



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104144777 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201380010266. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 02. 22

B29C 45/73 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/602, 781 2012. 02. 24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 08. 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/027353 2013. 02. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/126723 EN 2013. 08. 29

(71) 申请人 宝洁公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 G·M·艾尔托宁 R·E·纽法斯

J·B·史蒂文斯 R·L·普罗西

J·E·波伦 J·M·雷曼

D·D·伦普金

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 茅翊恣

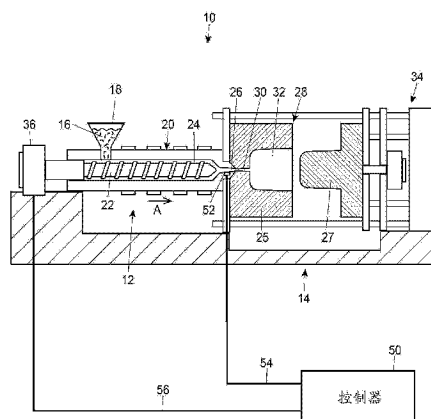
权利要求书1页 说明书22页 附图16页

(54) 发明名称

具有简化的冷却系统的注塑模具

(57) 摘要

本文公开了一种用于高输出消费产品注塑机的注塑模具组件,该注塑模具组件具有简化的冷却系统。该简化的冷却系统具有小于3,优选地小于2,更优选地小于1的冷却复杂度系数。



1. 一种用于注塑机 (#10, 图 1) 的模具组件 (#328, 图 5A), 所述模具组件包括:
第一模具侧面 (#372, 图 5A) 和第二模具侧面 (#374, 图 5A), 所述第一模具侧面和所述第二模具侧面限定两者间的模具腔体 (#32, 图 1; #376, 图 5A);
第一支撑板 (#378, 图 5A), 所述第一支撑板连接至所述第一模具侧面;
第二支撑板 (#380, 图 5A), 所述第二支撑板连接至所述第二模具侧面;
和冷却系统 (#382, 图 5A、5B、6、7、8、10; #382a, #382b, 图 9; #399, 图 12), 所述冷却系统用于在注塑加工期间从所述第一模具侧面和第二模具侧面除去热,
其中所述模具组件包括下列中的至少一者:
所述模具腔体, 所述模具腔体具有大于 100 的 L/T 比率 (图 2);
至少四个模具腔体 (图 4);
一个或多个受热流道 (#64, 图 4);
被引导的顶出机构, 并且
其特征在于所述冷却系统具有三级、二级或一级冷却复杂度。
2. 根据权利要求 1 所述的模具组件, 其中所述冷却系统具有一级冷却复杂度 (图 5A-5E)。
3. 根据权利要求 2 所述的模具组件, 其中所述第一支撑板和所述第二支撑板中的至少一者包括具有单个机加工轴线的冷却管路。
4. 根据权利要求 2 所述的模具组件, 其中所述第一支撑板和所述第二支撑板中的至少一者包括多个冷却管路, 所述多个冷却管路中的每个冷却管路具有基本上平行于公用机加工轴线的单个机加工轴线。
5. 根据权利要求 1 所述的模具组件, 其中所述冷却系统具有二级冷却复杂度 (图 6)。
6. 根据权利要求 5 所述的模具组件, 还包括具有单个机加工轴线的冷却通道。
7. 根据权利要求 6 所述的模具组件, 其中所述冷却通道至少部分地延伸穿过下列之一: 所述第一支撑板和所述第一模具侧面, 以及所述第二支撑板和所述第二模具侧面。
8. 根据权利要求 7 所述的模具组件, 其中所述冷却通道包括终端 (#384, 图 6)。
9. 根据权利要求 7 所述的模具组件, 其中所述冷却通道包括导流板 (#386, 图 6)。
10. 根据权利要求 6 所述的模具组件, 还包括多个冷却通道, 所述多个冷却通道中的每个冷却通道具有基本上平行于公用机加工轴线的单个机加工轴线。
11. 根据权利要求 1 所述的模具组件, 其中所述冷却系统具有三级冷却复杂度 (图 8)。
12. 根据权利要求 11 所述的模具组件, 还包括具有单个第一机加工轴线的的第一冷却通道和具有单个第二机加工轴线的的第二冷却通道, 其中所述第一机加工轴线基本上不平行于所述第二机加工轴线。
13. 根据权利要求 12 所述的模具组件, 其中所述第一机加工轴线基本上垂直于所述第二机加工轴线。
14. 根据权利要求 11 所述的模具组件, 还包括第一冷却通道, 所述第一冷却通道具有第一机加工轴线和第二机加工轴线, 所述第一机加工轴线相对于所述第二机加工轴线是成角度的。
15. 根据权利要求 11 所述的模具组件, 其中所述第一冷却通道包括终端。

具有简化的冷却系统的注塑模具

技术领域

[0001] 本发明涉及注塑模具,更具体地,本发明涉及具有简化的冷却系统的注塑模具。

背景技术

[0002] 注塑是一种通常用于大批量制造由可熔性材料制成的部件(最常见的是由热塑性聚合物制成的部件)的技术。在重复性注塑加工期间,将塑性树脂(最常见的为小珠或球剂形式)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。此类树脂可包括母料材料,连同一种或多种着色剂、添加剂、填料等。现在熔融树脂被有力地注入到具有特定腔体形状的模具腔体中。注入的塑料在模具腔体中保持在压力下、冷却、然后作为固化部件取出,所述固化部件具有基本上复制了模具的腔体形状的形状。模具自身可具有单个腔体或多个腔体。每个腔体均可通过浇口连接至流动通道,所述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,典型的注塑规程包括四个基本操作:(1) 将塑料在注塑机中加热,以使其在压力下流动;(2) 将熔融塑料注入被限定在已闭合的两个模具半块之间的一个或多个模具腔体中;(3) 使塑料在一个或多个腔体中在压力下冷却并硬化;以及(4) 打开模具半块以允许部件从模具中被顶出。

[0003] 将熔融塑性树脂注入模具腔体中并且通过注塑机迫使塑性树脂挤过腔体,直至塑性树脂到达腔体中的最远离浇口的位置。该部件的所得的长度和壁厚取决于模具腔体的形状。

[0004] 用于注塑机的模具必须能够承受这些高熔体压力。此外,形成模具的材料必须具有能够耐受对于模具在其寿命过程中被预期运行的总循环数而言的最大循环应力的疲劳极限。因此,模具制造商通常用具有高硬度的材料,诸如具有大于 30Rc,且更通常大于 50Rc 的工具钢来形成模具。这些高硬度材料是耐久的并被装备成耐受注塑加工期间使模具组件保持相对于彼此压紧所需的高夹紧压力。另外,这些高硬度材料还能够更好地抵抗来自模塑表面和聚合物流之间的重复接触的磨损。

[0005] 生产薄壁消费产品的高产注塑机(即,101 类和 102 类模塑机)仅使用模具中的大部分由高硬度材料制成的模具。高产注塑机通常生产出 500,000 个部件或更多部件。工业品质产量的模具必须被设计成生产出至少 500,000 个部件,优选地超过 1,000,000 个部件,更优选地超过 5,000,000 个部件,且甚至更优选地超过 10,000,000 个部件。这些高产注塑机具有多腔体模具和复杂的冷却系统以提高生产率。上述高硬度材料与较低硬度材料相比更能够承受夹紧和注入操作中的重复的高压力。然而,高硬度材料(诸如大多数工具钢)具有相对低的热导率,一般小于 20BTU/HR FT²F,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而到达冷却流体。

[0006] 为了减少循环时间,典型的具有由高硬度材料制成的高产注塑机包括使冷却流体

在模具内循环的相对复杂的内部冷却系统。这些冷却系统加速模塑部件的冷却,由此允许机器在给定的时间内完成更多循环,这增加了生产率并由此增加了生产的模塑部件的总量。然而,这些冷却系统增加了注塑模具的复杂度和成本。在一些 101 类模具中,可生产出超过 1 或 2 百万个部件,有时将这些模具称为“超高产模具”。在行业内,有时将在 400 吨或更大的压机中运行的 101 类模具称为“400 类”模具。

[0007] 高硬度材料一般非常难以进行机加工。因此,已知的高生产量注射模具要求大量机加工时间和昂贵的机加工设备来形成,以及昂贵和费时的后机加工步骤来释放应力并优化材料硬度。在这些复杂的模具内铣削和 / 或形成冷却通道为典型的高通过量注塑模具的制造增加了甚至更多的时间和成本。

[0008] 在传统高硬度模具中,存在机加工复杂度和冷却效率之间的权衡。理想的是,冷却通道应当被机加工成尽可能地靠近模具腔体表面。另外,共形冷却也是所期望的且最为有效。然而,对靠近模塑表面的共形冷却通道进行机加工较为困难、费时且昂贵。一般来讲,对处在模具表面的约 5mm 内的冷却通道进行机加工被认为是实际上的极限。所述实际上的极限由于冷却流体和具有低热导率的热塑料之间的材料而降低了冷却效率。常规机加工技术连同常规模具材料(即,高硬度和低热导率)为给定模具给定了循环时间和冷却效率的下限。

[0009] 此外,将冷却管路定位成靠近模具表面还需要对模具中的冷却管路进行精密的机加工。由于当设置在注塑机的夹紧装置中时模具是附接到支撑板的,因此流体密封件必须定位在其中冷却管路从支撑板过渡至模具的位置(因为流体循环系统(例如,泵)必须定位在模具的外部)。这些流体密封件可失效,从而导致冷却流体逸出。因此,部件可不完全冷却,这生产质量较差的部件;或模具中的塑料可受到冷却流体的污染,这也是不可取的。

[0010] 此外,对机加工冷却通道的实际限制还导致模具内不相等的冷却。因此,在模具腔体内产生温度梯度。模具腔体表面的温度常常可变化十摄氏度或更多。模具内温度的这种宽幅变化可能导致模塑的部件产生缺陷。

附图说明

[0011] 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,能够理解对以下例证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:

[0012] 图 1 示出了根据本公开构造的注塑机的示意图;

[0013] 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;

[0014] 图 3 为图 1 的注塑机中的模具中的模具腔体的腔体压力对时间图;

[0015] 图 4 为图 1 的注塑机的模具组件的一个实施例的剖面图;

[0016] 图 5A-5E 示出了具有被机加工的在支撑板中多个冷却管路的各种模具组件的不同视图;

[0017] 图 6 示出了模具组件的剖面图,所述模具组件具有被机加工在支撑板中的延伸到模具侧面中的多个冷却管路;

[0018] 图 7 示出了包括导流板的冷却管路的近距离剖面图;

[0019] 图 8 示出了模具组件的透视剖面图,所述模具组件包括沿至少两条不同的轴线被

机加工的多个冷却管路；

[0020] 图 9 示出了模具组件的透视剖面图，所述模具组件具有沿至少两条不同的机加工轴线被机加工的多个末端冷却管路和多个通孔冷却管路；

[0021] 图 10 示出了具有多个冷却管路的模具组件的部分透明的透视图，这些冷却管路中的至少一者由两条末端冷却管路形成，所述末端冷却管路在终端彼此接合以形成非末端冷却管路，每个末端冷却管路均沿不同的机加工轴线被机加工；

[0022] 图 11 示出了具有主动冷却的动态部件的模具组件的透视图；

[0023] 图 12 示出了具有至少一条冷却管路的模具组件的透视图，所述冷却管路包括非线性、非共轴或非平面的冷却通道；并且

[0024] 图 13 示出了立方体模具的一个实施例，其包含具有简化的冷却系统的模具。

具体实施方式

[0025] 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低恒压注塑制备产品的系统、产品、以及方法。

[0026] 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 6000psi 且更低的注塑机的喷嘴附近的熔体压力。

[0027] 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会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。熔体压力被视为基本上恒定的，只要熔体压力波动不超过所列举压力的 30%。

[0028] 详细地参见图，图 1 示出用于大批量生产薄壁部件的示例性低恒压注塑设备 10 (例如 101 类或 102 类注射模具，或“超高产量模具”)。注塑设备 10 一般包括注射系统 12 和夹紧系统 14。可以热塑性球剂 16 的形式将热塑性材料引入注射系统 12 中。可将热塑性球剂 16 置于料斗 18 中，所述料斗将热塑性球剂 16 喂送到注射系统 12 的加热圆筒 20 中。热塑性球剂 16 在被喂送到加热圆筒 20 中之后可通过往复式螺杆 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 压缩热塑性球剂 16 会导致热塑性球剂 16 熔融，从而形成熔融热塑性材料 24。通常在约 130℃ 至约 410℃ 的温度下对所述熔融热塑性材料进行加工。

[0029] 往复式螺杆 22 迫使熔融热塑性材料 24 压向喷嘴 26 以形成热塑性材料的射流，所述射流将被注入模具 28 的模塑腔体 32 中。熔融热塑性材料 24 可通过浇口 30 注射，所述浇口将熔融热塑性材料 24 的流体引导至模具腔体 32。模具腔体 32 形成于模具 28 的第一模具部件 25 与第二模具部件 27 之间，并且第一模具部件 25 和第二模具部件 27 通过压机或夹紧单元 34 在压力下保持在一起。压机或夹紧单元 34 施加必须大于由用于分离两个模具半块的注射压力所施加的力的夹紧力，以在将熔融热塑性材料 24 注入模具腔体 32 中的同时将第一模具部件 25 和第二模具部件 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，所述模具架和模具基座由表面硬度大于约 165BHN 且优选地小

于 260BHN 的材料形成,但是可使用表面硬度 BHN 值大于 260 的材料,只要所述材料是容易机械加工的即可,如下文进一步讨论。

[0030] 一旦将熔融热塑性材料 24 的射流注入模具腔体 32 中,往复式螺杆 22 就停止向前行进。熔融热塑性材料 24 采用模具腔体 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 固化,压机 34 就释放第一模具部件 25 和第二模具部件 27,所述第一模具部件 25 和第二模具部件 27 彼此分离,并且成品部件可从模具 28 中被顶出。模具 28 可包括多个模具腔体 32 以增加总体生产率。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)。

[0031] 控制器 50 与传感器 52 和螺杆控制件 36 以通信方式连接。控制器 50 可包括微处理器、存储器、以及一个或多个通信链路。控制器 50 可分别经由有线连接 54、56 而连接至传感器 52 和螺杆控制件 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允许控制器 50 与传感器 52 和螺杆控制件 36 两者进行通信的任何其它类型的通信连接而连接至传感器 52 和螺杆控制件 56。

[0032] 在图 1 的实施例中,传感器 52 是测量(直接或间接地)喷嘴 26 中的熔融热塑性材料 24 的熔体压力的压力传感器。传感器 52 产生传输到控制器 50 的电信号。然后控制器 50 命令螺杆控制件 36 以保持喷嘴 26 中熔融热塑性材料 24 的基本上恒定的熔体压力的速率来推进螺杆 22。虽然传感器 52 可直接测量熔体压力,但是传感器 52 可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。同样,传感器 52 不需要直接位于喷嘴 26 中,而是传感器 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。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连通,并能够感测流体压力和/或其它流体特性。如果传感器 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,传感器 52 不需要设置在与喷嘴流体连接的位置处。相反,传感器可测量由夹紧系统 14 在介于第一模具部件 25 与第二模具部件 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 可根据来自传感器 52 的输入而保持压力。

[0033] 虽然图 1 示出了有源闭环控制器 50,但是可使用其它压力调节装置代替所述闭环控制器 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。用于防止模具 28 过压的另一种可供选择的机制为当检测到过压条件时激活警报。

[0034] 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。当流动通道的长度 L 除以流动通道的厚度 T 大于 100(即 $L/T > 100$) 时,一般认为模塑的部件为薄壁的。所述低恒定压力注塑系统和本文所述的具有简化的冷却的模具变得对于部件的模塑越来越有利,这是由于 L/T 比率增加了,具体地讲对于具有 $L/T > 200$ 或 $L/T > 250$ 的部件是这样,因为熔融热塑性材料包括推进穿过模具腔体的连续的流动前沿,其比高可变压力的注塑系统更一致地用热塑性材料填充模具腔体。流动通道 L 的长度从浇口 102 到流动通道的端部 104 被测量。薄壁部件在消费产品行业和保健或医疗用品行业中是尤其普及的。

[0035] 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 102 到模具腔体 32 端部将 T 尺寸对模具腔体 32 的长度积分,并且测定从浇口 102 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 比率通过对由各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 比率为对于浇口中任一个计算的最高 L/T 比率。

[0036] 薄壁部件存在某些注塑障碍。例如, 流动通道的薄度趋于在材料到达流动通道端部 104 之前冷却熔融热塑性材料。当这种情况发生时, 热塑性材料冻结并不再流动, 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 (通常大于 15,000psi) 下将熔融热塑性材料注入到模具中, 使得熔融热塑性材料在有机会冷却并冻结之前快速地填充模具腔体。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将熔融塑料注入到模具中的另一个原因是增加的剪切, 其增加如上所述的流动特性。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。

[0037] 传统注塑机使用由工具钢或其它硬质材料制成的模具来制备所述模具。虽然这些工具钢足够稳固以耐受非常高的注射压力, 但是工具钢是相对差的热导体。因此, 可将非常复杂的冷却系统机加工成模具以在填充模具时提高冷却时间, 这减少了循环时间并提高了模具的产量。然而, 这些非常复杂的冷却系统极大地增加了模具制造加工的时间和费用。

[0038] 本发明人已经发现剪切致稀热塑性塑料 (甚至是最低程度的剪切致稀热塑性塑料) 可在基本上恒定的低压下注入模具 28 中而没有任何显著的不利影响。这些材料的例子包括但不限于聚合物和由聚烯烃 (例如, 聚丙烯、聚乙烯) 构成的共聚物、热塑性弹性体、聚酯 (例如聚对苯二甲酸乙二酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯)、聚苯乙烯、聚乙烯呋喃 (PEF)、聚碳酸酯、聚 (丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯)、聚 (lactic acid)、多羟基链烷酸酯、聚酰胺、聚缩醛、乙烯 - α 烯烃橡胶、和苯乙烯 - 丁二烯 - 苯乙烯嵌段共聚物。事实上, 在基本上恒定的低压下模塑的部件与在常规高压下模塑的相同部件相比表现出一些优异的性能。该发现直接违背了教导越高的注射压力越好的行业内的常规观点。不受理论的约束, 据信在基本上恒定的低压下将熔融热塑性材料注入模具 28 中产生热塑性材料的连续流动前沿, 其从浇口到模具腔体的最远部分前进通过模具。通过保持低水平的剪切, 所述热塑性材料在相当低的温度和压力下保持认为在常规高压注塑系统中才可能的液态和可流动性。

[0039] 现在转向图 3, 由虚线 200 示出了常规的高压注塑加工的典型压力 - 时间曲线。相反, 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。

[0040] 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腔体的填充时间。此后, 熔体压力降低并在 10,000psi 或更大的较低、但是仍然相对高的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腔体中的所有间隙都被回填的填料时间。常规高压注塑系统中的模具腔体从流动通道的端部向浇口回填。因此, 如上所述, 各固化阶段中的塑料在彼此之上压实, 这可导致成品的不一致。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性能, 例如, 模塑在内的应力、下沉、以及非最佳光学特性。

[0041] 另一方面, 低恒压注塑系统在基本上恒定的低压力经过单个时间段 240 将熔融塑性材料注入模具腔体中。注射压力小于 6,000psi。通过使用基本上恒定的低压, 熔融热塑性材料保持连续的熔体前沿, 所述熔体前沿从浇口向流动通道的端部前进通过流动通道。因此, 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

用相对均匀的塑性材料填充模具,成品模塑的部件可形成比常规模塑的部件具有更好的机械特性和 / 或更好的光学特性的结晶结构。非晶态聚合物也可形成具有优异的机械特性和 / 或光学特性的结构。此外,在低恒定压力下模塑的部件的表层表现出与常规模塑部件的表层不同的特性。因此,在低恒定压力下模塑的部件的表层可具有比常规模塑部件的表层更好的光学特性。

[0042] 通过保持喷嘴内基本上恒定的低熔体压力(例如小于 6000psi),可将更易机加工的材料用于形成模具 28。例如,图 1 所示的模具 28 可由具有如下指数的材料形成:铣削机加工指数大于 100%(诸如 100-1000%,100-900%,100-800%,100-700%,100-600%,100-500%,100-400%,100-300%,100-250%,100-225%,100-200%,100-180%,100-160%,100-150%,100-140%,100-130%,100-120%,100-110%,120-250%,120-225%,120-200%,120-180%,120-160%,120-150%,120-140%,120-130%,140-400%,150-300%,160-250%,或 180-225%,或由这些百分比值中的任一个所形成的任何其它范围);钻削机加工指数大于 100%,(诸如 100-1000%,100-900%,100-800%,100-700%,100-600%,100-500%,100-400%,100-300%,100-250%,100-225%,100-200%,100-180%,100-160%,100-150%,100-140%,100-130%,100-120%,100-110%,120-250%,120-225%,120-200%,120-180%,120-160%,120-150%,120-140%,120-130%,140-400%,150-300%,160-250%,或 180-225%,或由这些百分比值中的任一个所形成的任何其它范围);钻削机加工指数大于 100%(诸如 100-1000%,100-900%,100-800%,100-700%,100-600%,100-500%,100-400%,100-300%,100-250%,100-225%,100-200%,100-180%,100-160%,100-150%,100-140%,100-130%,100-120%,100-110%,120-250%,120-225%,120-200%,120-180%,120-160%,120-150%,120-140%,120-130%,140-400%,150-300%,160-250%,或 180-225%,或由任何这些百分比值所形成的任何其它范围);电火花线切割机加工指数大于 100%(诸如 100-1000%,100-900%,100-800%,100-700%,100-600%,100-500%,100-400%,100-300%,100-250%,100-225%,100-200%,100-180%,100-160%,100-150%,100-140%,100-130%,100-120%,100-110%,120-250%,120-225%,120-200%,120-180%,120-160%,120-150%,120-140%,120-130%,140-400%,150-300%,160-250%,或 180-225%,或由这些百分比值中的任一个所形成的任何其它范围);石墨电火花成型加工机加工指数大于 200%(诸如 200-1000%,200-900%,200-800%,200-700%,200-600%,200-500%,200-400%,200-300%,200-250%,300-900%,300-800%,300-700%,300-600%,300-500%,400-800%,400-700%,400-600%,400-500%,或由这些百分比值中的任一个所形成的任何其它范围);或铜电火花成型加工机加工指数大于 150%(诸如 150-1000%,150-900%,150-800%,150-700%,150-600%,150-500%,150-400%,150-300%,150-250%,150-225%,150-200%,150-175%,250-800%,250-700%,250-600%,250-500%,250-400%,250-300%,或由这些百分比值中的任一个所形成的任何其它范围)。机加工指数基于各种材料的铣削、钻削、电火花线切割、以及电火花成型加工测试。在下文中更详细地解释了测定机加工指数的测试方法。材料样品的机加工指数的例子汇集在下表 1 中。

[0043]

材料		机加工技术										
		铣削		钻削		电火花线切割		电火花成型加工-石墨		电火花成型加工-铜		
		锭子 负荷	指数 %	锭子 负荷	指数 %	时间	指数 %	时间	指数 %	时间	指数 %	
	1117*	0.72	100%	0.32	100%	9:34	100%	0:14:48	100%	0:24:00	100%	
	6061 Al	0.50	144%	0.20	160%	4:46	201%	0:05:58	248%	0:15:36	154%	
	7075 Al	0.55	131%	0.24	133%	4:48	199%	0:05:20	278%	0:12:27	193%	
	Alcoa QC-10 Al	0.56	129%	0.24	133%	4:47	200%	0:05:11	286%	0:12:21	194%	
	4140	0.92	78%	0.37	86%	9:28	101%	0:09:36	154%	0:19:20	124%	
	420 SS	1.36	53%	0.39	82%	8:30	113%	0:10:12	145%	0:23:20	103%	
	A2	0.97	74%	0.45	71%	8:52	108%	0:08:00	185%	0:20:12	119%	
	S7	1.20	60%	0.43	74%	9:03	106%	0:12:53	115%	0:20:58	114%	
	P20	1.10	65%	0.38	84%	9:26	101%	0:11:47	126%	0:20:30	117%	
	PX5	1.12	64%	0.37	86%	9:22	102%	0:12:37	117%	0:23:18	103%	
	Moldm ax HH	0.80	90%	0.36	89%	6:00	159%	6:59:35	4%	1 0:43:38	55%	3
	Ampco loy 944	0.62	116%	0.32	100%	6:53	139%	3:13:41	8%	2 0:30:21	79%	4
*1117 是用于该测试的基准材料。公布的数据参考 1212 碳钢作为基准材料。1212 不易得。关于所公布的数据，1117 最接近组成和机加工指数百分比 (91%)。						1 显著的石墨电极磨耗：~20% 2 石墨电极磨耗：~15%				3 铜电极磨耗： ~15% 4 铜电极磨耗： ~3%		

[0044] 表 1

[0045] 使用易于机加工的材料形成模具 28 会导致极大地减少制造时间并由此降低制造成本。此外，这些可机加工的材料一般具有比工具钢更好的热导率，这提高了冷却效率并减少了对复杂的冷却系统的需要。

[0046] 当由这些易于机加工的材料形成模具 28 时，还有利地是选择具有良好热导率特性的易于机加工的材料。具有大于 30BTU/HR FT °F 的热导率的材料是特别有利的。具体地，这些材料可具有（以 BTU/HR FT °F 测量的）如下热导率：200, 18030-200, 30-180, 30-160, 30-140, 30-120, 30-100, 30-80, 30-60, 30-40, 40-200, 60-200, 80-200, 100-200, 120-200, 140-200, 160--200, 40-200, 40-180, 40-160, 40-140, 40-120, 40-100, 40-80, 40-60, 50-140, 60-140, 70-140, 80-140, 90-140, 100-140, 110-140, 120-140, 50-130, 50-120, 50-110, 50-100, 50-90, 50-80, 50-70, 50-60, 60-130, 70-130, 80-130, 90-130, 100-130, 110-130, 120-130, 60-120, 60-110, 60-100, 60-90, 60-80, 60-70, 70-130, 70-120, 70-110, 70-100, 70-90, 70-80, 70-110, 70-100, 70-90, 70-80, 80-120, 80-110, 80-100, 或 80-90, 或由这些热导率值中的任一个所形成的任何其它范围。例如，具有良好热导率的易于机加工的材料包括但不限于 QC-10（购自 Alcoa）、Alumold500（购自 Alcan）、Duramold-5（购自 Vista Metals, Corp.）和 Hokotol（购自 Aleris）。具有良好热导率的材料更有效地将热从热塑性材料传递出模具。因此，可使用更简单的冷却系统。

[0047] 多腔体模具组件 28 的一个例子示出于图 4 中。多腔体模具一般包括将熔融热塑性材料从喷嘴 26 引导至各个模具腔体 32 的进料歧管 60。进料歧管 60 包括将熔融热塑性材料引导至一个或多个流道或进料通道 64 中的注入口 62。每个流道 64 可进料给多个模具腔体 32。高产模具可包括四个或更多个模具腔体 32, 有时候多达三百八十四四个模具腔体 32, 并且常常也可包括受热流道 64。恒定低压力注塑机的一些实施例可包括非天然平衡的进料系统, 诸如人工平衡的进料系统或非平衡的进料系统。

[0048] 钻削和铣削机加工性指数测试方法

[0049] 上文所列表 1 中的钻削和铣削机加工性指数通过以如下所述小心控制的测试方法测试代表性材料来测定。

[0050] 每种材料的机加工性指数通过测量钻削或铣削材料试件所需的锭子负荷来测定, 其中保持所述各种材料之间的所有其它机器条件恒定 (例如, 机器台面进料速率、锭子转速等)。锭子负荷报告为测量的锭子负荷与钻削或铣削装置在 1400rpm 下的最大锭子扭矩负荷 75ft-lb 的比率。作为 1117 钢的锭子负荷与测试材料的锭子负荷之间的比率来计算指数百分比。

[0051] 测试铣削或钻削机为 Haas VF-3 机加工中心。

[0052] 钻削条件

[0053]

点钻	118 度 0.5" 直径, 钻削至 0.0693" 深度
钻头	15/32" 直径未涂布的高速钢的标准长度钻头
锭子速度	1200rpm
钻削深度	0.5"
钻削速率	3in/min
其它	不使用常规的断屑钻

[0054]

[0055] 表 2

[0056] 铣削条件

[0057]

铣刀	0.5" 直径 4 槽式硬质合金平底铣刀, 未涂布的 (SGS 部件# 36432 www.sgstool.com)
锭子速度	1200rpm
切割深度	0.5"
原料进料速率	20in/min

[0058] 表 3

[0059] 对于所有测试都使用“冲击喷射”冷却。冷却剂为 Koolrite2290。

[0060] 电火花机加工性指数测试方法

[0061] 上文所列表 1 中的石墨和铜电火花成型加工的机加工性指数通过以下文所述小心控制的测试方法测试代表性材料来测定。

[0062] 各种材料的电火花机加工性指数通过测量将区域（下文详述）刻进各种测试金属中的时间来测定。以刻进 1117 钢所需的时间与将相同区域刻进其它测试材料中所需的时间的比率来计算机加工性指数百分比。

[0063] 电火花线切割

[0064]

设备	Fanuc 0B
线	0.25mm 直径硬质黄铜
切口	1" 厚度 × 1" 长度 (1sq. ")
参数	在板式人工智能上使用 Fanuc, 覆盖 100%

[0065] 表 4

[0066] 电火花成型加工 - 石墨

[0067]

设备	具有 Mitsubishi EX 控制器的 Ingersoll Gantry800
线	系统 3R 预安装 25mm 直径 Poco EDM3 石墨
切口	0.1"Z 轴横向进给
参数	用 FAP EX 系列技术控制所用 Mitsubishi CNC

[0068]

[0069] 表 5

[0070] 电火花成型加工 - 铜

[0071]

设备	具有 Mitsubishi EX 控制器的 Ingersoll Gantry800
线	系统 3R 预安装 25mm 直径碲铜
切口	0.1"Z 轴横向进给
参数	用 FAP EX 系列技术控制所用 Mitsubishi CNC

[0072] 表 6

[0073] 本发明所公开的低恒压注塑机有利地使用由易于机加工的材料构造的模具。因此,本发明所公开的低恒定压力注塑模具(以及因此本发明所公开的低恒定压力注塑机)不太昂贵且生产起来更快速。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。

[0074] 此外,本发明所公开的低恒定压力注塑模具(例如,包括一个或多个模具侧面和一个或多个支撑板的模具组件)可包括相对于常规高压注塑模具中所存在的冷却系统来讲简化的冷却系统。所述简化的冷却系统比常规冷却系统更经济,因为所述简化的冷却系统生产起来更快速且更容易。另外,所述简化的冷却系统还使用较少的冷却剂,这进一步减少了模塑操作期间的冷却成本。在一些情况下,所述简化的冷却系统可仅仅定位在模具支撑板中,这允许更换模具而无需更换冷却系统。概括地说,本发明所公开的低恒定压力注塑模具的简化的冷却系统比存在于常规高压注塑模具中的常规复杂的冷却系统更经济。

[0075] 所有种类的冷却系统均可按冷却复杂度级别体系来分类,其中冷却复杂度级别零表示最简单的冷却系统,并且较高的冷却复杂度级别表示渐进地更复杂的冷却系统。下文更详细地讨论该冷却系统分类体系。然而,常规高产消费产品注塑机(例如,101类和102类模塑机)采用复杂的冷却系统以减少循环时间并提高生产能力。一般来讲,高产消费产品注塑机包括复杂的冷却系统(即,冷却系统具有第四级或更高级别的冷却系统复杂度)。零级至三级冷却复杂度级别的系统一般不产生足以用于常规高产注塑模具的冷却容量,所述常规高产注塑模具包括由高硬度、低热导率材料制成的模具。

[0076] 有利地,本发明所公开的低恒定压力注塑模具包括冷却复杂度级别为三级或更小的,优选地三级,二级,或一级冷却复杂度的冷却系统,其相对于常规高压注塑机来讲降低了生产成本并提高了效率。

[0077] 如本文所用,冷却复杂度为零级的模具组件被定义为不包括主动冷却系统的模具组件。换句话讲,冷却复杂度为零级的模具组件仅是通过如下方法被动地冷却的:热传导穿过模具侧面和支撑板,并且最终到达围绕模具组件的大气环境。冷却复杂度为零级的模具组件通常具有相对长的循环时间(由于冷却速率较慢,模具内的塑料需要显著量的时间来冻结)。因此,高产消费产品模具组件(例如,用于101-102类模塑机的模具组件)不使用冷却复杂度为零级的模具组件。

[0078] 现在转向图5A-5E,它们示出了冷却复杂度为一级的模具组件328的不同的实施例(和/或模具组件中支撑板的不同的实施例)。模具组件328可包括具有第一侧面372和第二侧面374的模具370。第一侧面372和第二侧面374形成两者间的模具腔体376。第一侧面372可由第一支撑板378支撑,并且第二侧面374可由第二支撑板380支撑。第一支撑板和第二支撑板378、380可附接到压机(未示出),所述压机在模塑加工期间开动以移动第一侧面和第二侧面372、374。一条或多个冷却管路382可形成于支撑板378、380的一个或多个中。由于第一侧面和第二侧面372、374是由高度导热的材料制成的,因此热按足以在可接受的时间量内冷却模具腔体376中的塑料的速率流过第一侧面和第二侧面372、374而到达支撑板378、380。

[0079] 支撑板378、380可包括远离支撑板378、380朝模具370向外延伸的柱子或其它突出部381。冷却管路382可延伸到柱子381中,所述柱子可形成用于模具380的芯。柱子381可被构造成与模具370中的凹陷部适配在一起,从而形成模具腔体。例如,图7的实施例的突出部能够与冷却管路382一起使用,并且该突出部能够被构造成延伸到图5B的实施例的柱子381中的任一个的内部。柱子381中的任一个能够被构造成圆柱形的(如图5B所示),或渐缩的,或任何其它可行的形状,其具有任何方便的尺寸以便适配为模具芯或模

具腔体。柱子 381 中的任一个可被构造成部分地或完全地抵靠模具 380 或模具接收板的外表面,或延伸到模具 380 或模具接收板的外表面内的凹陷部或孔中。

[0080] 图 5B 中的冷却管路的突出部、柱子 381、和模具 370 可按任何可行的组合被构造成在一起以作为一体式结构,或作为永久性地连接元件的结构,或作为可互换元件的结构。例如,出自图 7 的突出的冷却管路和柱子 381 能够共同形成可互换的毂,所述毂能够可拆卸地连接到模具和 / 或模具接收板中,并因此连接到所述模具或板中的冷却管路中。又如,源自图 7 的突出的冷却管路可被构造成可与用于不同模具的具有各种尺寸和形状的柱子互换;并且当突出的冷却管路能够可拆卸地与这种柱子连接时,这在模塑加工中提供附加程度的柔韧性,能够快速地从一种模具至另一种模具更换模塑机,而无需在更换期间移除冷却管路和接收板。

[0081] 作为一个特定例子,模具 370 中的柱子 381 和腔体的尺寸可被设定成并被定位成使得模塑的部件的整个几何形状能够保持在由柱子 381 所形成的模具腔体中。这样,腔体的模塑表面可为连续的,因而无证示线应当呈现在模塑的部件上,这提供了审美和设计上的有益效果。任选地,模具腔体的尺寸可被设定成和 / 或被定位成具有可叠堆的板以产生用于模塑表面的必要的高度,和 / 或模具可被构造成具有安装在腔体和芯之间的可移动的滑板(有时候称为脱模板),所述滑板可具有机械启动或液压式启动。另外,该特定例子也可与如上所述的可互换部件一起使用。

[0082] 模具 370 可包括互补特征结构使得模具可围绕柱子 381 贴合(图 5B),贴合在该柱子内(图 5C),或贴合在该柱子上(图 5D 和 5E)。这样,冷却管路 382 可被定位成更靠近模具腔体而不将冷却管路 382 延伸到模具 370 中或延伸到第一模具侧面和第二模具侧面 372、374 中。因此,支撑板 378、380 可接收具有多种不同模具腔体形状的模具。因此可形成模具而无需将冷却管路整合进第一侧面和 / 或第二侧面 372、374 中,这减少了模具 370 的制造成本。

[0083] 常规高输出消费产品注塑模具组件不使用冷却复杂度为一级的模具组件,因为此类模具组件不能足够地冷却由两种高硬度、低热导率材料所形成的模具腔体内的塑料。冷却复杂度为一级的模具组件被定义为包含支撑板 378、380 内的所有主动冷却管路 382,即使需要超过一条机加工轴线来形成冷却管路 382。在图 5A-5E 的例子中,模具可为叠堆模具、立方体模具、梭子模具、直升机模具、具有旋转台板的模具或其它多腔体模具,从而提高生产能力(如果需要)。

[0084] 现在转向图 6,示出了冷却复杂度为二级的模具组件 328。冷却复杂度为二级的模具组件 328 与图 5 的冷却复杂度为一级的模具组件 328 相同,不同之处在于图 6 的实施例中的冷却管路 382 延伸穿过至少一个支撑板 378、380 并延伸到至少一个模具侧面 372、374 中(即,与仅延伸穿过支撑板 378、380 的冷却管路 382 相对)。冷却管路 382 具有终端 384。然而,每个冷却管路 382 沿平行于单个机加工轴线的轴线被机加工。

[0085] 冷却管路 382 可向外延伸以形成突出部,所述突出部包括导流板 386,如图 7 更详细地所示,从而有利于冷却流体流过冷却管路 382。在图 7 的一个可供选择的实施例中,导流板 386 能够被替换为螺旋腔体,所述螺旋腔体向外延伸穿过并进入到突出部中,因此冷却流体能够在突出部基座的一个侧面中流动,穿过螺旋腔体,并从基座的另一个侧面流出。在图 7 的另一个可供选择的实施例中,导流板 386 能够被替换为起泡器腔体,所述起泡器腔

体向外延伸穿过并进入到突出部中,因此冷却流体能够围绕突出部的内部流动。

[0086] 冷却复杂度为二级的模具组件未用于高输出消费产品注塑机(即,101-102类注塑机),因为冷却复杂度为二级的模具组件不具有足够的柔韧性以机加工靠近模具腔体的模具表面的冷却管路,因此冷却复杂度为二级的模具组件不为具有高硬度、低热导率模具的常规高输出模具组件提供足够的冷却。

[0087] 现在转向图8,示出了冷却复杂度为三级的模具组件328的一个实施例。冷却复杂度为三级的模具组件328由具有至少两条不同机加工轴线的冷却通道382限定。至少一条冷却管路382可包括两条不同的机加工轴线和—个终端。更具体地,冷却管路382可具有弯曲部或弯折部。例如,冷却管路382可包括基本上平行于模具组件328的打开-闭合行程S的第一机加工轴线和相对于第一机加工轴线成角度的第二机加工轴线。如同冷却复杂度为二级的模具组件—样,冷却复杂度为三级的模具组件也未用于高输出消费产品注塑机(例如,101-102类注塑机),因为三级冷却复杂度不具有足够的柔韧性来机加工靠近模具腔体的模具表面的冷却管路,因此冷却复杂度为三级的模具组件不为具有高硬度、低热导率模具的常规高输出模具组件提供足够的冷却。

[0088] 现在转向图9,示出了冷却复杂度为四级的模具组件328。冷却复杂度为四级的模具组件328包括多个冷却管路382、具有终端384的第一冷却管路382a和作为通孔面无终端的第二冷却管路382b。第一冷却管路382a从支撑板378延伸到第一模具侧面372中,并且第二冷却管路382b延伸穿过第一模具侧面372。第一冷却管路382a的机加工轴线不同于第二冷却管路382b的机加工轴线。换句话讲,冷却管路382具有用于成形的至少两个不同的机加工轴线。冷却复杂度为四级的模具组件已用于—些高输出消费产品注塑机(例如,101-102类注塑机)所述注塑机具有包括非常简单的模具腔体几何形状的模具组件。

[0089] 现在转向图10,示出了冷却复杂度为五级的模具组件328。冷却复杂度为五级的模具组件328包括第一冷却管路382,所述第一冷却管路为具有两条不同机加工轴线的通孔。如图10所示,第一冷却管路382包括第一区段390和第二区段392,它们相对于彼此成角度并在接合部或弯折部394处交会。用必须在模具部件中的内部位置交会的两条不同的轴线对第一冷却管路382进行机加工需要极大的精密度并因此需要更昂贵的设备,连同更多的制造时间。然而,冷却复杂度为五级的模具组件328已用于高输出消费产品注塑机(例如,101-102类注塑机),因为冷却复杂度为五级的模具组件允许在更大程度上定制冷却管路的布置方式。因此,冷却管路能够设置成与在较低复杂度的冷却复杂度模具组件中相比更靠近模具腔体。因此,所述更复杂的冷却复杂度模具组件能够至少部分地抵消存在于由高硬度、低热导率材料制成的常规注塑模具中的较低热导率缺点。

[0090] 现在转向图11,示出了冷却复杂度为六级的模具组件328。冷却复杂度为六级的模具组件328为一种冷却复杂度为一级至五级的模具组件,其也包括至少一个主动冷却的动态模塑部件398。在动态模塑部件398中形成冷却通道需要极大的精密度。此外,主动冷却的动态模塑部件398还需要在模具组件328的操作期间与动态模塑部件398—起移动的复杂的流动机构。冷却复杂度为六级的模具组件已用于高输出消费产品注塑机(例如,101-102类注塑机)。

[0091] 现在转向图12,示出了冷却复杂度为七级的模具组件328。冷却复杂度为七级的模具组件328为一种冷却复杂度为二级至六级的模具组件,其包括至少一个共形冷却腔体

399。共形冷却腔体 399 至少部分地互补模具腔体的轮廓以提供最大主动冷却。共形冷却腔体 399 为非线性、非共轴、和 / 或非平面的。共形冷却腔体 399 需要复杂的机器系统来形成。另外,共形冷却腔体 399 的形成还需要显著量的时间。因此,冷却复杂度为七级的模具组件极为昂贵并且一般专用于具有极为复杂的部件几何形状的高输出消费产品注塑机。

[0092] 本文所述的简化的冷却系统可并入到实际上任何类型的常规注塑模具中,诸如具有立方体模具组件 428 的注塑机,如图 13 所示。

[0093] 一般来讲,本公开的低恒定压力注塑机包括由具有高热导率的材料制成的模具和 / 或模具组件,如上所述。这种高热导率允许本发明所公开的低恒定压力注塑机、模具、和模具组件使用冷却复杂度为三级或更低级别的模具组件或针对实际上任何部件几何形状来冷却模塑的部件。优选地,将使用冷却复杂度为二级的模具组件来冷却模塑的部件。更优选地,将使用冷却复杂度为一级的模具组件来冷却模塑的部件。对于一些部件几何形状,甚至可使用冷却复杂度为零级的模具组件。冷却复杂度为三级或更低级别的模具组件甚至可用于超高输出消费产品注塑机(例如,101-102 类注塑机),而由高硬度、低热导率材料制成的常规注塑模具使用更复杂的冷却系统。因此,本发明所公开的低恒定压力注塑模具和模具组件(以及因此注塑机)的制造成本不太高,同时至少部分地由于不太复杂的冷却系统的可用性而减少了模具循环时间并提高了模具生产能力。

[0094] 由高热导率材料制成的模具的一种附加有益效果是,在注塑加工中,模具的温度特征图比常规模具中的更均匀。换句话讲,在所述模具内存在较小的从一点到另一点的温度变化。因此,与在常规模具中制造的部件相比,在具有高热导率的模具中制造的部件具有较小的内部应力(和更均匀的结晶结构)。这种较低的内部应力和更均匀的结晶度导致较低的部件翘曲率。在常规模具中,模具腔体常常被设计成抵消由不均匀的温度梯度所引起的部件翘曲,所述部件翘曲的发生增加了常规模具组件的成本和复杂度。最终确定特定的抵消通常需要重复且费时的试验加工。在高热导率模具中,模具腔体无需被设计成抵消翘曲,因为模塑的部件不发生显著量的翘曲,这是由于内部应力因更均匀的冷却而变得更均匀。因此,可避免常规模具的设计中所用的重复的抵消过程,从而进一步减少了制造成本和时间。

[0095] 测试数据

[0096] 对若干不同的模具构型进行了计算机分析以示出常规高硬度、低热导率模具中的标准冷却系统和高热导率模具中的简化的冷却系统之间的温度差值和热通量差值。所用的计算机程序为由 Magma Corporations 制作的 SigmaSoft 版本 4.8。用来对用于每次测试的常规冷却系统和理想化冷却系统建模的高硬度、低热导率材料为 P20 钢。用来对所述简化的冷却系统建模的高热导率材料为 QC10 铝、铜、和模具 **Max[®]**。

[0097] 实例 #1

[0098] 在对第一实例模具的测试中,使用了矩形模具的计算机模型。矩形模具是在五种不同的条件下建模的。首先,对“理想”条件建模。理想条件包括定位在与模塑表面相距 5mm 处的完全共形的冷却通道。理想条件被认为好于现有的任何实际冷却系统,并且可被认为对于给定模具腔体产生理论上最大冷却量。

[0099] 在第二条件中,将理想冷却通道在计算机模型中移动至与模具表面相距 7.5mm,同时仍然保持完全共形。本领域的技术人员将会认识到,对于任何形状(甚至极为简单的形

状),完全共形冷却通道实际上是不可能的,因为如果完全共形冷却通道在所有方面均是连续的,则模具表面将被冷却通道与模具的其余部分完全分开。

[0100] 在第三条件中,将理想冷却通道在计算机模型中移动至与模具表面相距 10mm,同时仍然保持完全共形。第三条件可被认为是逼近最好的实际冷却构型,因为实际冷却通道可被机加工成比 10mm 更靠近,但不是完全共形的。

[0101] 在第四条件下,将理想冷却通道在计算机模型中移动至与模具表面相距 12.7mm,同时仍然保持完全共形。

[0102] 在第五条件下,将常规冷却通道定位在计算机模型中与模塑表面相距 5mm 的距离处。常规冷却通道逼近用于常规模具的实际最佳情况的冷却系统。5mm 被公认为是实际上可能的冷却通道与模具腔体表面的接近程度。比 5mm 更靠近将在塑料注入期间在冷却通道区域中冒模具变形的风险。

[0103] 最后,以 5mm、10mm 和 15mm 的距离用高热导率材料对简化的冷却系统诸如上述冷却复杂度为零级至三级的模具组件之一建模,所述高热导率材料诸如将用来制造本文所述的低恒定压力注塑机中的模具和模具组件的材料。

[0104] 测试结果汇总于下表 1 中,其中 x 轴表示与模具表面相距的距离,并且 y 轴表示热通量。

[0105] 热通量

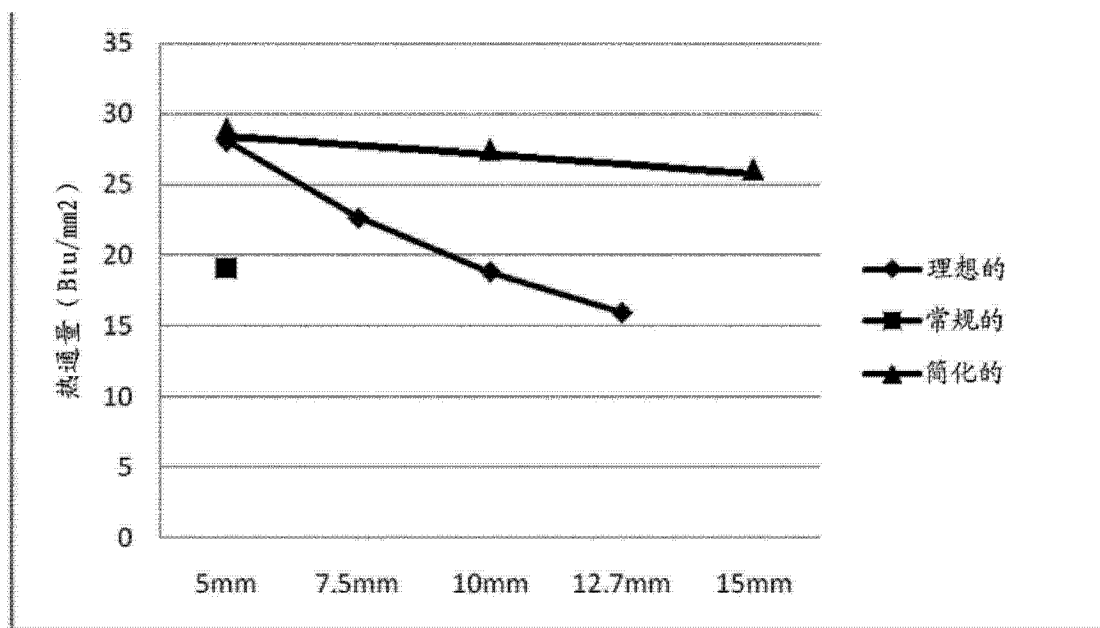
[0106]

矩形						
		5mm	7.5mm	10mm	12.7mm	15mm
理想的		28.13 BTU/mm ²	22.64 BTU/mm ²	18.81 BTU/mm ²	15.91 BTU/mm ²	
常规的		19.05 BTU/mm ²				
简化的		28.98 BTU/mm ²		27.52 BTU/mm ²		26.12 BTU/mm ²

[0107] 表 1

[0108] 表 1 所汇总的数据以图表的形式示出于以下图表 1 中。

[0109]



[0110] 表 1

[0111] 如所期望的那样,热通量随着冷却通道被移动得更远离模具表面而下降。然而,如图表 1 所示,所述简化的冷却系统在 5mm 处超过了甚至常规模具中的理想冷却系统的热通量。换言之,所述简化的冷却系统提供了甚至比常规模具中的该理论最佳冷却更好的冷却。此外,穿过具有该简化的冷却系统的模具的热通量的下降速率慢于与模具表面的距离的增加。与在常规模具中相比,所述简化的冷却系统的该特征结构还允许冷却通道被定位得与模具腔体表面相距更远,这导致模具内更均匀的温度和更少的热点。模具内更均匀的温度分布导致更一致的模塑的部件。

[0112] 针对各种部件几何形状,包括圆形、正方形、矩形和长圆形除臭剂顶盖,进行了类似的测试。测试结果示出于下表 2-4 和图表 2-4 中。

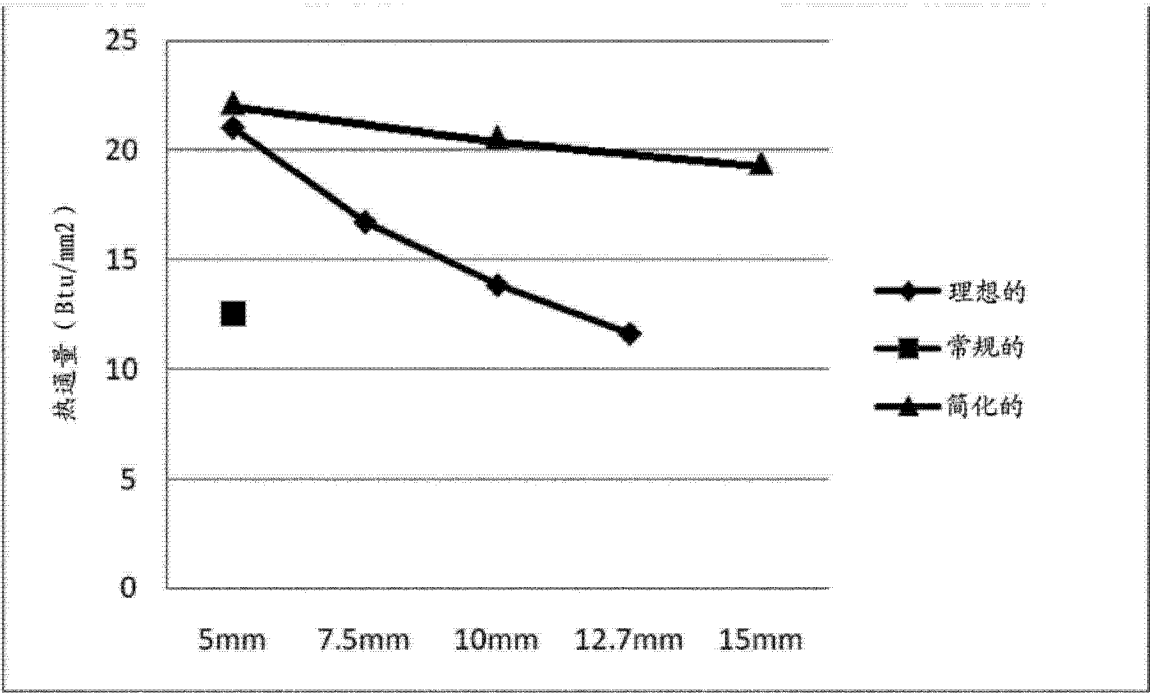
[0113] 热通量

[0114]

圆形						
		5mm	7.5mm	10mm	12.7mm	15mm
理想的		21.03 BTU/mm2	16.71 BTU/mm2	13.85 BTU/mm2	11.66 BTU/mm2	
常规的		12.55 BTU/mm2				
简化的		22.2 BTU/mm2		20.63 BTU/mm2		19.41 BTU/mm2

[0115] 表 2

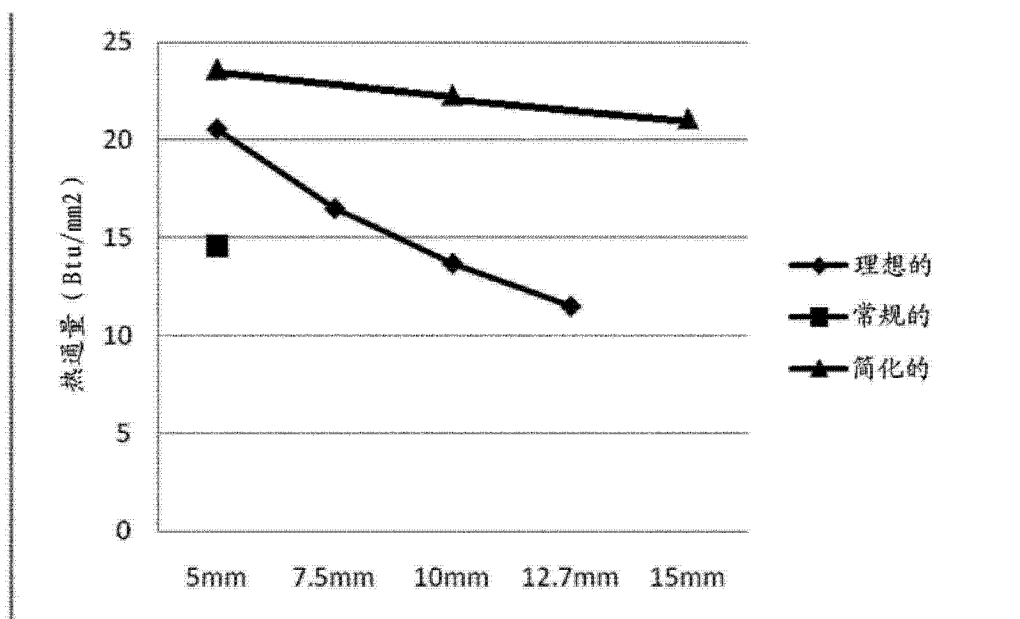
[0116]



[0117] 表 2
[0118] 热通量
[0119]

正方形						
		5mm	7.5mm	10mm	12.7mm	15mm
理想的		20.56 BTU/mm2	16.5 BTU/mm2	13.68 BTU/mm2	11.5 BTU/mm2	
常规的		14.55 BTU/mm2				
简化的		23.63 BTU/mm2		22.3 BTU/mm2		21.08 BTU/mm2

[0120] 表 3
[0121]



[0122] 表 3

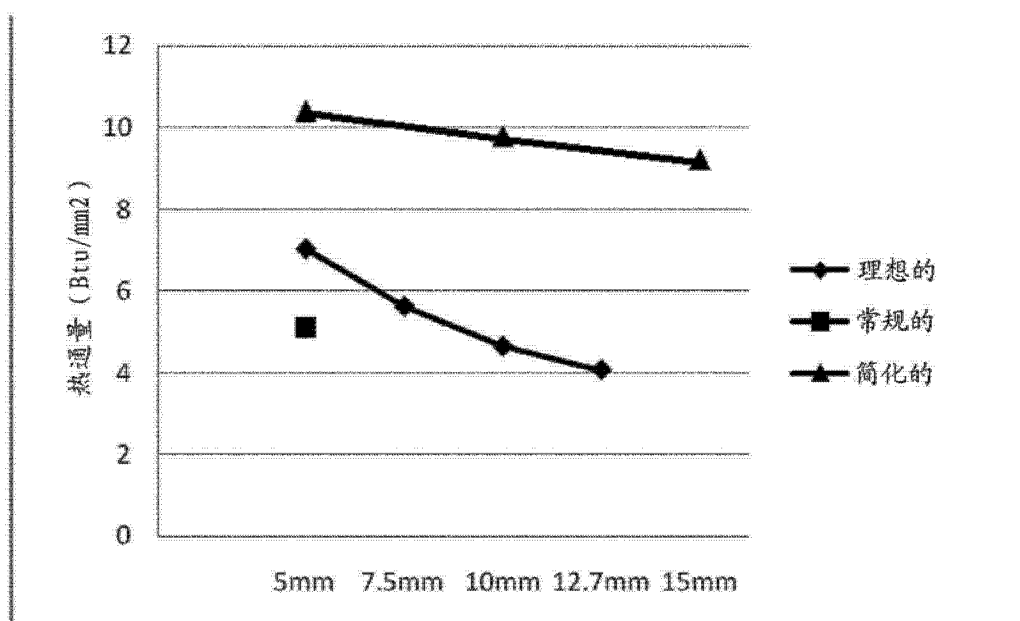
[0123] 热通量

[0124]

除臭剂顶盖		5mm	7.5mm	10mm	12.7mm	15mm
理想的		7.04 BTU/mm ²	5.63 BTU/mm ²	4.65 BTU/mm ²	4.07 BTU/mm ²	
常规的		5.1 BTU/mm ²				
简化的		10.4 BTU/mm ²		9.78 BTU/mm ²		9.21 BTU/mm ²

[0125] 表 4

[0126]



[0127] 表 4

[0128] 虽然上文所示的矩形、正方形和圆形形状是相对简单的形状,但这些形状不具有任何真正的实际用途。所述除臭剂顶盖数据为出自现有注塑的部件即用于除臭剂容器的顶盖的数据。这些除臭剂顶盖测试对用于制造 Secret[®] 除臭剂顶盖的模具组件进行了建模,所述顶盖由 The Procter&Gamble Company 制造(在 2007 年)。该除臭剂顶盖代表了相对简单的模塑的部件几何形状的一个实例。该除臭剂顶盖虽然仍然是一种相对简单的形状,但比上述矩形、正方形或圆形实例更复杂。当比较这些数据时,显而易见本文所述的简化的冷却系统相比于常规冷却系统变得更有效,因为部件几何形状变得更复杂了。例如,在与模具腔体表面相距相同距离处,所述简化的冷却系统在热通量方面的有效性为用于除臭剂顶盖的实际最佳常规冷却的大约两倍。此外,在 15mm 处所述简化的冷却系统比常规冷却系统在 5mm 处好大约 80%。相似地,在 5mm 处,所述简化的冷却系统具有比理想化冷却系统在 5mm 处高大约 47% 的热通量。换句话讲,当所述简化的冷却管路和理想化冷却管路形成于与模具腔体相距相同距离处时,穿过简化的冷却模具中的第一模具侧面和第二模具侧面的热通量大于穿过理想化冷却模具的第一模具侧面和第二模具侧面的热通量。因此,与常规冷却系统相比,所述简化的冷却系统可更容易地制造,同时提供更为有效的冷却。

[0129] 由本文所述的简化的冷却系统提供的所述更为有效的冷却也导致模具腔体内更均匀的温度分布。通过使用上述相同的计算机程序(即, Sigma Soft 版本 4.8),对除臭剂顶盖进行了测试以确定模具腔体内的温度分布。该分析中所包括的组分包括移动模具侧面和固定模具侧面。考虑了多个瞬态热循环以捕获稳态模具温度特征图。在每个循环中,程序计入模具闭合时间、冷却阶段、和模具打开时间以产生对正常的模塑循环期间的瞬态热条件的精确表示。在模具闭合时,假定模具腔体填充上了在 218℃ 的均匀熔体温度下熔融的聚合物。冷却管路被保持在 20℃ 的恒定且均匀的温度下。在第一循环开始时,给定模具侧面 30℃ 的初始温度。所述分析以总共 16 次循环来完成以确保结果达到准稳态。以下列出了各种模具组分之间的热传递系数。

[0130]

组分 1	组分 2	热传递系数 W/m ² K
模具固定部件	模具移动部件	10,000
模具固定部件和移动部件	熔融的聚合物	800
模具固定部件和移动部件	冷却流体	10,000

[0131] 用来描述每个组分的热特性的材料特性包括密度、恒定压力(c_p)下的热容量和热导率。下文总结了对于每种组分材料的热特性。

[0132]

组分	密度 (g/cm ³)	热容量 J/kgK	热导率 W/mK
P20 钢	7.72	496	26
QC10 铝	2.83	913.9	160
纯铜	8.9	396	390
模具 Max [®] XL	8.86	393.9	68.9
35 MFI PP FPT350WV3	0.748	2039	0.16

[0133] 在第 16 次循环结束时评价了所述分析的结果。记录了模具组件的移动侧面和固定侧面两者的腔体表面上的最小温度和最大温度。移动侧面或固定侧面上的最大温度梯度被定义为最大温度减去最小温度,其提供了用于每个模具部件的热均匀度尺度。横跨模具壁的热梯度被定义为固定侧面上任何部位的最大温度减去移动侧面上任何部位的最小温度和移动侧面上任何部位的最大温度减去固定侧面上任何部位的最小温度,其提供了对热均匀度的附加量度。

[0134] 所述模拟的结果汇总于下表 5 中。

[0135]

固定侧面	理想化的 5mm	理想化的 10mm	理想化的 15mm	常规的 5mm	常规的 10mm	常规的 15mm
最大温度°C	28.7	33.3	37.4	35.4	38.9	41.7
最小温度°C	24.2	26.5	28.8	27.7	30.7	36.2
最大 Δ°C	4.5	6.8	8.6	7.7	8.2	5.5
移动侧面:						
最大温度°C	48.34	67	85.4	58.1	58.5	58.6
最小温度°C	26.8	32.4	37.9	31	30	31.7
最大 Δ°C	21.54	34.6	47.5	27.1	28.5	26.9
横跨壁的梯度°C	24.14	40.5	56.6	30.4	27.8	22.4

[0136]

固定侧面	简化的 5mm QC 10	简化的 5mm Cu	简化的 5mm 模具 Max	简化的 10mm QC 10	简化的 10mm Cu	简化的 10mm 模具 Max
最大温度°C	23.7	22.5	27.4	24.1	22.9	29.5
最小温度°C	22.1	21.5	24.1	22.3	21.7	25.3
最大 Δ°C	1.6	1	3.3	1.8	1.2	4.2
移动侧面:						
最大温度°C	37.6	30.1	53.3	38.4	31.7	57.9
最小温度°C	26.1	24.1	28.5	26.9	24.4	29.6
最大 Δ°C	11.5	6	24.8	11.5	7.3	28.3
横跨壁的梯度°C	15.5	8.6	29.2	16.1	10	32.6

[0137]

固定侧面	简化的 15mm QC 10	简化的 15mm Cu	简化的 15mm 模具 Max
最大温度 $^{\circ}\text{C}$	24.8	22.7	29.9
最小温度 $^{\circ}\text{C}$	22.9	21.6	26
最大 $\Delta^{\circ}\text{C}$	1.9	1.1	3.9
移动侧面:			
最大温度 $^{\circ}\text{C}$	41.6	34.3	60.9
最小温度 $^{\circ}\text{C}$	27.3	24.3	30.5
最大 $\Delta^{\circ}\text{C}$	14.3	10	30.4
横跨壁的梯度 $^{\circ}\text{C}$	18.7	12.7	34.9

[0138] 表 5

[0139] 如上所示,被机加工至模具腔体的 5mm 内的模拟的常规冷却系统导致了模具的固定侧面中的 7.7°C 的温度 Δ 和模具的移动侧面中的 30.4°C 的温度 Δ 。相似地,被机加工至模具腔体的 5mm 内的理想化的常规冷却系统(如上所定义)导致了固定侧面中 4.5°C 的温度 Δ 和移动侧面中的 24.14°C 的温度 Δ 。

[0140] 相反地,被机加工至模具腔体的 5mm 内的模拟的简化的冷却系统(如本文所述)导致了固定侧面中仅 1.6°C 的温度 Δ 和移动侧面中仅 15.5°C 的温度 Δ 。当被机加工成位于与模具腔体相距 10mm 处时,所述简化的冷却系统导致了固定侧面中 1.8°C 的 Δ 和移动侧面中 16.1°C 的 Δ 。最后,当被机加工成位于与模具腔体相距 15mm 处时,所述简化的冷却系统导致了固定侧面中 1.9°C 的 Δ 和移动侧面中 18.7°C 的 Δ 。

[0141] 据发现,当相比于被机加工成位于与模具腔体表面相距 5mm 处的理想化冷却系统中的相应的模具侧面时,被机加工成位于与模具腔体表面相距 5mm, 10mm, 或 15mm 处的所述简化的冷却系统表现出了固定侧面中的 7% 较小至 78% 较小的温度 Δ 、以及移动侧面中的介于 75% 较小至大约 41% 较小(就 QC10 而言)之间的温度 Δ 。

[0142] 概括地讲,本文所述的在与模具腔体相距 5mm 处铣削的简化的冷却系统相比于在 5mm 处的理想化的常规冷却减小了模具腔体中的温度 Δ 多达 78% (因此,简化的冷却与理想化的常规冷却的温度梯度的比率小于 1, 并且相比于模具的固定侧面中的在 5mm 处的常规冷却减小了多达 87%。在模具的移动侧面中,在 5mm 处的所述简化的冷却系统相比于在 5mm 处的理想化的常规冷却减小了温度 Δ 多达 75% (同样,简化的冷却与理想化的常规冷却的温度梯度的比率小于 1, 并且相比于在 5mm 处的常规冷却减小了多达 78%。甚至当在与模具腔体相距更大的距离(例如, 15mm)处铣削时,所述简化的冷却系统相比于固定侧面中 5mm 处的常规冷却减小了温度 Δ 多达 85%, 并且相比于移动侧面中 5mm 处的常规冷却减小了多达 63%。因此,本文所述的简化的冷却系统可被机加工成位于与模具腔体相距的更大的距离处,这通过更容易地机加工冷却通道而减少了模具的制造成本,同时相对于常规冷却系统来讲仍然提供优异的冷却能力。这种优异的冷却能力和更均匀的温度分布提高了模具生产能力,同时提升了部件品质。

[0143] 值得注意的是,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”、和“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。

[0144] 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低恒压注塑工艺来生产。尽管本文具体地提到了用于包含消费品或消费品产品自身的产品,但应当显而易见的是,本文所述的低恒压注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。

[0145] 本文所公开的实施例中的任一个的一部分、多部分或全部能够与本领域已知的其它实施例中的一部分、多部分或全部(包括下述的那些)组合。

[0146] 本公开的实施例能够与用于在低恒定压力下进行注塑的实施例一起使用,后者如公开于 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Apparatus and Method for Injection Molding at Low Constant Pressure”(申请人案卷号 12127)并公布为 US2012-0294963A1 的美国专利申请 13/476,045,该专利申请以引用方式并入本文。

[0147] 本公开的实施例能够与用于压力控制的实施例一起使用,后者如公开于 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Alternative Pressure Control for a Low Constant Pressure Injection Molding Apparatus”(申请人案卷号 12128)并公布为 US2012-0291885A1 的美国专利申请 13/476,047,该专利申请以引用方式并入本文。

[0148] 本公开的实施例能够与用于非天然平衡的进料系统的实施例一起使用,后者如公开于 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Non-Naturally Balanced Feed System for an Injection Molding Apparatus”(申请人案卷号 12130)并公布为 US2012-0292823A1 的美国专利申请 13/476,073,该专利申请以引用方式并入本文。

[0149] 本公开的实施例能够与用于在基本上恒定的低压力下进行注塑的实施例一起使用,后者如公开于 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Method for Injection Molding at Low, Substantially Constant Pressure”(申请人案卷号 12131Q)并公布为 US2012-0295050A1 的美国专利申请 13/476,197,该专利申请以引用方式并入本文。

[0150] 本公开的实施例能够与用于在基本上恒定的低压力下进行注塑的实施例一起使用,后者如公开于 2012 年 5 月 21 日提交的名称为“Method for Injection Molding at Low, Substantially Constant Pressure”(申请人案卷号 12132Q)并公布为 US2012-0295049A1 的美国专利申请 13/476,178,该专利申请以引用方式并入本文。

[0151] 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 2012 年 2 月 24 日提交的名称为“High Thermal Conductivity Co-Injection Molding System”(申请人案卷号 12361P)的美国专利申请 61/602,650,该专利申请以引用方式并入本文。

[0152] 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,后者如公开于 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,该专利申请以引用方式并入本文。

[0153] 本公开的实施例能够与用于用薄壁部件进行模塑的实施例一起使用,后者如公开于2012年5月21日提交的名称为“Method and Apparatus for Substantially Constant Pressure Injection Molding of Thinwall Parts”(申请人案卷号12487)的美国专利申请13/476,584,该专利申请以引用方式并入本文。

[0154] 本公开的实施例能够与用于用失效保护机构进行模塑的实施例一起使用,后者如公开于2012年11月8日提交的名称为“Injection Mold With Fail Safe Pressure Mechanism”(申请人案卷号12657)的美国专利申请13/672,246,该专利申请以引用方式并入本文。

[0155] 本公开的实施例能够与用于高产模塑的实施例一起使用,后者如公开于2012年11月20日提交的名称为“Method for Operating a High Productivity Injection Molding Machine”(申请人案卷号12673R)的美国专利申请13/682,456,该专利申请以引用方式并入本文。

[0156] 本公开的实施例能够与用于模塑某些热塑性塑料的实施例一起使用,后者如公开于2012年11月20日提交的名称为“Methods of Molding Compositions of Thermoplastic Polymer and Hydrogenated Castor Oil”(申请人案卷号12674P)的美国专利申请61/728,764,该专利申请以引用方式并入本文。

[0157] 本公开的实施例能够与用于流道系统的实施例一起使用,后者如公开于2012年11月21日提交的名称为“Reduced Size Runner for an Injection Mold System”(申请人案卷号12677P)的美国专利申请61/729,028,该专利申请以引用方式并入本文。

[0158] 本公开的实施例能够与用于控制模塑加工的实施例一起使用,后者如公开于1998年3月17日公布的名称为“Method and Apparatus for Injecting a Molten Material into a Mold Cavity”(申请人案卷号12467CC)的美国专利5,728,329,该专利以引用方式并入本文。

[0159] 本公开的实施例能够与用于控制模塑加工的实施例一起使用,后者如公开于1998年2月10日公布的名称为“Injection Control System”(申请人案卷号12467CR)的美国专利5,716,561,该专利以引用方式并入本文。

[0160] 本文所公开的量纲和值不可理解为严格限于所引用的精确值。相反,除非另外指明,每个这样的量纲旨在表示所述的值以及围绕该值功能上等同的范围。例如,所公开的量纲“40mm”旨在表示“约40mm”。

[0161] 除非明确排除或换句话讲有所限制,本文中引用的每一个文件,包括任何交叉引用或相关专利或专利申请,均据此以引用方式全文并入本文。对任何文献的引用均不是承认其为本文公开的或受权利要求书保护的发明的现有技术、或承认其独立地或以与任何其它一个或多个参考文献的任何组合的方式提出、建议或公开任何此类发明。此外,如果此文献中术语的任何含义或定义与任何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,将以此文献中赋予那个术语的含义或定义为准。

[0162] 尽管举例说明和描述了本发明的特定实施例,但对本领域的技术人员来讲显而易见的是,在不背离本发明的实质和范围的情况下可作出许多其它的改变和变型。因此,所附权利要求中旨在包括属于本发明范围内的所有这些改变和变型。

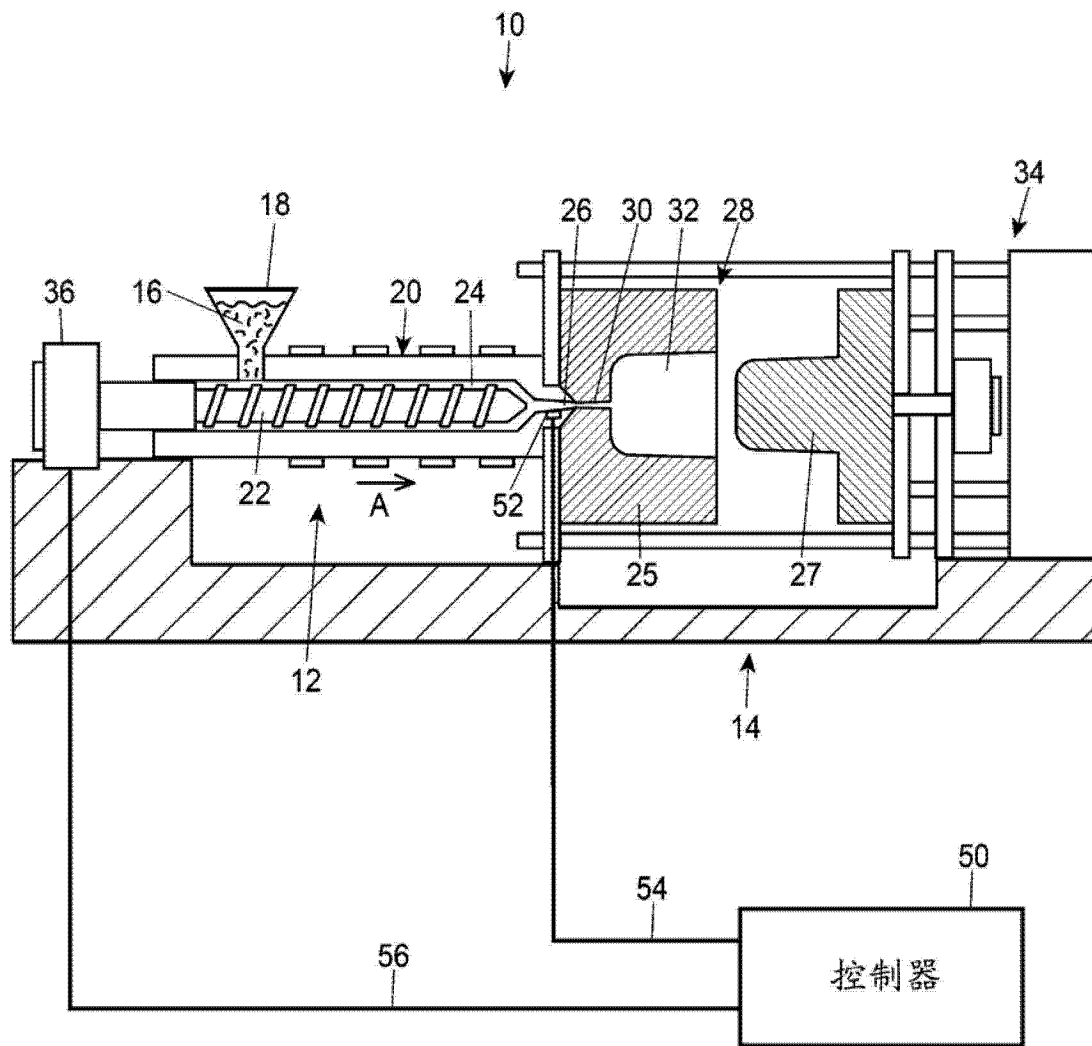


图 1

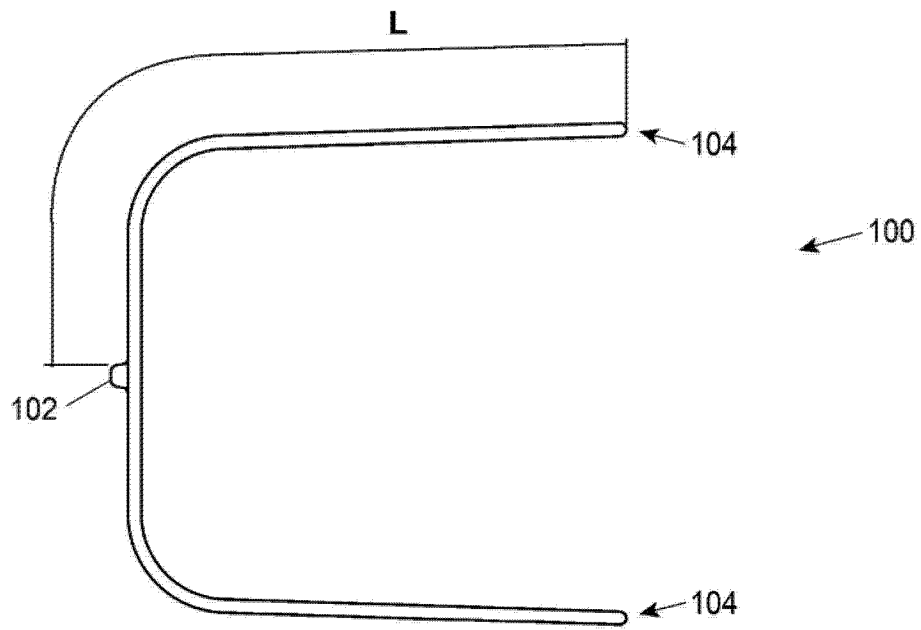


图 2

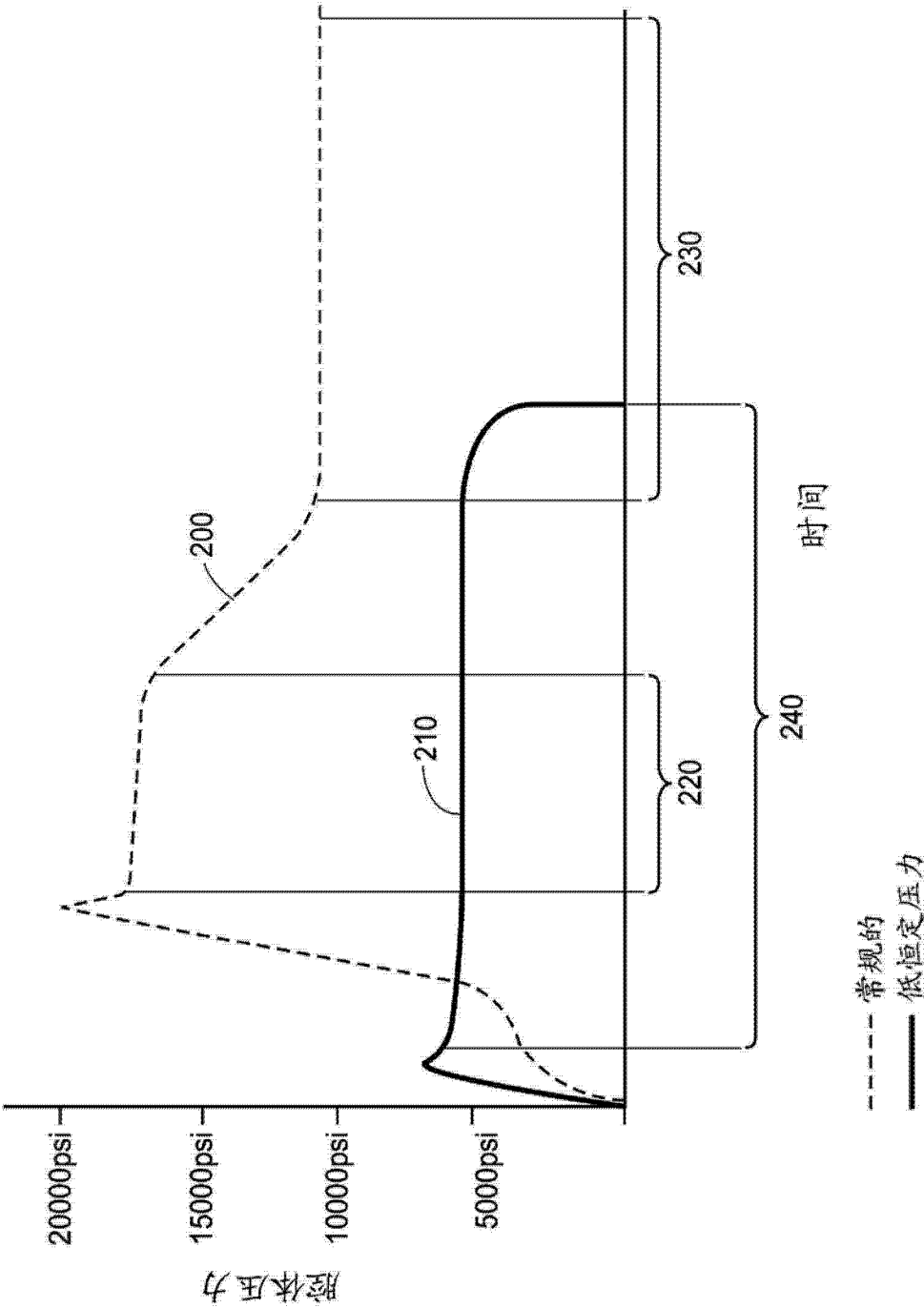


图 3

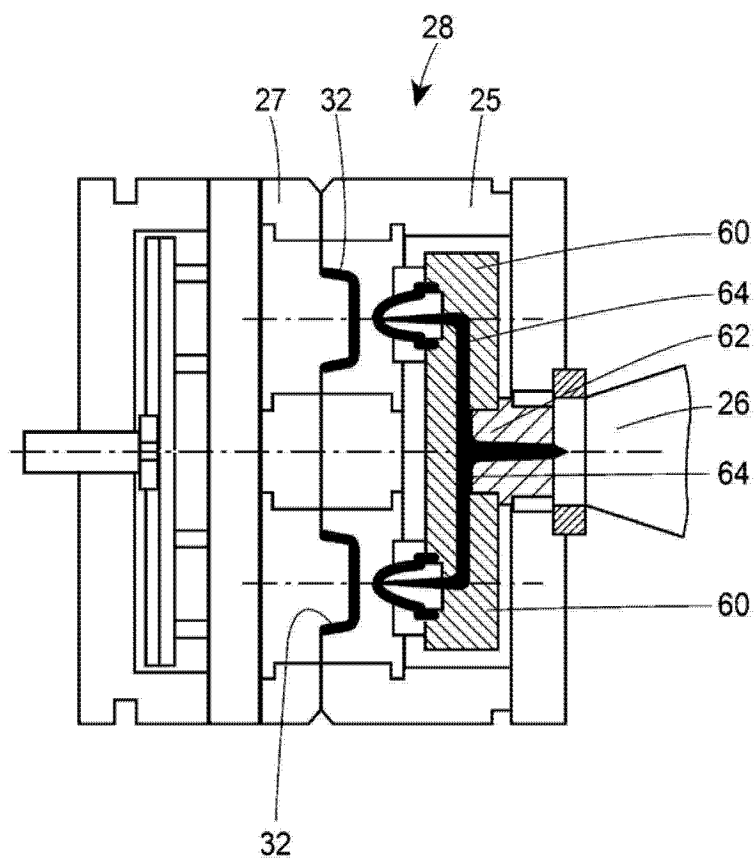


图 4

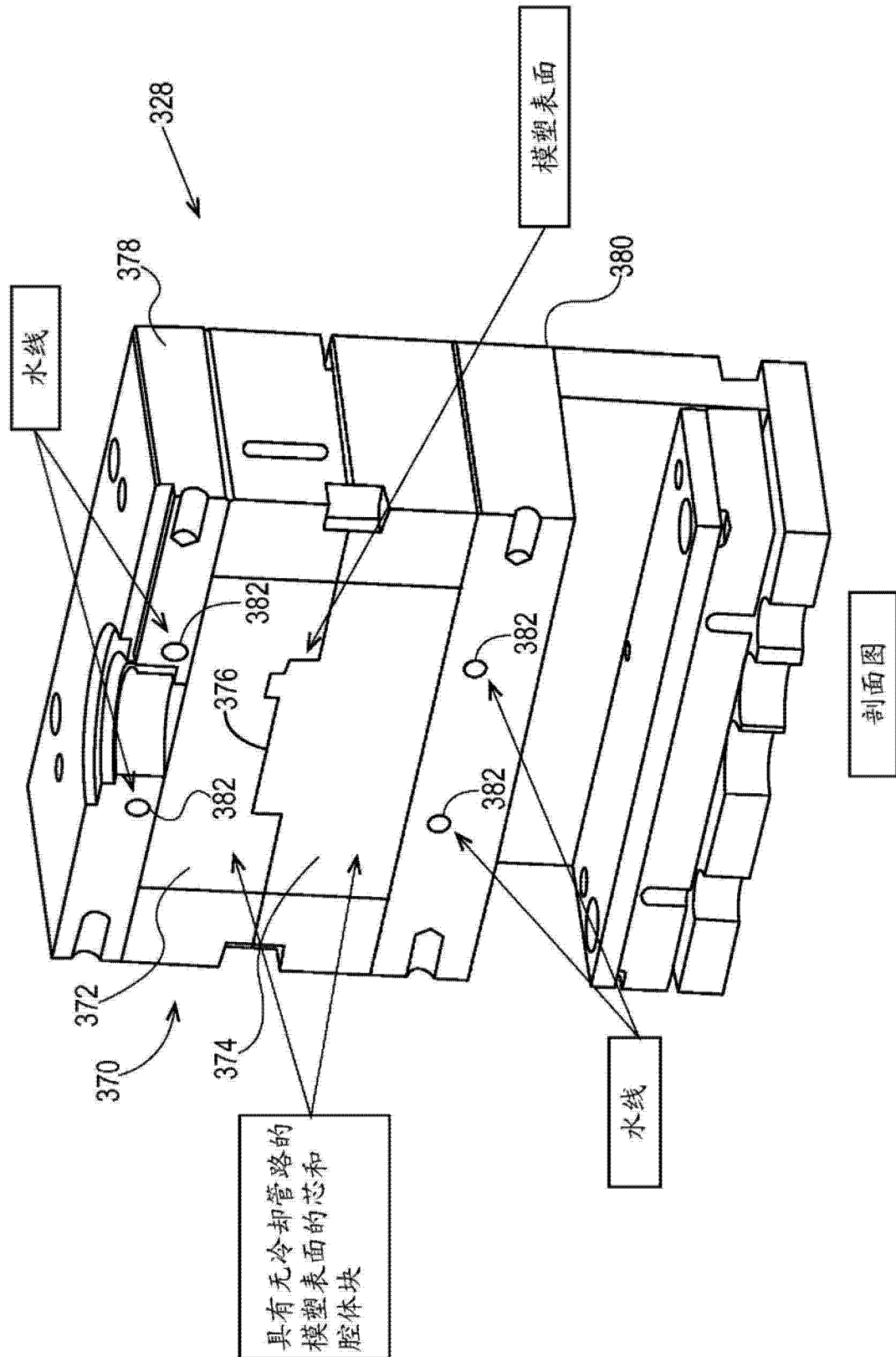


图 5A

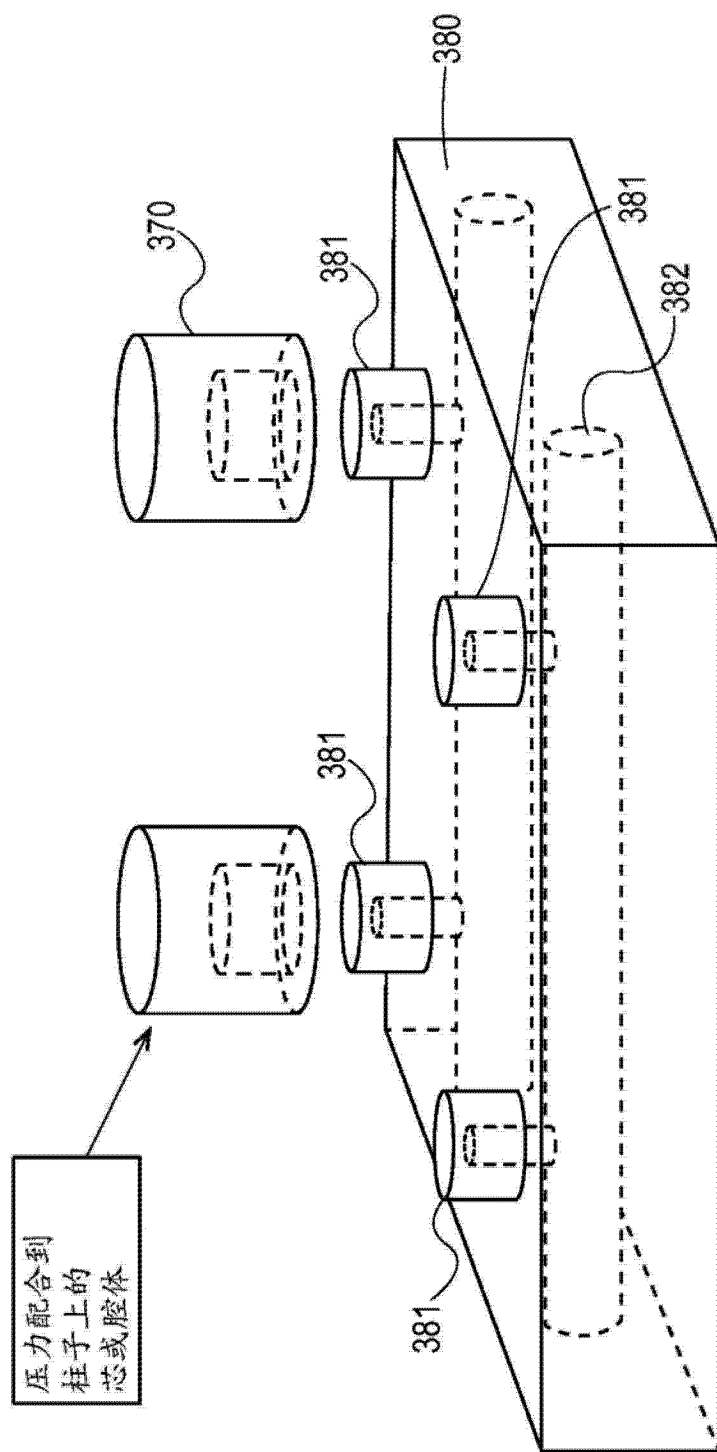


图 5B

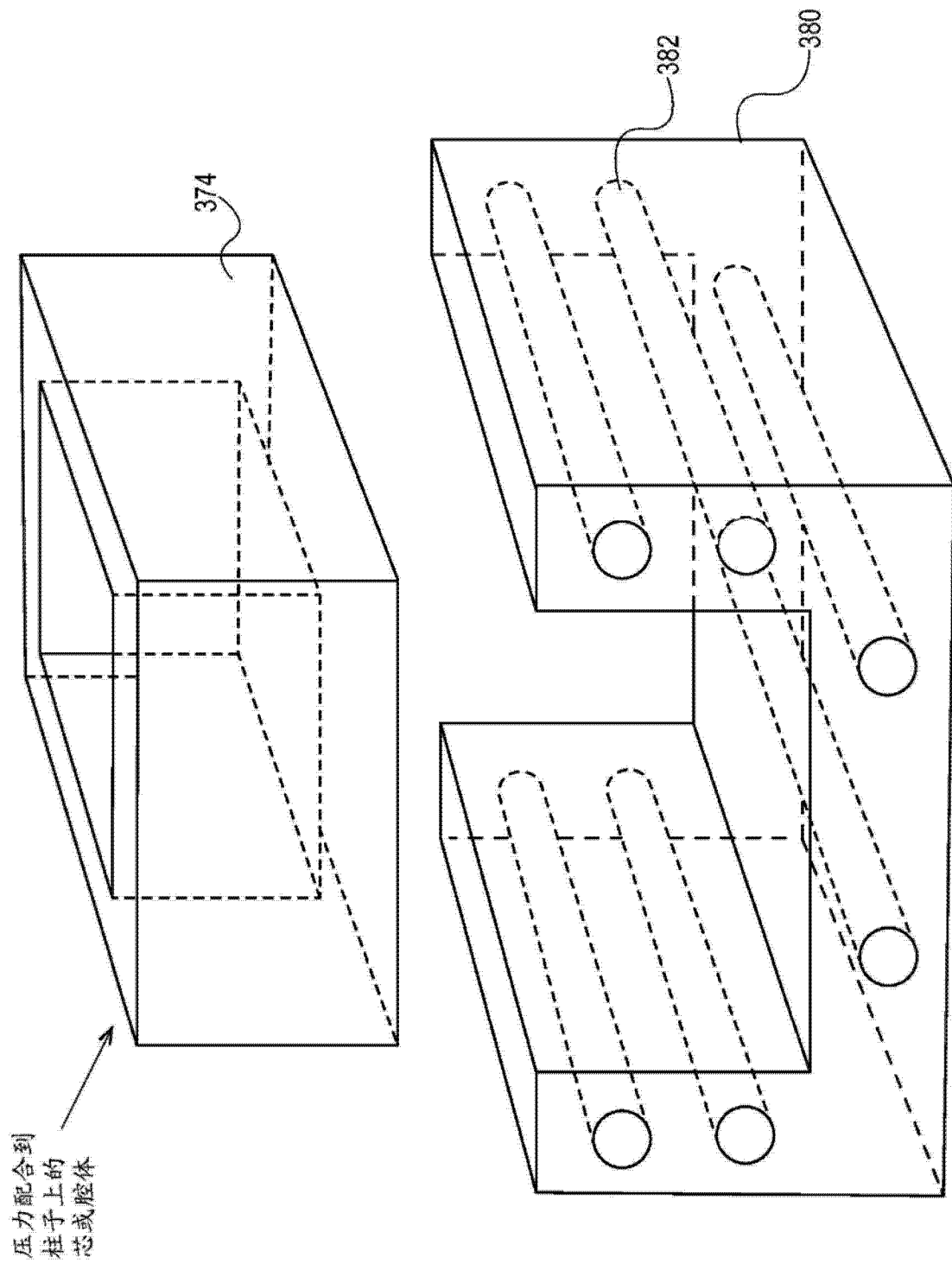


图 5C

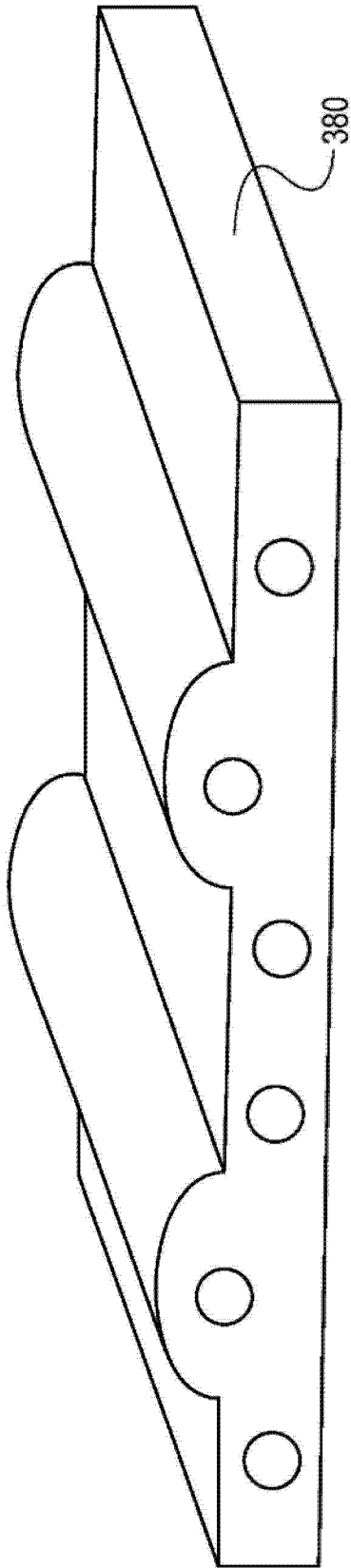


图 5D

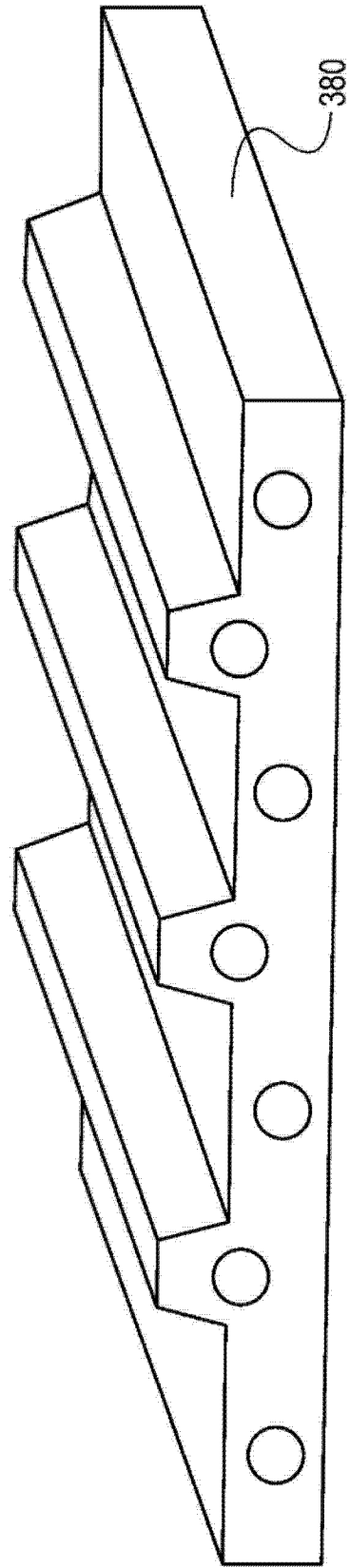


图 5E

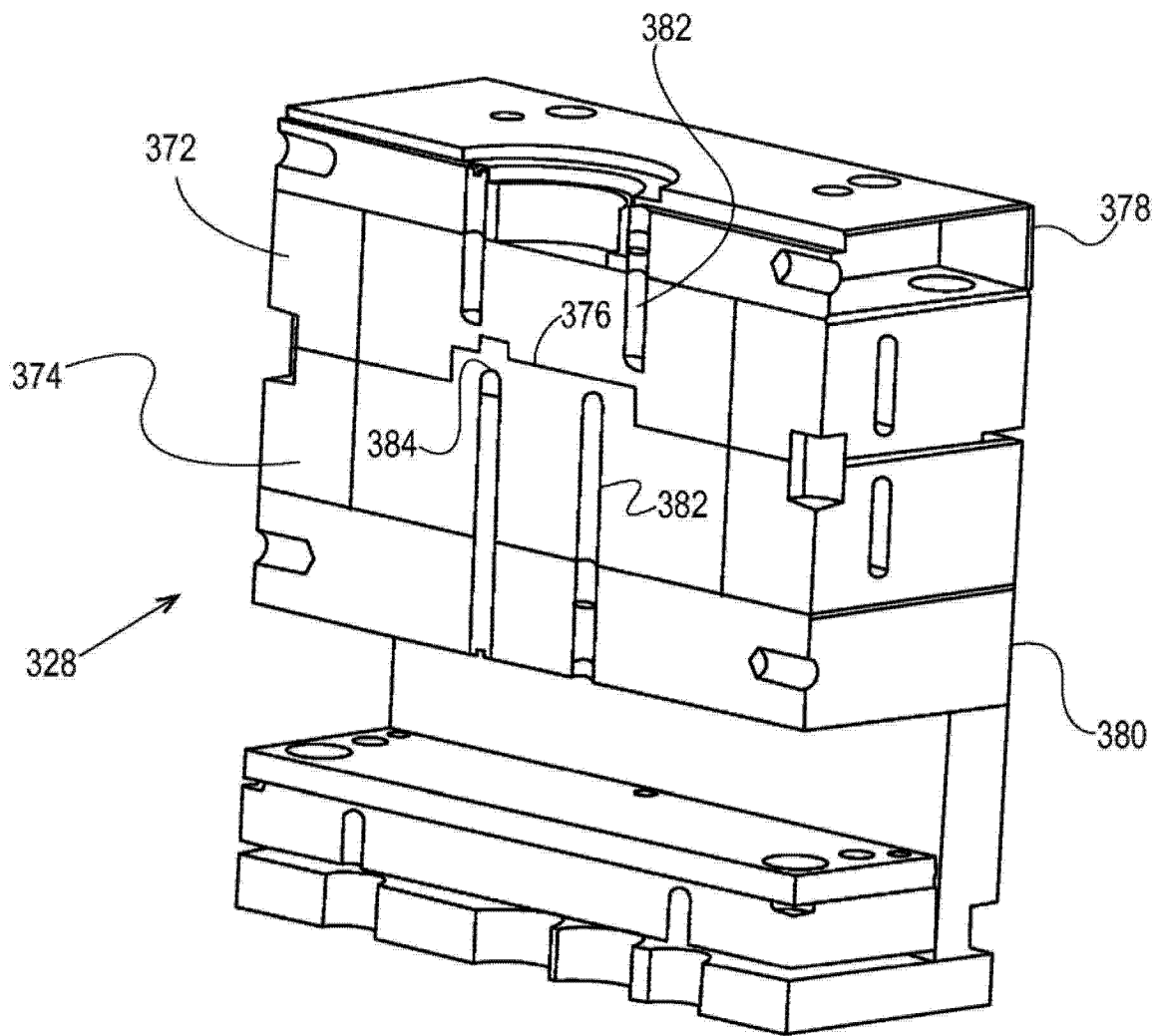


图 6

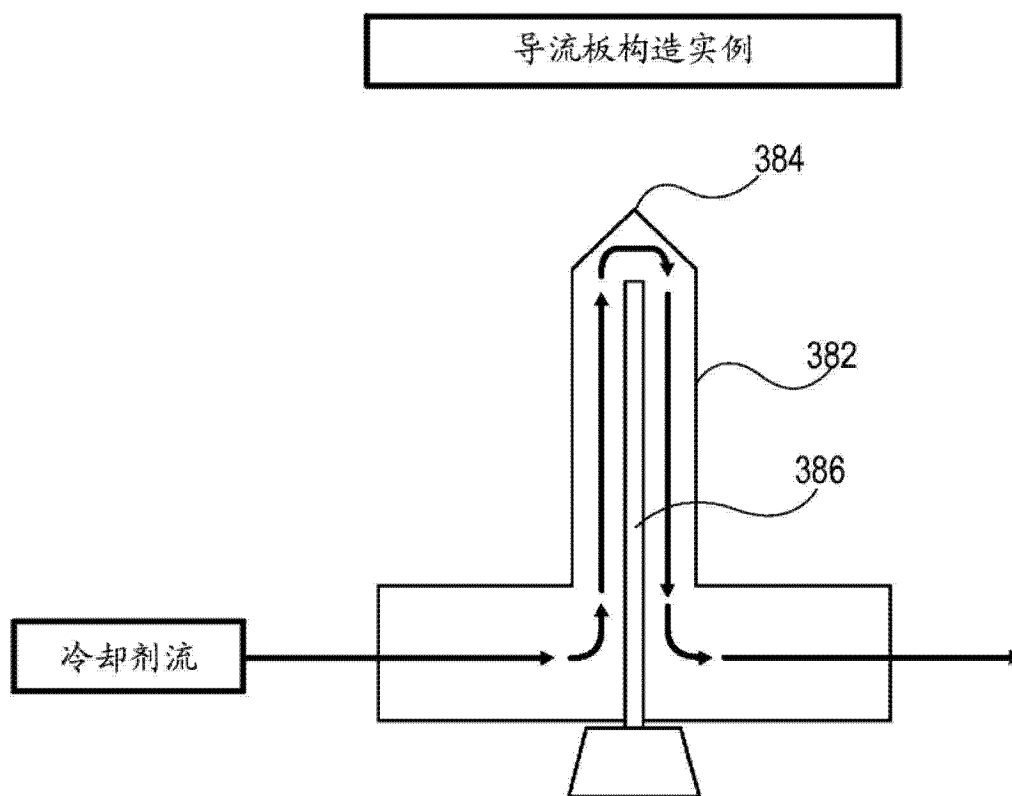


图 7

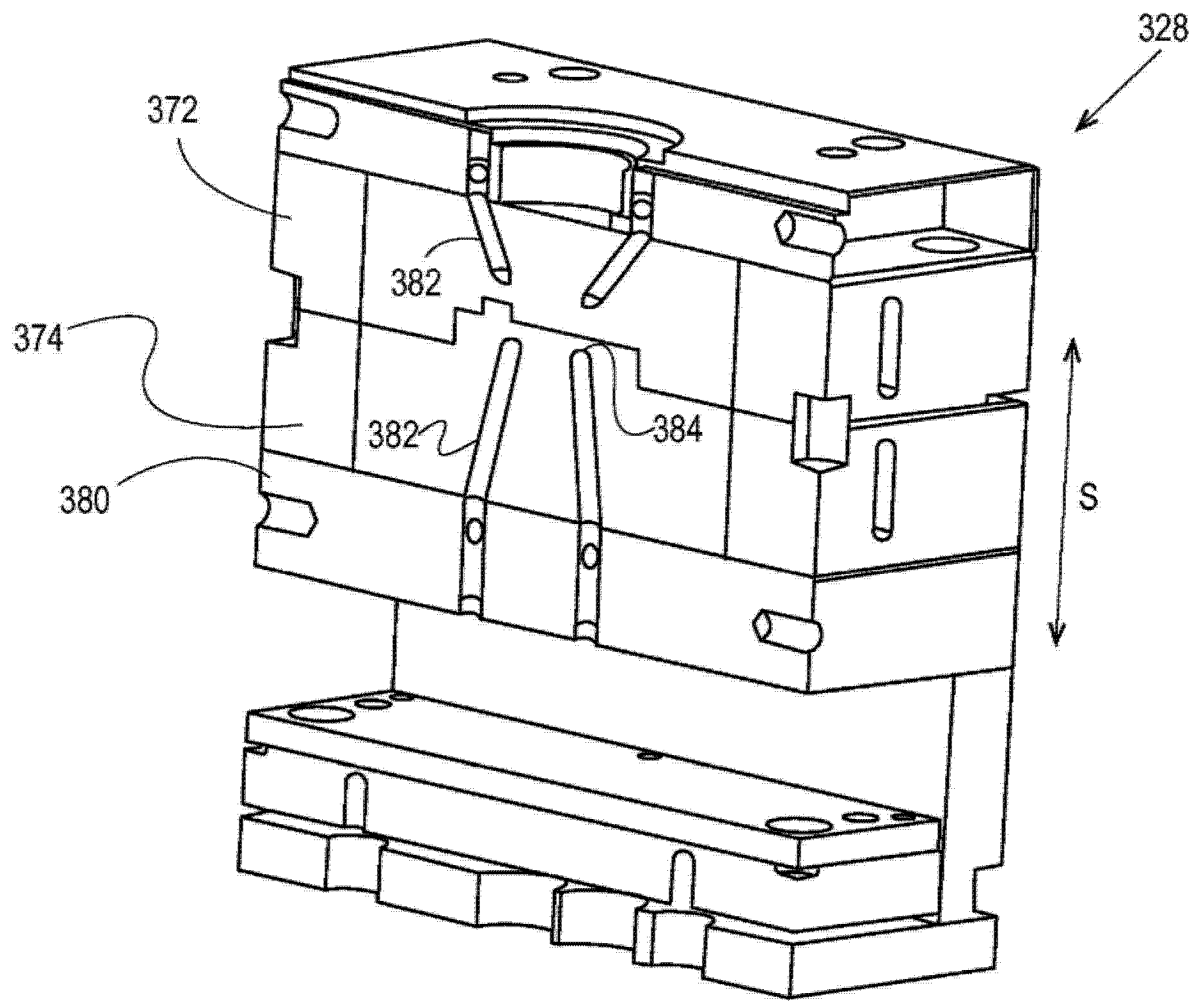


图 8

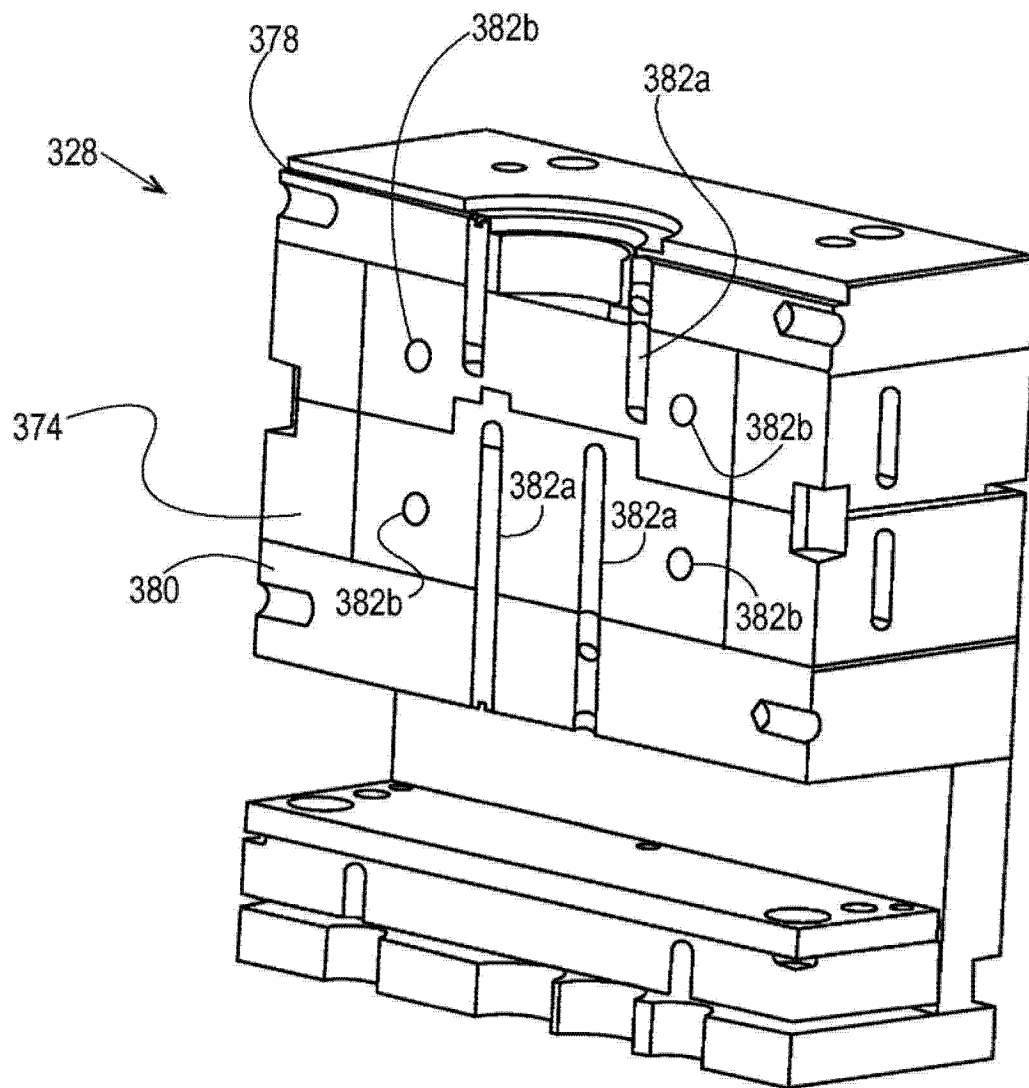


图 9

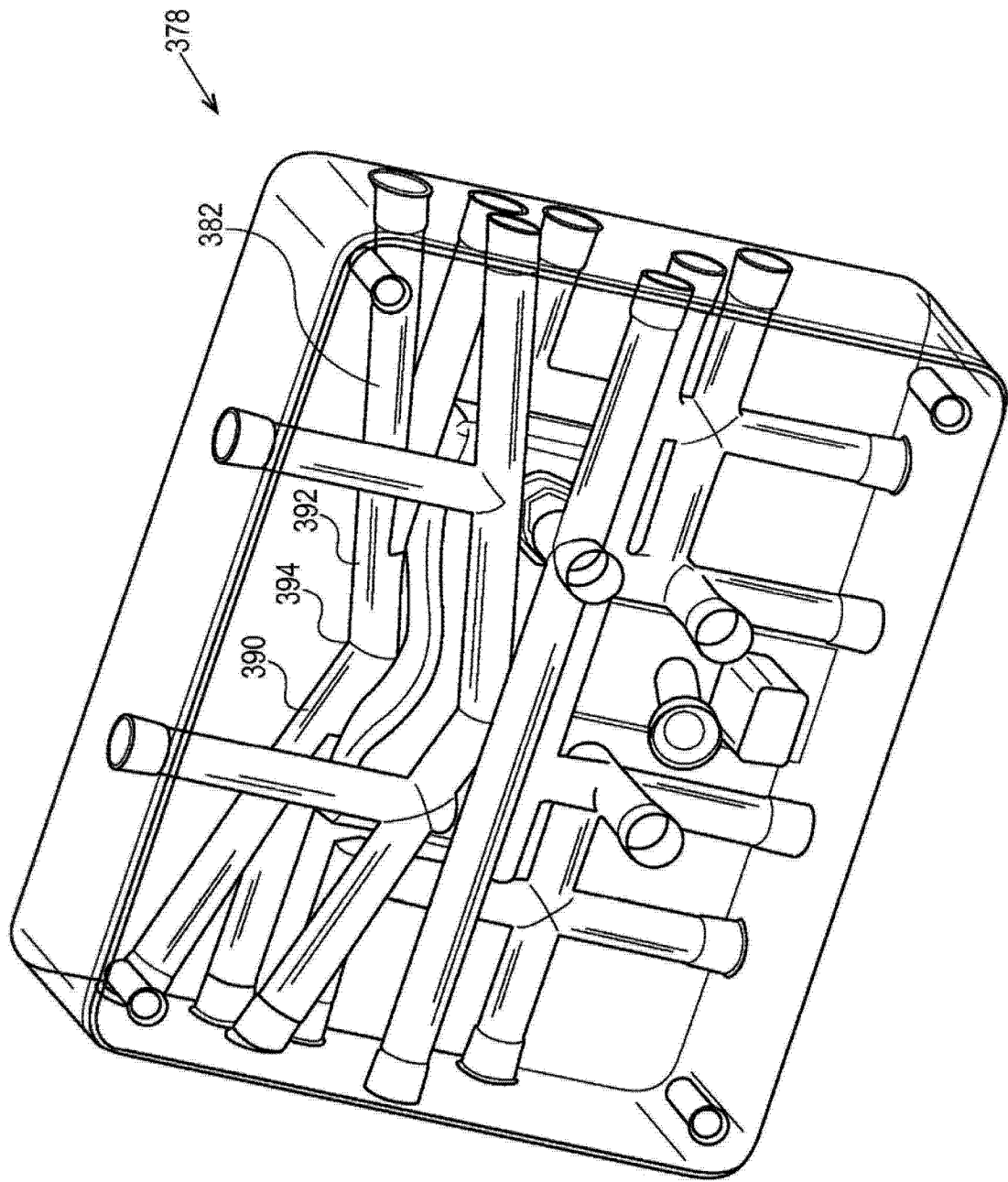


图 10

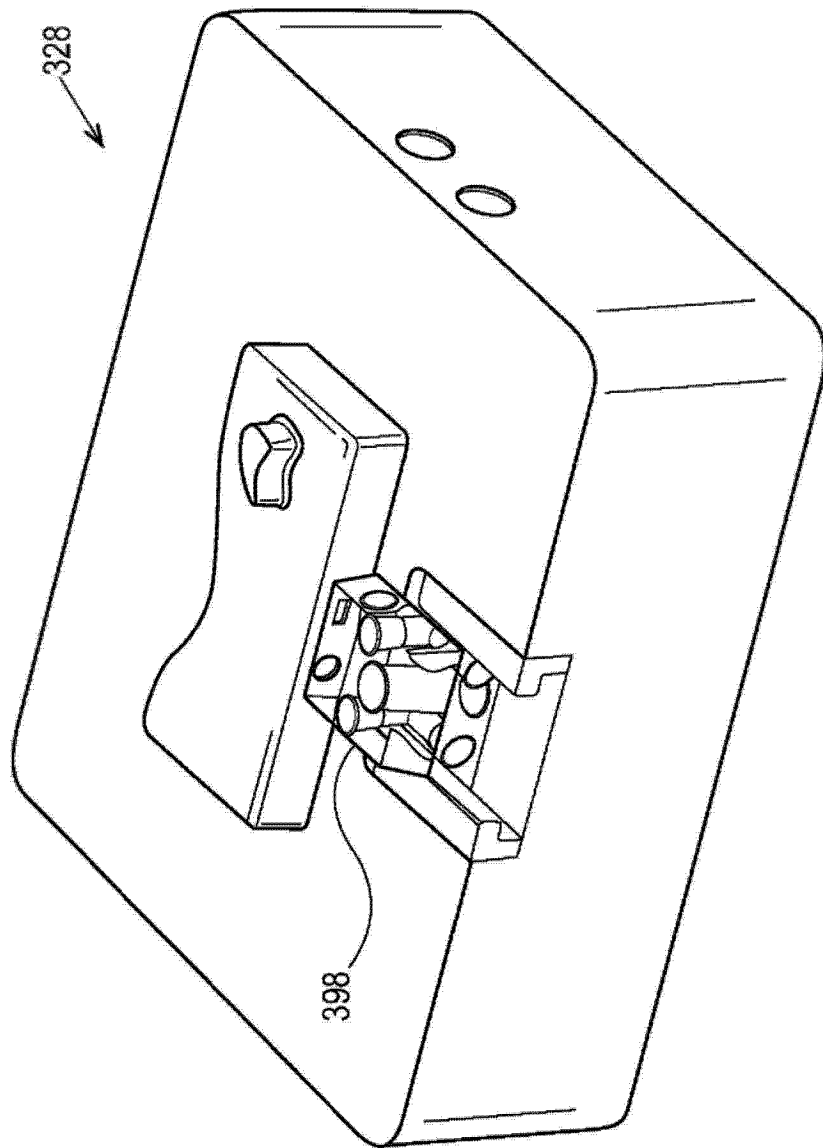


图 11

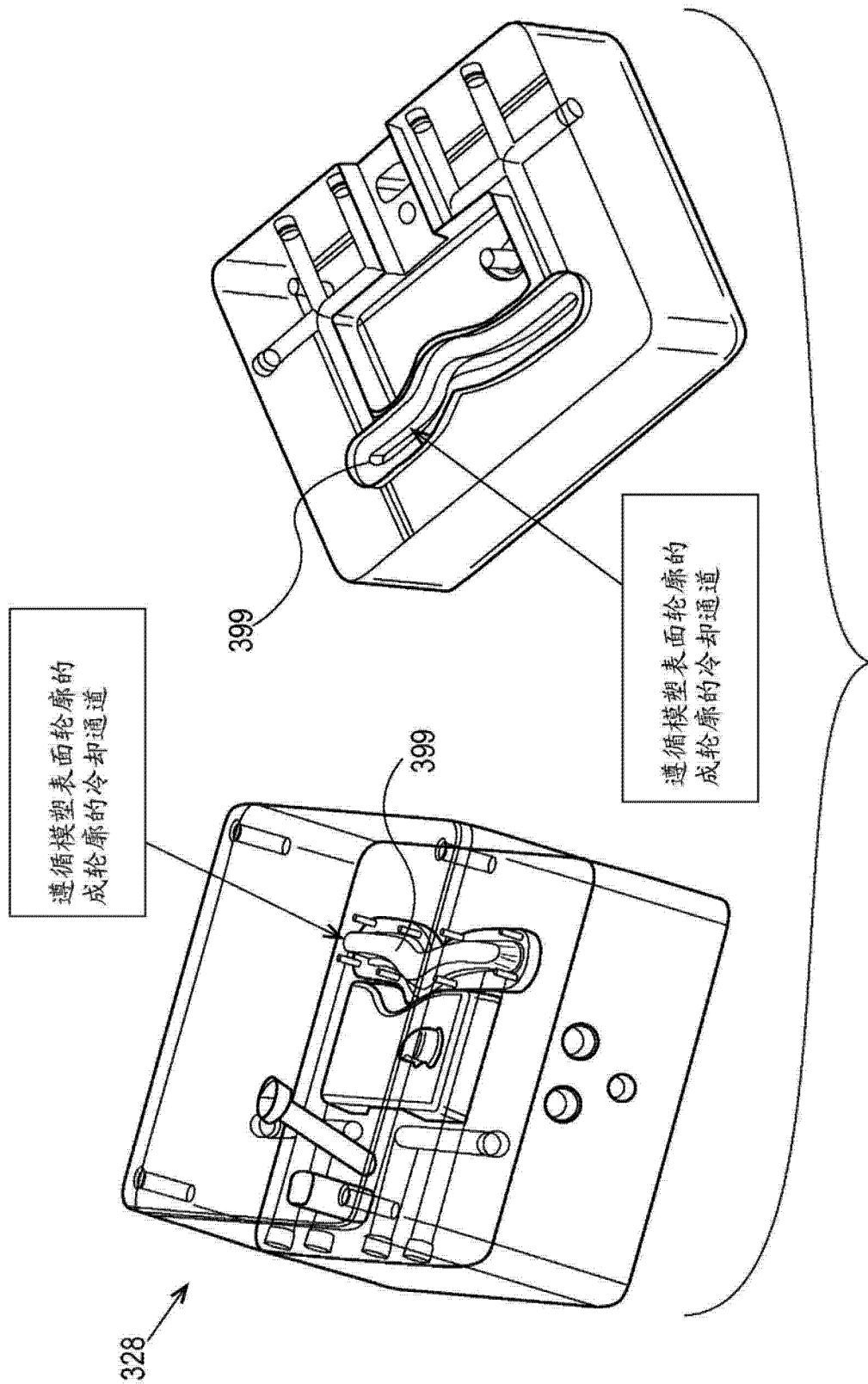


图 12

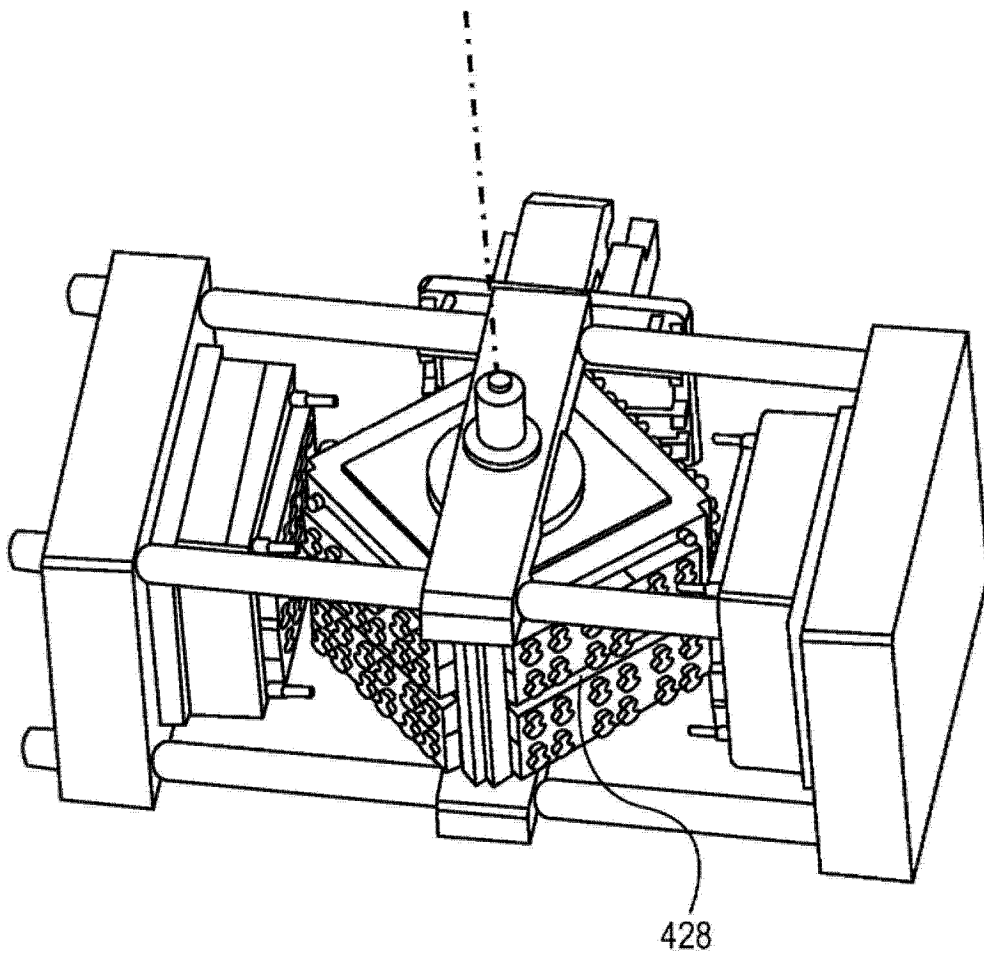


图 13