实施例一起使用,所述专利文献以引用方式并入本文。

[0143] 本公开的实施例可与如名称为“Plastic Article Forming Apparatus and Methods for Using the Same”的美国专利申请 61/952283(申请人案卷号 13243P) 中所公开的模塑预成型的实施例一起使用,该专利申请以引用方式并入本文。

[0144] 应当了解,本文所公开的量纲和值不旨在严格限于所引用的精确值。相反,除非另外指明,否则每个这样的量纲旨在表示所述值以及围绕该值功能上等同的范围。例如,公开为“40mm”的量纲旨在表示“约 40mm”。

[0145] 除非明确排除或换句话讲有所限制,本文中引用的每一篇文献,包括任何交叉引用或相关专利或专利申请以及本申请对其要求优先权或其有益效果的任何专利申请或专利,均据此全文以引用方式并入本文。任何文献的引用不是对其作为本文所公开的或受权利要求书保护的任何发明的现有技术,或其单独地或与任何其它参考文献的任何组合,或者参考、提出、建议或公开任何此类发明的认可。此外,如果此文献中术语的任何含义或定义与以引用方式并入本文的文献中相同术语的任何含义或定义相冲突,将以此文献中赋予该术语的含义或定义为准。

[0146] 虽然已经举例说明和描述了本发明的具体实施方式,但是对于本领域技术人员来说显而易见的是,在不背离本发明实质和范围的情况下可以作出多个其它改变和变型。因此,本文旨在所附权利要求中涵盖属于本发明范围内的所有此类改变和修改。

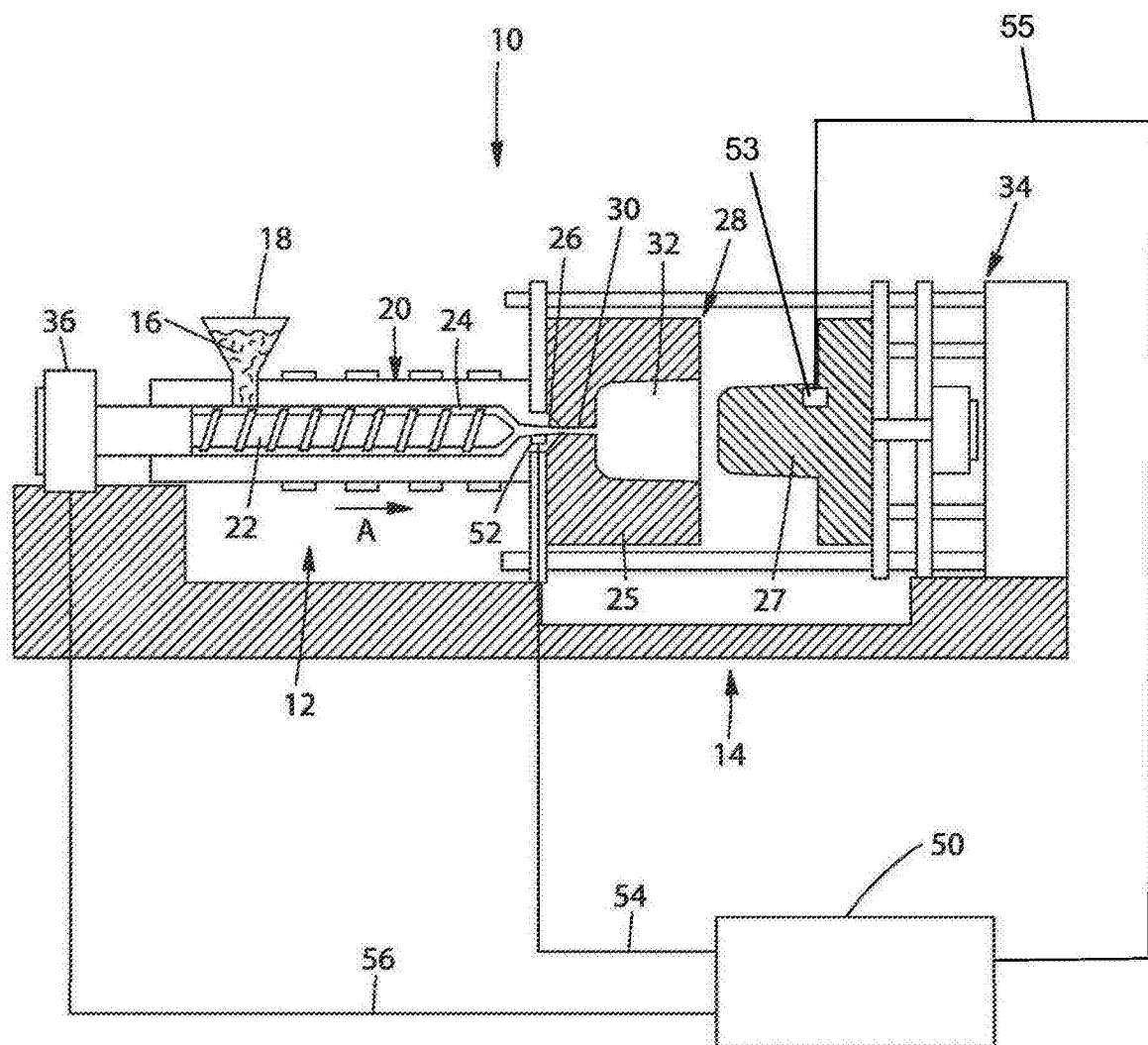


图 1

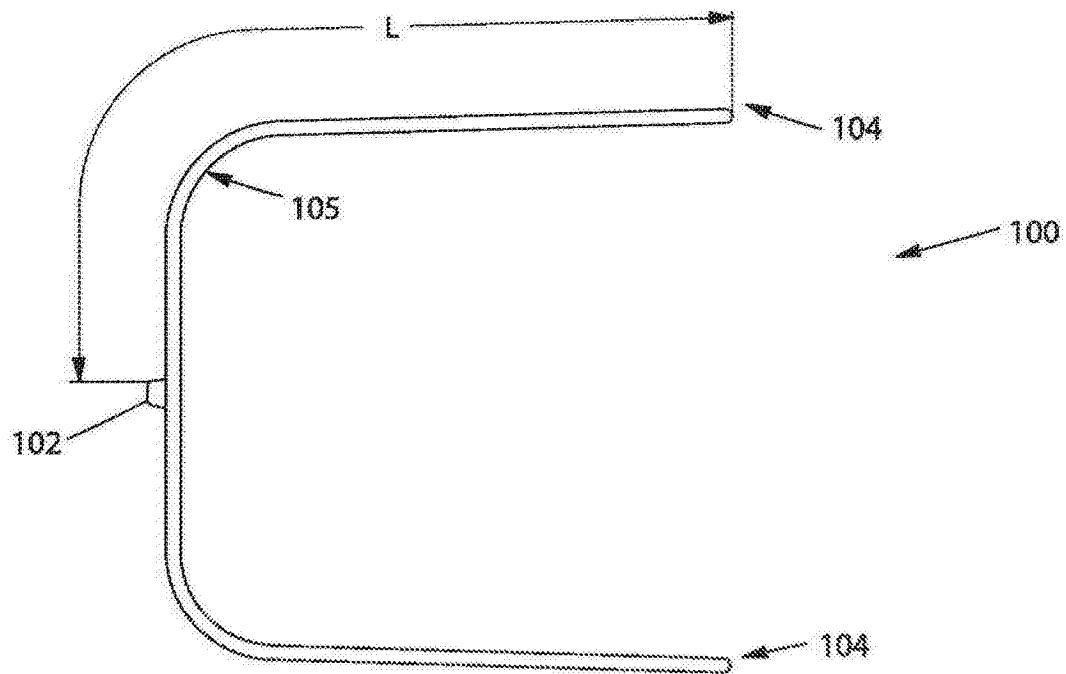


图 2

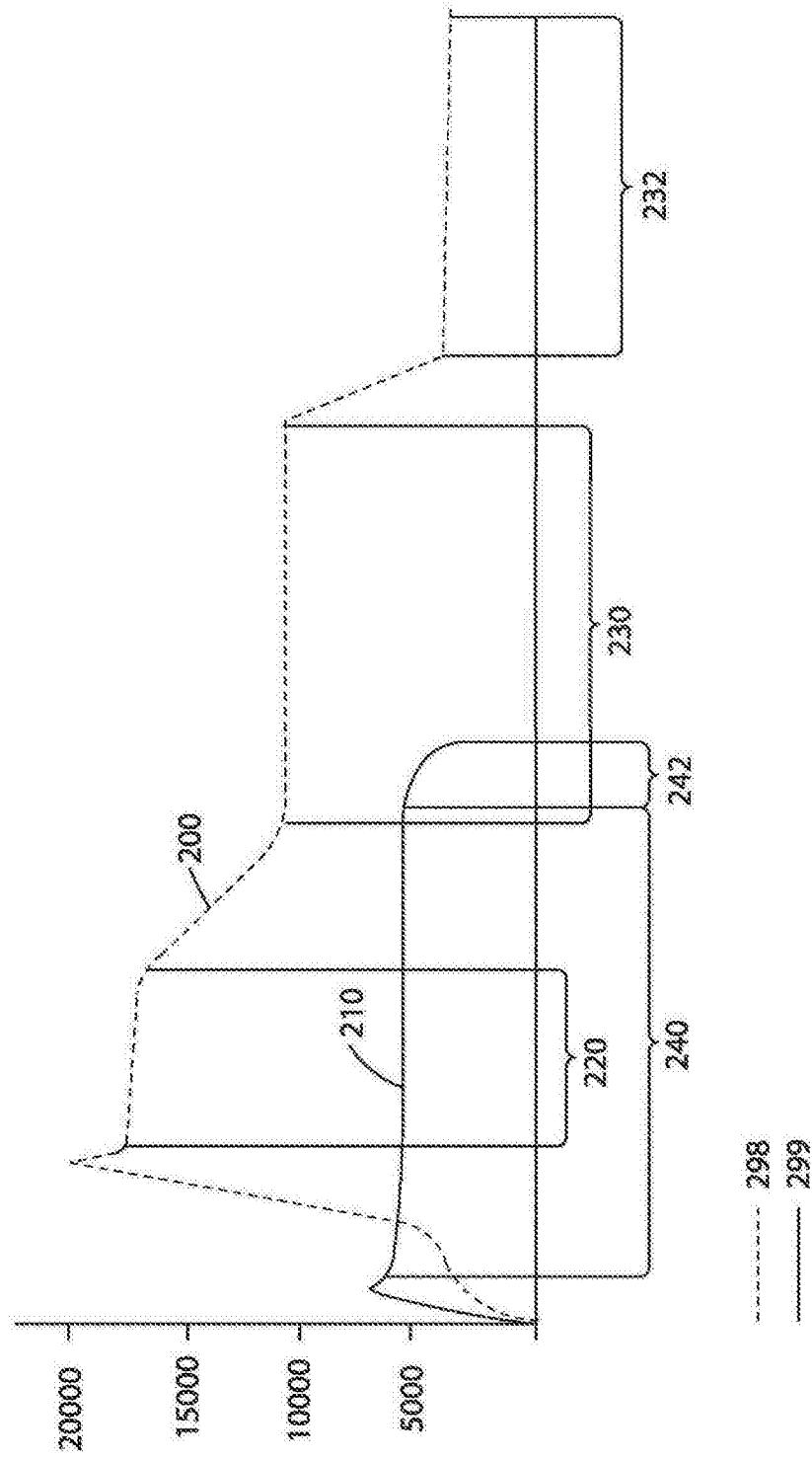


图 3

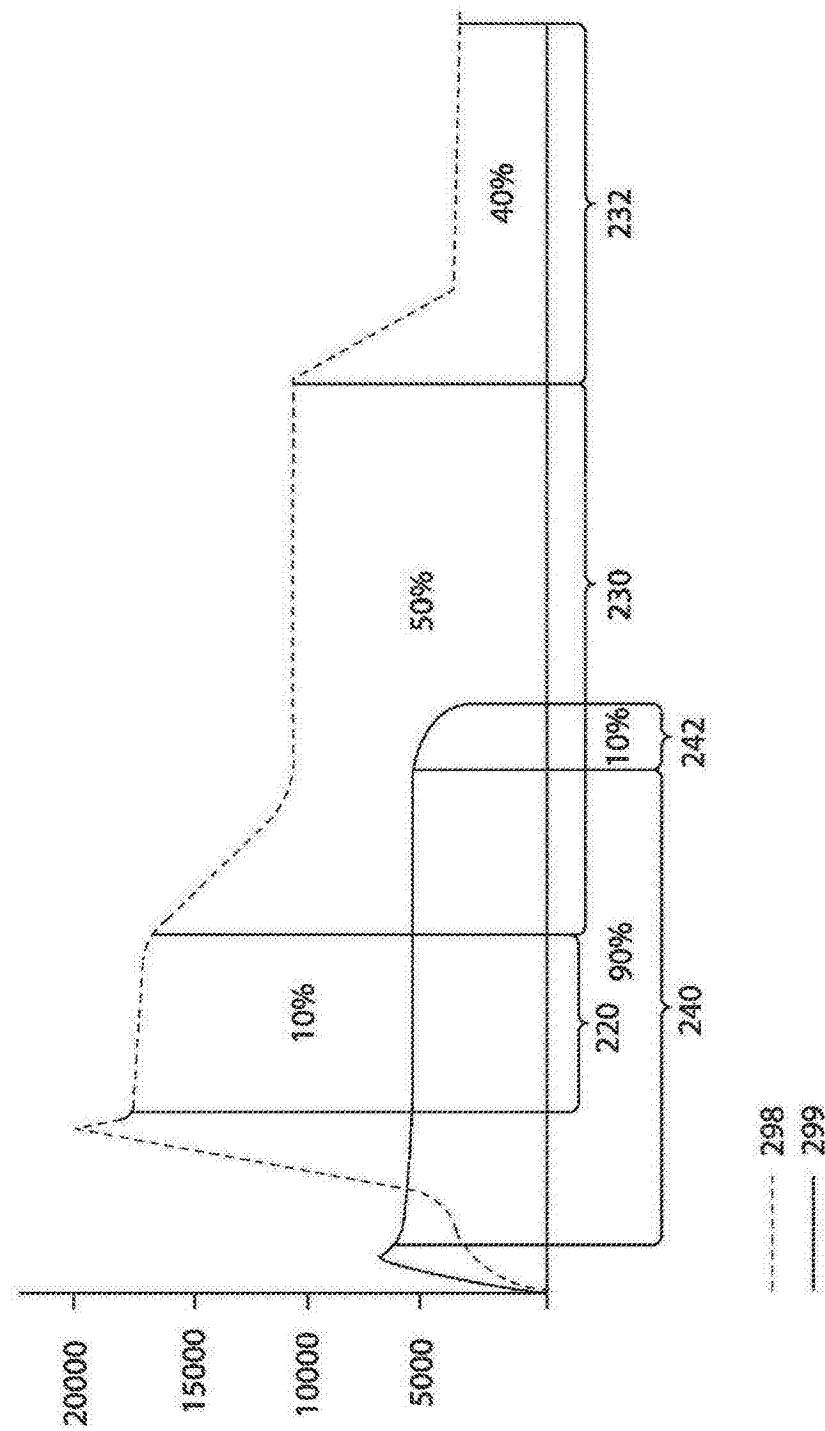


图 4

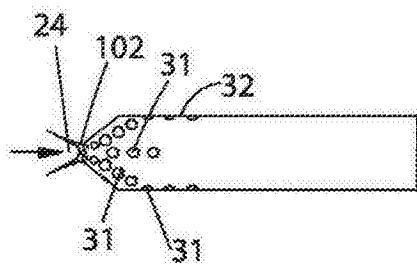


图 5A

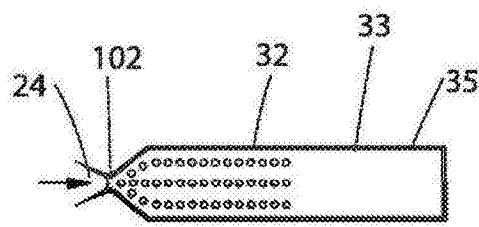


图 5B

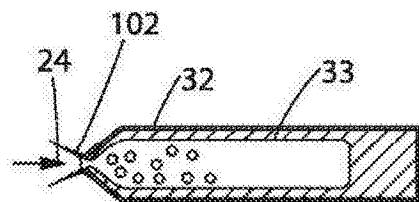


图 5C

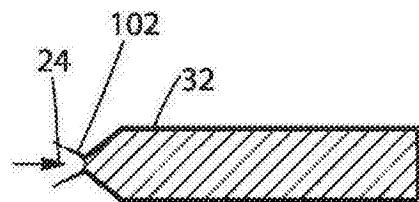


图 5D

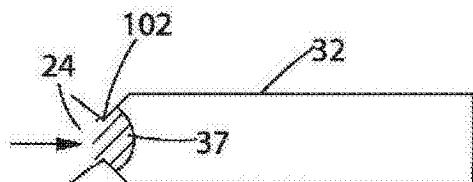


图 6A

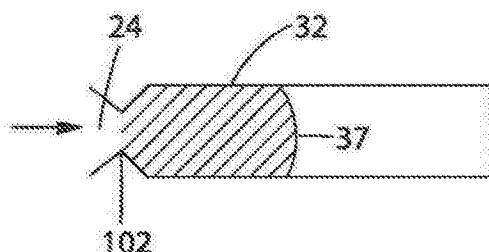


图 6B

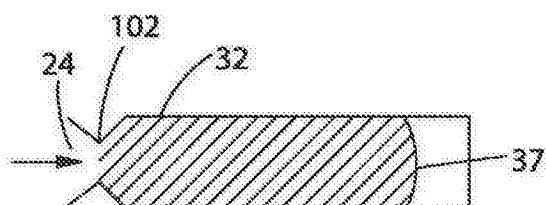


图 6C

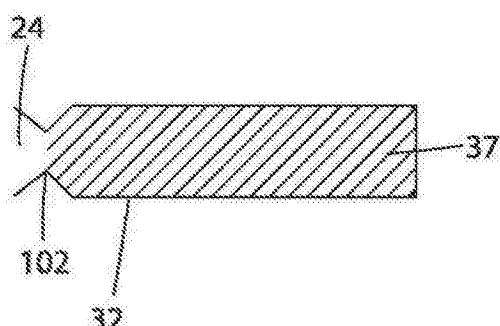


图 6D

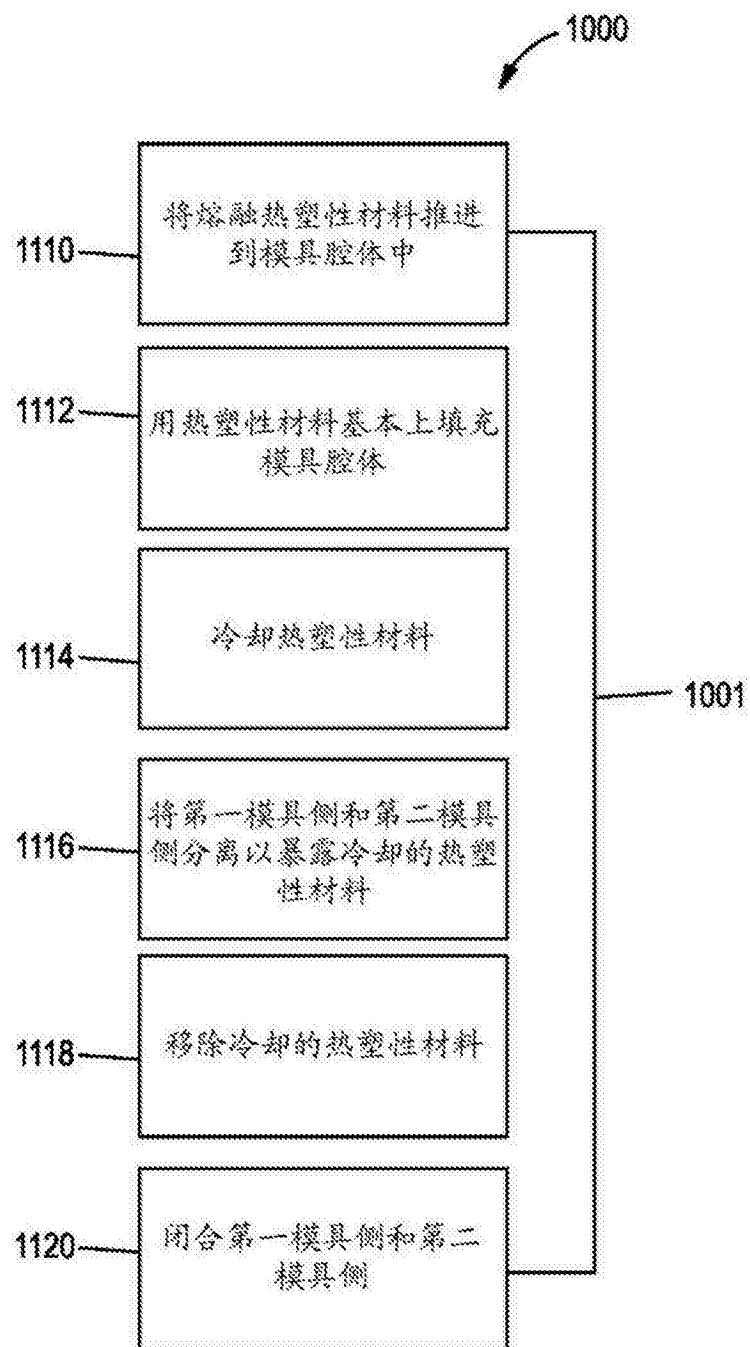


图 7

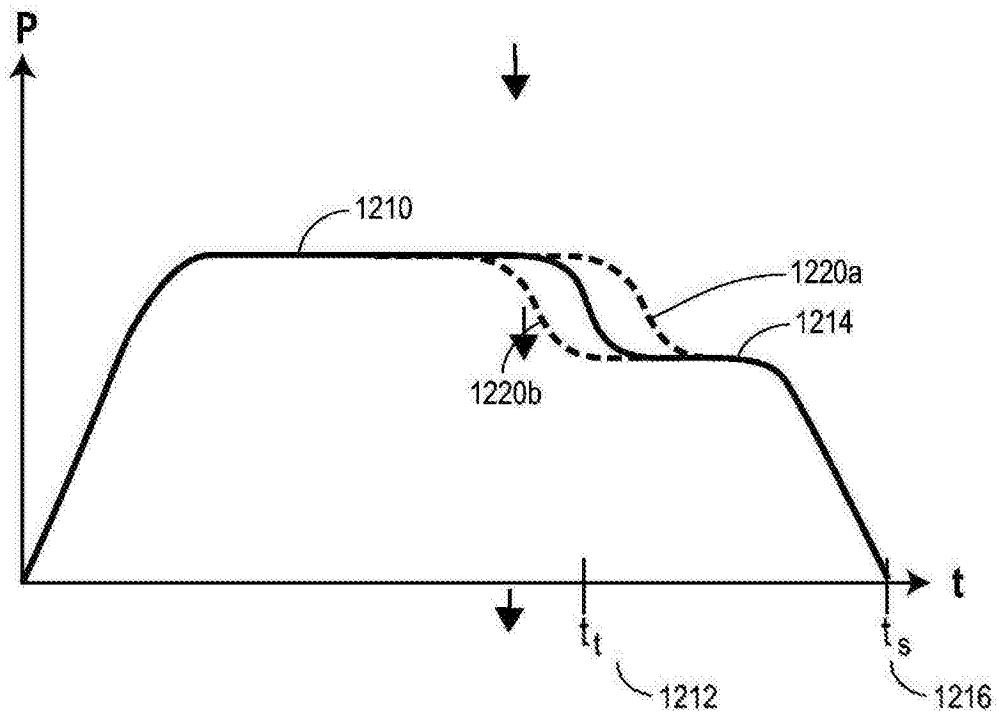


图 8

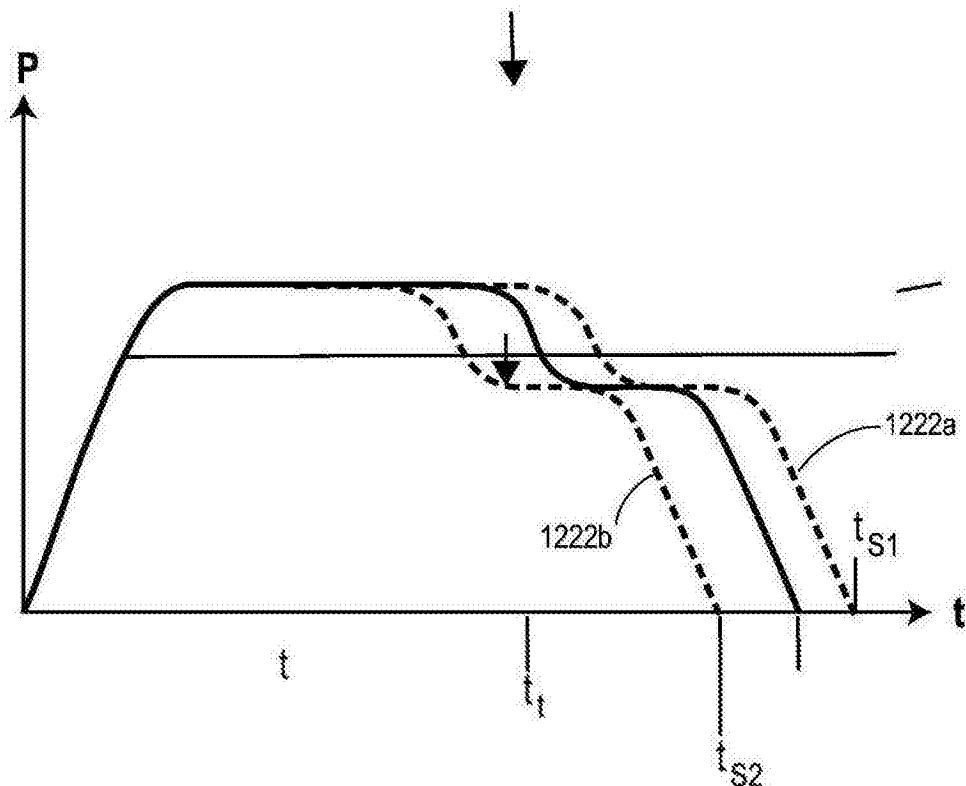


图 9

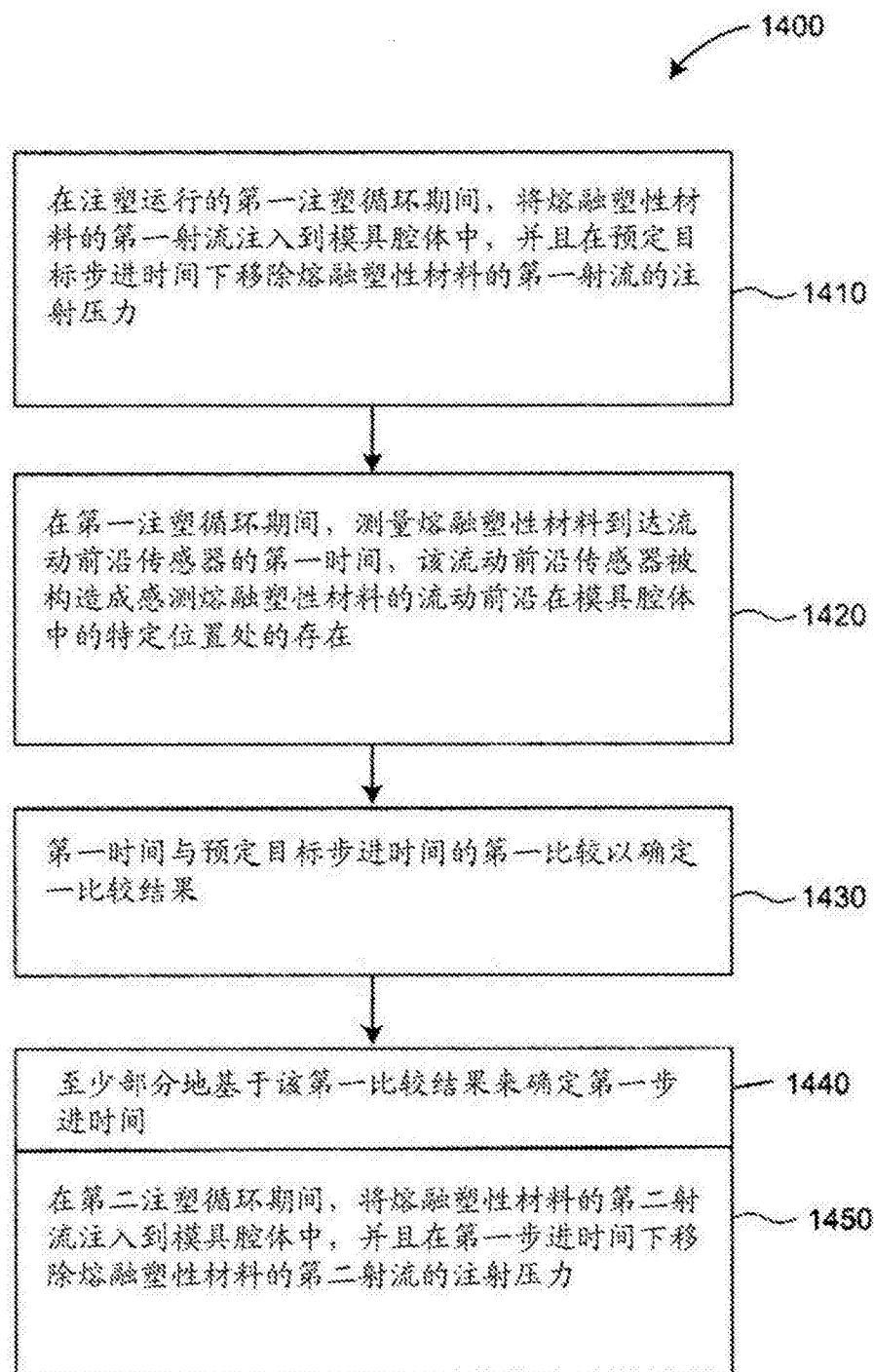


图 10

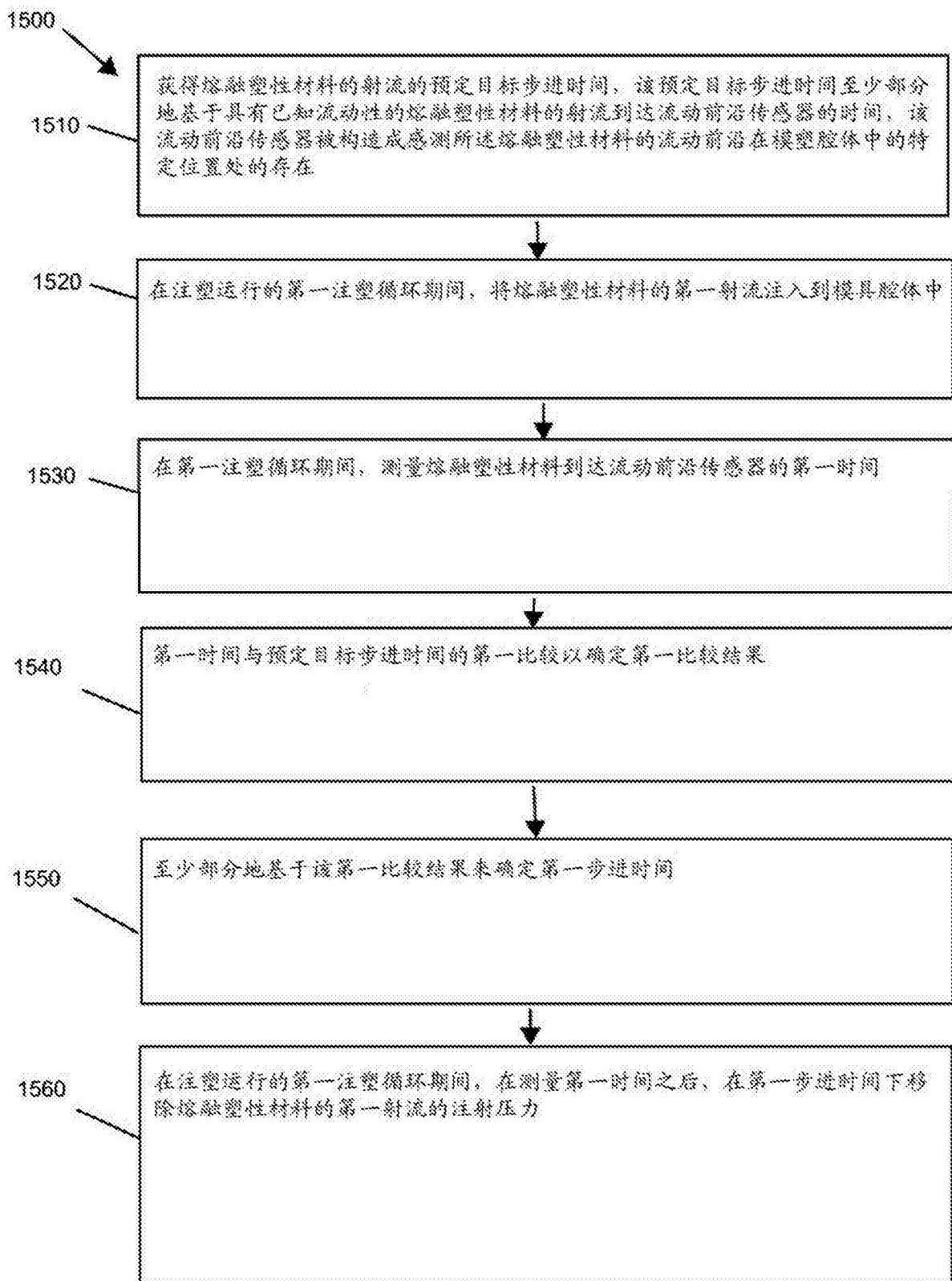


图 11