

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B22D 13/00 (2006.01)

B22D 18/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02813351. X

[45] 授权公告日 2006年6月21日

[11] 授权公告号 CN 1260024C

[22] 申请日 2002.8.14 [21] 申请号 02813351. X

[30] 优先权

[32] 2001.8.17 [33] US [31] 09/932,847

[86] 国际申请 PCT/US2002/025994 2002.8.14

[87] 国际公布 WO2003/015958 英 2003.2.27

[85] 进入国家阶段日期 2003.12.31

[71] 专利权人 希钦拿制造公司

地址 美国新罕布什尔州

[72] 发明人 阿蒂拉·P·法卡斯

审查员 李春华

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 林 潮 顾红霞

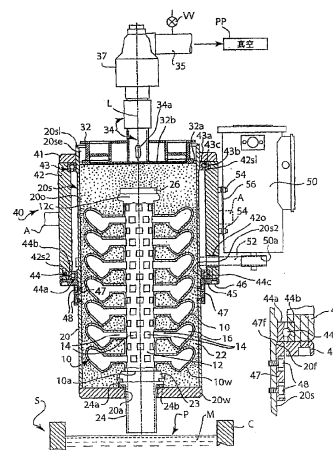
权利要求书 4 页 说明书 22 页 附图 13 页

[54] 发明名称

逆重力的离心铸造

[57] 摘要

逆重力铸造多个产品的的方法和装置，其中，所提供的陶瓷铸模(10)具有一个直立的冒口通道(12)和多个沿着冒口通道(12)的长度在不同的高度上设置的型腔(16)，每个型腔(16)通过一个浇口通道(14)与冒口通道(12)相通，其中，驱动熔化金属从一个源头向上流入冒口通道(12)中，通过它们的浇口通道(14)来供给型腔(16)，其中铸模旋转，因此存留在浇口通道中的熔化金属在朝着型腔(16)的方向上受到离心作用，型腔(16)和浇口通道中的熔化金属凝固之前，将冒口通道中的熔化金属排出，使冒口通道排空，浇口通道中至少部分注入熔化金属，以便在金属收缩时向型腔(16)提供熔化的金属。



1. 一种逆重力铸造多个产品的方法，包括：

5 提供一个陶瓷铸模，该陶瓷铸模支撑在一个容器中，并且该陶瓷铸模有一个直立的冒口通道和多个沿着所述的冒口通道的长度在不同高度上设置的型腔，每个型腔通过浇口通道与所述的冒口通道相通，使熔化金属从源头向上流入所述的冒口通道中，以通过它们的浇口通道供给到所述的型腔，

10 旋转所述的铸模，使得存留在所述浇口通道中的熔化金属在朝着所述型腔的方向上受到离心作用，

在所述的型腔和所述的浇口通道中的熔化金属凝固之前，从所述冒口通道中排出熔化金属，使所述的浇口通道至少部分填充熔化的金属，以便在所述铸模旋转时响应于熔化金属在型腔中发生凝固而产生的收缩而向型腔提供熔化的金属，

15 在旋转所述铸模的同时在所述型腔中凝固熔化的金属以便在所述型腔中形成多个单个的凝固铸造产品，以及

当熔化金属在所述型腔中凝固后，终止所述铸模的旋转。

20 2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在注入型腔期间，使熔化金属向上流入所述冒口通道中的步骤和旋转所述铸模的步骤同时进行。

25 3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述铸模包括一个注入管道，这个注入管道与所述冒口通道相通并且浸入所述金属源中，所述熔化金属通过所述注入管道向上流入所述冒口通道中。

30 4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，当冒口通道排出熔化金属后，其中呈现环境压力，因此部分注入所述浇口通道及注入所述型腔中的熔化金属受到所述环境压力及由于所述铸模的离心运动产生的压力。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述铸模绕所述铸模的纵轴旋转。

5 6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述铸模绕偏移所述铸模的纵轴并与之完全平行的轴旋转。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述熔化金属在所述冒口通道中、所述冒口通道的上部闭合端的中心区域之下向上流动。

10

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，接近于所述上部闭合端的熔化金属包括一个内部空间，作为所述铸模的离心运动的结果，这个内部空间大致围绕着所述冒口通道的纵轴形成。

15 9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述熔化金属中的内部空间减少了接近所述冒口通道的上部闭合端处横穿所述浇口通道的压力波动。

20 10. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，每个型腔在所述冒口通道的方向上细长的，并且通过多个浇口通道连接到冒口通道上。

25 11. 如权利要求 10 所述的方法，包括相对于冒口通道定位每个型腔的位置，由铸模旋转所提供的理论熔化面在排空冒口通道期间仅仅通过浇口通道而不通过型腔，因此当冒口通道排空时，不能从型腔中排空熔化金属。

30 12. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，熔化金属首先在位于所述浇口通道之间的区域凝固，因而将仍然熔化的金属限制于多个所述型腔中的隔间中，在所述铸模旋转时响应于熔化金属在其中的凝固而产生的收缩，部分注有熔化金属的所述浇口通道向相应的隔间

提供熔化的金属。

13. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述金属源是熔化金属池，并且所述方法包括：

5 将与所述冒口通道相通的注入管道浸入熔化金属池中，在容器中建立一个低于环境的压力，使得熔化金属向上流入所述浇口通道中，以便通过浇口通道将熔化金属供给到所述型腔，其中在容器中围绕所述铸模设置有颗粒介质，

10 旋转所述的容器及设置在其中的所述铸模，同时所述注入管道浸入所述池中，因此存留在所述浇口通道中的熔化金属在朝着所述型腔的方向上受到离心力作用，

15 在所述的型腔和所述的浇口通道中的熔化金属凝固之前，从所述冒口通道中排出熔化金属，使接近于所述浇口通道的所述冒口通道排空，使浇口通道至少部分填充熔化的金属，这些熔化的金属在所述容器和所述铸模旋转时，响应于型腔中的熔化金属凝固而产生的收缩，提供到所述型腔，当旋转所述容器和所述铸模时，从所述池中收回所述注入管道。

14. 一种逆重力铸造多个产品的方法，包括：

20 提供一个消失模，这种消失模具有一个直立的冒口通道形成部分和多个沿着所述冒口通道形成部分的长度设置的型腔形成部分，每个型腔形成部分通过浇口通道形成部分与所述的冒口通道形成部分连接起来，

在容器中围绕所述消失模设置的颗粒介质，

25 使熔化金属从源头向上流入所述的冒口通道形成部分中，以通过它们的浇口通道形成部分供给到所述的型腔形成部分，

旋转所述的容器和所述消失模，因此存留在所述浇口通道形成部分中的熔化金属在朝着所述型腔形成部分的方向上受到离心力作用，

30 由所述型腔形成部分和所述浇口通道形成部分的破坏而产生的型腔和浇口通道中的熔化金属凝固之前，从冒口通道中排出熔化金属，

该冒口通道是由所述冒口通道形成部分破坏而形成的，从而使得所述浇口通道至少部分填充熔化的金属，这些熔化金属在所述容器转动时，响应于型腔中的熔化金属凝固而发生的收缩，提供到型腔，

5 在旋转所述容器的同时在所述型腔中凝固熔化的金属以便在所述型腔中形成多个单个的凝固铸造产品，以及
当熔化金属在所述型腔中凝固后，终止所述容器的旋转。

15 15. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述消失模包括一个与所述冒口通道形成部分相通并且浸入源头的注入管道，所述熔化金属通过所述注入管道向上流动进入所述冒口通道形成部分。

15 16. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，当所述冒口通道排空熔化金属后，其中呈现环境压力，因此部分注入所述浇口通道和所述型腔中的熔化金属受到所述环境压力及由于所述容器的离心运动所产生的压力的作用。

17. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述容器绕所述消失模的纵轴旋转。

20 18. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述容器绕偏离所述消失模的纵轴并与之完全平行的轴旋转。

25 19. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，每个型腔形成部分在所述冒口通道形成部分的方向上是细长的并且通过多个浇口通道形成部分连接在所述冒口通道形成部分。

30 20. 如权利要求 19 所述的方法，包括相对于冒口通道定位每个型腔形成部分的位置，由铸模旋转所提供的理论熔化面在排空冒口通道期间仅仅通过浇口通道而不通过型腔，因此当冒口通道排空时，不能从型腔中排空熔化金属。

逆重力的离心铸造

5 技术领域

本发明涉及金属和合金的逆重力离心铸造。

背景技术

10 在 3 863 706、3 900 064、4 589 466 号美国专利中对一种在透气的陶瓷壳模中进行熔模铸造的逆重力铸造工艺进行了描述。陶瓷壳模由已知的“熔模”工艺形成，并且包括一个直立的冒口通道，在冒口通道周围，设置了形状为将要制造的铸件产品的型腔阵列。型腔沿着近似从底部到顶部的冒口通道的长度方向放置，每个型腔通过一个或更多的非常狭窄的进料浇口通道与冒口通道相通，这些进料浇口通道
15 取决于型腔的结构。陶瓷铸模设置在一个真空容器中，一个注入管道与冒口通道的底部相通并且伸出容器之外，以浸入下方的熔化金属池。当注入管道浸入金属池后，在容器中形成一个相对真空（低于环境的压力），用来将熔化的金属向上吸入冒口铸口并进入浇口通道及型腔中。在典型的商业产品生产中，浇口通道和型腔中熔化的金属在
20 容器中的真空释放前凝固，虽然美国 3 863 706 号专利披露，在浇口通道和型腔中熔化的金属凝固后释放容器中的真空，用以产生单个的铸造产品并且允许冒口通道中仍旧熔化的金属返回下方的金属池中进行再利用。

25 陶瓷壳模可以设置在真空容器的颗粒支撑介质中，例如干铸模砂，如美国 5 069 271 号专利中所描述的一样。通过在真空容器中使用支撑介质，可以减小壳模壁的厚度。使用真空头可以在容器中产生真空，当容器中形成低于环境的压力时，该真空头也压缩了壳模周围的支撑介质。

30

5 逆重力铸造方法导致浇注位于直立的冒口铸口的不同高度上的相同型腔中的时间发生很大的变化。注满同一壳模的型腔所需要的时间会发生变化，这取决于以下这些参数中的某一个或两个因素，例如型腔沿冒口通道的位置、颗粒支撑介质的透气性、陶瓷壳模的透气性、容器抽空的速度、容器中最终的真空水平以及其它参数。例如，最低的型腔需要最长的时间来注满熔化的金属，而最高的型腔需要最短的时间注满熔化的金属。推迟注满最低型腔可能导致熔化金属的不完全注满。快速注入最高的型腔可能导致在那些型腔中形成的凝固铸造产品中出现内部气泡缺陷。遗憾的是，尝试改善这些问题（推迟注满或快速注满）中的一个会进一步促使另一个问题产生有害的结果。

15 逆重力铸造方法还能导致型腔中压力发生很大的变化。每个型腔中的压力等于容器抽空时作用在熔化的金属池表面上的环境压力减去冒口通道中熔化金属的静态压力，其中该熔化金属的静态压力与作用在金属池表面上的环境压力相反。因此，型腔中的压力取决于型腔沿着冒口通道长度方向上的高度；特别是，压力取决于熔化的金属池表面和型腔入口之间高度的差值。壳模越高，型腔周围沿着铸口长度方向上的压力的差值越大。压降增加了沿着冒口通道方向上较高处型腔的收缩和内部气泡缺陷。

20 当被向上吸引的熔化金属到达冒口通道的较高闭合端时，上部型腔可能还没有完全注满熔化金属。当冒口通道注入到顶端时，熔化金属压紧冒口通道的顶端，因此在上部型腔的浇口通道上产生了压力差值波动，使得上部型腔快速注满。冒口通道中熔化金属中的大部分气体被带入型腔中，在型腔中气体可以保留在型腔中形成的凝固的铸造产品中。

30 为了防止熔化金属从型腔和浇口通道中倒流，注入管道保持浸入熔化金属池中足够的长度，这是为了使熔化金属在型腔和浇口通道中凝固。保持注入管道的浸入可以延缓铸造循环时间并且要求铸模随着

池中熔化金属的水平而下降，这样铸模越来越暴露在用来加热金属池的感应场中。感应场可以延缓、或者改变铸模中的凝固状态，并且使靠近注入管道的容器部分扭曲，结果是使得气流进入型腔的较低部分。浇口的设计成为这样一种权衡，既要使浇口通道具有足够的空间以注入型腔，又要足够狭窄以便及时凝固其中熔化的金属。另外，浇口设计上的这些约束限制了可以根据 3 863 706 号美国专利上所述的工艺来制造的铸造产品的尺寸，使得它们通常小于一磅。

在逆重力铸造较大的产品中，为了能够接收冒口通道中熔化的金属，需要对这种方法和装置进行修改。例如，在 4 589 466 号专美国利中披露的一种改进中包括通过夹紧关闭金属注入管道，当铸模注满后，熔化金属通过这种注入管道进入铸模中。也可以使用注入管道中的陶瓷涂层球阀或制动器来实现这个目的。在 3 774 668 号美国专利中描述了这种工艺。4 961 455 号美国专利披露了对“单向阀”的改进，该专利提出使用由磁铁施力的铁磁性、陶瓷涂层球体来密封注入熔化金属的管道。也曾经试图通过在注入管道中使用虹吸管，和在铸造后倒转铸模来实现这个目的。还披露了在倒转铸模时，使用在 4 982 777 号美国专利中描述的陶瓷过滤器、或 5 146 973 号美国专利中描述的过滤器和旋绕通道的结合体、或在 5 903 762 号美国专利中描述的注入管道中的单个的虹吸管状，来延缓冒口通道中的合金的回流。这些修改在一定程度上阻碍了合金流动进入冒口管道并且导致铸模注入缓慢。所有的这些工艺都要求冒口通道中的熔化金属发生凝固，使得熔化金属的利用率相当低。在所有的这些工艺中，铸件的几何形状，亦即，可以设置在冒口通道周围的模具的数目，是受在冒口通道的周围留出足够的空间以便铸件从冒口通道上分离所限制的。4 112 997 号美国专利提出在通道上设置“稳定的”保护屏。要求模腔中的压力回复到环境压力后，保护屏能保持合金处于型腔中。如果确实可行并具有经济性，就能通过去除冒口通道自身而使这种工艺免受几何形状上的限制，这种限制是需要将铸件从凝固的冒口通道上切割下来而造成的。

本发明的一个目的是提供一种逆重力离心铸造的方法和装置，这种方法和装置克服了以上描述的问题并且解决了与沿着冒口通道长度方向在不同高度注满型腔相关的问题。

5

本发明的另一个目的是提供一种铸造方法和装置，这种方法和装置可以通过离心作用将熔化金属或合金吸入型腔和通道中，同时允许熔化金属从冒口中排空，使得铸件与冒口分离。

10 发明内容

本发明在一个实施例中提供一种用来逆重力铸造多个产品的方法和装置，其中提供一种陶瓷铸模，该陶瓷铸模有一个直立的冒口通道和多个沿着冒口通道的长度在不同高度上设置的型腔，每个型腔通过一个浇口通道和冒口通道相通，其中，使熔化金属从一个源头向上流入冒口通道，以便通过它们的浇口通道进入型腔，其中铸模是旋转的，因此存留在浇口通道中的熔化金属在朝着型腔的方向上容受到离心作用，在型腔和浇口通道中熔化金属完全凝固之前，冒口通道中熔化的金属排出，使冒口通道排空，使浇口通道至少部分注入熔化的金属，这些熔化金属在容器旋转过程响应于型腔中的熔化金属发生凝固而产生的收缩提供到型腔中。在旋转容器的同时型腔中的熔化金属凝固以便在型腔中形成多个单独的固化产品。熔化金属在型腔中凝固后，可以停止铸模的旋转。通过实施本发明，可以实现 80% 或更多的金属或合金的较高的产量。采用本发明，可以铸造由于收缩减少从而密度增加的较多数量尺寸较大的产品。

25

当冒口通道排空后，其中呈现环境压力，这样部分注入浇口通道和注入型腔的仍然熔化的金属受到环境压力以及由于容器的离心运动所产生的压力的作用，其结果是通过降低收缩而密度得以增加。在冒口通道排空以减少或防止熔化金属从浇口通道中倒流的情况下，存留在浇口通道中的熔化金属迅速凝固。

30

在本发明的一种优选实施例中，当铸造容易产生收缩问题的熔化金属时，使熔化金属向上流入冒口通道的步骤和旋转铸模的步骤是在注入型腔的期间同时进行的。使熔化金属向上流动注入型腔后，随着铸模旋转的开始，可以按次序进行步骤。铸模可以绕着铸模的纵轴或者偏离铸模的纵轴并与之完全平行的轴线旋转。

在本发明的另一种实施例中，每个型腔在冒口通道的方向上是细长的并且相对于冒口通道这样定位（例如，倾斜放置），从而使得由铸模旋转所提供的理论熔化面在排空冒口通道期间仅仅通过浇口通道而不通过型腔，因此当冒口通道排空时，熔化金属不会从型腔中排空。

在本发明的另一种实施例中，每个型腔在冒口通道的方向上都是细长的并且通过多个位于冒口通道不同高度上的浇口通道连接到冒口通道上。熔化金属首先在冒口通道之间的型腔中的区域凝固，从而将仍然熔化的金属限制在凝固区域之间的型腔中的许多个或多或少的隔间内，因此在容器旋转期间由于熔化金属凝固而产生收缩时，部分注入熔化金属的浇口通道将向相应的隔间提供仍然熔化的金属。

本发明可以使用透气的和不透气的铸模实现。进一步地，在铸造透气性铸模以减少或去除型腔中的内部气泡时，本发明更为有用。

在本发明的一种特殊装置的实施例中，陶瓷铸模支撑在可排空的容器中的一种颗粒介质中，例如干的铸造用砂。容器排空后达到低于环境压力，以迫使熔化金属向上进入铸模的冒口通道中，并且通过设置在支撑机座上的旋转驱动装置而旋转，容器安装在该支撑机座上以便于旋转。

本发明可以体现为本发明的另一种实施例，在该实施例中用消失模来代替陶瓷铸模。在容器中消失模由颗粒介质来支撑，并且包括一

个直立的冒口通道形成部分和多个沿着冒口通道形成部分的长度在不同高度上设置的型腔形成部分。每个型腔形成部分通过一个浇口通道形成部分与冒口通道形成部分相通。熔化的金属逐渐破坏消失模，在这种颗粒的介质中形成冒口通道、型腔和浇口通道。

5

本发明可以在注入所有高度上的型腔时实现更加一致的时间及以及在型腔内实现更加一致的压力，并且降低了上部型腔附近的压力波动，减少了铸造产品中的内部气泡。

10

参考下面的附图，随着本发明的进一步详细的描述，本发明的优点和目的将得到更好的理解。

附图说明

15

图 1 为按照本发明的一种实施例的、在熔化的金属注入陶瓷壳模之前的装置的截面侧视图，这种装置是用来进行逆重力离心铸造。

图 1A 和 1B 为按照本发明的另一种实施例的装置的透视图。图 1C 为容器轴承和半月体装置的放大的截面图。

图 2 为图 1 中的装置在熔化的金属铸入壳模之后、冒口通道排空之前的截面侧视图。

20

图 3 为图 1 中的装置在熔化金属从冒口通道中排空之后的截面侧视图。

图 3A 为当熔化金属从冒口通道中排空并且通过恰好铸模的浇口通道底部时，具有呈活塞形状型腔的铸模的图 1 的装置的截面侧视图。

25

图 4 为铸模冒口通道、浇口通道、型腔的放大的部分截面图，在图中，图 4 的左侧示出了熔化金属刚从冒口中排空后，在浇口通道和型腔中的熔化金属，图 4 的右侧示出了浇口通道和型腔中的凝固的金属。

30

图 5 为铸模冒口通道和多孔罩的上端区域的放大的部分截面图，图中显示了熔化金属表面，该熔化金属表面是在不充分的压差情况下铸模的旋转作用在熔化金属柱上来完全注满冒口通道而形成的，因此

柱体在多孔罩的下方。

图 6 为冒口通道放大的部分截面图，图中显示了一个细长的型腔，型腔通过多个不同高度上的浇口通道与冒口通道相通。

5 图 7A 为放大的冒口通道部分截面图，图中显示了一个相对于冒口通道放置的细长的型腔，由铸模旋转所提供的理论熔化面在排空冒口通道期间通过多个不同的高度上的浇口通道，但不通过型腔。

图 7B 为放大的冒口通道部分截面图，图中显示了一个相对于冒口通道放置的型腔，由铸模旋转所提供的理论熔化面在排空冒口通道期间通过多个不同的高度上的浇口通道，而不通过型腔。

10 图 8A 为横截面图，图中显示了铸模和注入管道的配置,这种配置能使铸模围绕偏离冒口通道的纵轴旋转。

图 8B 为沿着图 8A 上的线 8B-8B 剖开的铸模和注入管道的纵向剖面图。

15 图 9A 为局部截面侧视图，图中显示了一个不透气的铸模，该铸模可以按照本发明的另一种实施例进行铸造。

图 9B 为局部截面侧视图，图中显示了一个相同的不透气的铸模，该铸模可以按照传统方式进行铸造。

20 图 10 为按照本发明的另一种实施例的装置的截面侧视图，该装置用来进行逆重力的离心铸造，在这种装置中，用一种消失模代替了壳模。

优选实施方式

25 本发明提供一种方法和装置，这种方法和装置使用多种金属和合金逆重力离心铸造多种不同类型和形状的部件，其中前文中和下文中所使用的术语“金属”包括金属和合金。为了阐述的目的然而不限于此，可以通过逆重力离心铸造的典型部件包括车辆的（例如汽车的）内燃机活塞、摇杆、座位安全带部件、预燃室；燃气轮机电机喷嘴和涡轮叶片；导弹弹头、叶片、鸭式构件、尾翅致动装置、枪部件、金棒、手工工具部件、医学植入体、以及许多其它部件。这些金属和合金包括铁、钢、不锈钢、铝、镍合金以及其它金属，但是不限于此。

30

本发明与相似的铸造设备一样对于逆重力离心铸造小的和大的熔模铸件很有用，这些相似的铸造设备与本发明不同之处在于所使用的陶瓷壳模、快速铸造循环周期、沿着冒口通道的型腔的较高载荷、以及铸造金属的高利用率。

5

参考图 1-3，透气性陶瓷壳模 10 是根据已知的熔模工艺加工而成的，在这种熔模工艺中，铸模 10 的一种消失模（例如蜡）模组（图中未显示）浸入陶瓷熔浆中（例如，如硅酸乙酯或硅溶胶的液体粘结剂中的如锆石、铝、熔融硅石的悬浮液等的耐火粉料），多余的熔浆从模组中排出，用干燥粗糙的耐火材料颗粒（例如粒状锆石、熔融硅石、模来石、熔融氧化铝等）撒满或涂刷覆有熔浆的模组，然后反复风干，以便在模组上建立壳模 10。然后通过加热（例如进通过蒸气压力）或其它适合的模具去除装置将模组从壳模上去掉，然后在升高的温度中对壳模进行烧制，以提高铸模的强度，烧制温度取决于壳模制作时所使用的耐火成分。5 069 271 号美国专利描述了在实现本发明时，在模组上制造薄壁陶瓷壳模的熔模工艺，其内容通过参考并入此处。产生的壳模 10 具有多孔的、透气的铸模壁 10W。

陶瓷壳模 10 包括一个直立的冒口通道 12，冒口通道 12 通过相应侧面的浇口通道 14 与相应的型腔 16 相通，型腔 16 具有将要铸造的部件的形状。在实施本发明时，多个单独的型腔 16 可以在沿着冒口通道 12 的长度方向的不同的高度（例如不同轴向位置）上绕冒口通道 12 的外围（例如圆周）相互隔开，如图 1-3 所示。例如，图 1 中，设置八个浇口通道 14，将熔化金属供给八个型腔 16，八个型腔 16 在沿着冒口通道 12 的长度方向的每个高度（轴向位置）上围绕冒口通道的外围相互分隔开。因此在铸模 10 中总共设置 112 个型腔 16。

通常，当铸造较小的铸件时，在每个高度上设置 6-12 个型腔。为了铸造较大的铸件，例如图 3A 中的汽车活塞，图中相同的参考数字表示相同的特征，可以在给定的铸模高度上沿着铸模 10 的高度的 3-5

行上设置 3-4 个型腔 16。在本实施例中，浇口通道 14 通常比图 1-3 中所示的宽得多。在凝固过程中，需要给宽的浇口通道 14 提供充足的原料金属。1 到 2 英寸的浇口通道 14 不常用；例如，见图 3A。

5 另一种情况，可以在冒口通道 12 的周围，在沿着冒口通道的长度的不同高度上设置一个环状型腔（图中未显示），并且每个环状型腔通过一个或多个浇口通道与冒口通道 12 相通。例如，具有燃气轮机喷嘴环形状的环状型腔可以沿着冒口通道的长度设置在不同的轴向位置，因此，在铸模 10 中可以铸造多个喷嘴环。

10

按照本发明的一种实施例，陶瓷壳模 10 位于可旋转的金属（例如钢）真空瓶或容器 20 中。铸模 10 的下部开放下端 10a 位于密封环 23 上，密封环位于直立的管状注入管道 24 的密封环 24a 上，注入管道 24 通过底部壁 20w 的开口 20a 伸出容器之外。尽管下端 10a 可以直接放置在密封环 24a 上，由在任何间隙内凝固的金属提供原位置的密封，但也可以在下端 10a 和密封环 24a 之间设置热塑性胶或陶瓷纤维垫片。密封环 24a 在下部包括环状密封垫片 24b，密封垫片 24b 面对着容器的下壁 20w。通常，注入管道包括一种陶瓷材料（例如，当铸造铁合金材料时为模来石材料），尽管注入管道可以包括任何与所要铸造的熔化金属相兼容的材料。可以有选择地将多孔透气的耐火罩 26 放置在冒口通道 12 的上部开放端 12c 上并通过热塑性粘结剂进行粘结，以封闭上端。也可以使用不透气的罩或塞子封闭开放端 12c。

15

20

在本发明的一种优选实施例中，通过耐火颗粒支撑介质 22（例如，干燥的自由流动的铸造介质，例如湖底沙）在旋转的真空容器 20 中包围并支撑铸模 10。通常，颗粒介质 22 通过容器的上部开放端 20se 引入壳模 10 的容器 20 中，同时容器 20 振动以帮助颗粒围绕铸模沉积并压实。然后将可移动的顶部的真空钟或顶盖 32 安装在容器的开放端 20se 中。真空顶盖 32 包括一个环状充气密封 32a，该密封气密地密封容器的直立的侧壁 20s。真空顶盖 32 的多孔板或多孔筛 32b 朝

25

30

着颗粒介质 22。真空顶盖 32 连接在真空导管 34 上，该导管 34 具有一个传统的可旋转的真空连接或接头 37，当排空容器 20 的内部时，接头 37 使得导管 34 和容器 20 相对于导管 35 旋转。在实施本发明时，可采用的可旋转的接头可以通过商业途径得到，如从伊利诺州沃基根市的 Deublin 公司购买 2 英寸的可旋转的真空接头。通过一个连接在不能旋转的导管 35 上的真空泵 pp 将容器 20 的内部排空到低于环境压力，导管 35 通过接头 37 与导管 34 相通。导管 34 包括一个或多个开孔 34a，开孔 34a 将真空泵 pp 和真空顶盖 32 的内部连接起来，导管 34 通过多孔板或多孔筛 32b 与容器 20 的内部相通。当在容器 20 中建立部分真空（低于环境压力）时，真空钟或顶盖 32 沿轴向相对于容器运动，以压缩铸模 10 周围的颗粒介质 22，如在以上并入此处的 5 069 271 号美国专利中所述。当在容器 20 中建立起真空（低于环境压力）后，通过颗粒介质 22、铸模壁 10w、及端部耐火罩 26 的透气性，将冒口通道 12、浇口通道 14 和型腔 16 排空，使之低于环境压力。

在本发明的一种实施例中，容器 20 可以旋转，并设置在机座 40 上。机座 40 包括一个焊接在容器 20 的外壁 20s 上端的上部环状机座挡圈或法兰元件 41。法兰元件 41 支撑着容器及容器中包含之物的重量，并且通过一个传统的上部耐磨向心止推轴承 43 将载荷传递到圆柱形机座的壳模构件 42 上，向心止推轴承 43 设置在管状壳模构件 42 的凹形肩部 42s1 上。壳模构件 42 适合通过机械夹具 A 夹在外侧上。轴承 43 包括一个内圈 43a、外圈 43b 和多个位于二者之间的滚珠 43c。一个传统的下部耐磨轴承 44 设置并保持在构件 42 和下部环状机座的挡圈元件 45 之间的管状构件 42 的下部环状凹形肩部 42s2 上，挡圈元件 45 通过夹紧件固定在构件 42 上。轴承 44 包括一个内圈 44a、外圈 44b 和多个位于二者之间的滚珠 44c，如图 1C 所示。构件 41、42、45 连接在容器 20 上形成一个组件或卡盘，用于具有夹具 A 的机械操纵器的铸造设备。

30

容器 20 容纳在管状构件 42 中，同时耐磨轴承 43、44 的内圈 43a、44a 可以旋转并支撑着容器 20，因此容器 20 大致可以相应于冒口通道 12 的中心纵向轴绕轴线（图 1 中的垂直轴 L）旋转。容器 20 包括一个较厚的顶壁区域 20s1 和底壁区域 20s2，顶壁区域 20s1 和底壁区域 20s2 分别容纳在轴承 43、44 的内圈 43a、44a 中并与之接合。三个传统的沿圆周方向分隔的半月体 47 中的每个都具有槽形安装孔，并通过螺栓 48 固定在容器 20s 的侧面。每个半月体包括一个锥形表面 47f，锥形表面 47f 与容器壁的一个与之互补的锥形表面 20f 相配合，如图 1C 所示。半月体用来消除环状接触轴承 43、44 之间的间隙。当卡盘上下颠倒时，半月体 47 还用来支撑容器 20s 的重量。

容器通过电机 50 在机座 40 上旋转，电机 50 具有一个驱动链轮 50a 来驱动皮带 52，皮带 52 沿着容器壁 20s 的外表面 20o 伸展并通过摩擦驱动与之配合。皮带 52 延伸通过构件 42 上的槽 42o。虽然电气、流体或其它驱动电机的任何类型都可以用于实现本发明，电机 50 可以包含一个可变速的直流（DC）电机。Reliance 电气公司生产的型号为 T56S2013 的 1HP（马力）变速 DC 电机可以用于实施本发明。通过夹紧件 54 和固定板 56 将电机 50 固定在构件 42 上。皮带 52 可以包括 1 英寸宽、1/2 英寸节距、114 个齿，可以从 Gates Rubber 公司购买型号为 570H100 的同步皮带，这种型号的同步齿形带可以通过由 Daimler Chrysler 公司生产的 Dodge 16H100TLA 的同步滑轮驱动并且与容器外表面摩擦接合，因此由链轮 50a 使皮带产生的旋转可以转动容器 20 和其中容纳的物体。

通过铸造设备（图中未显示）的机械夹臂 A 来夹紧并移动机座 40。特别是，夹持器 A 与管状壳模构件 42 的中部相配合。本发明不限于这种夹臂，其它装置例如机械移动装置、或通过工人进行手工移动都可以用来移动支座 40 和上面的容器 20。例如，另一种情况下，臂 A 可以作为 4 874 029 号美国专利中所公开类型的铸造设备的一部分，该技术通过参考并入此处。

另外，本发明不限于图中显示并进行描述的特殊容器 20 和机座 40。例如仅仅参考图 1A 和 1B，图中相同的参考数字用来表示图 1-3 中相同的特征，图 1A 和 1B 中显示的容器 20'和支座 40'具有某些不同的结构。容器 20'包括一个位于直立壁 20s'上的锥形外部壁区域 20s1'并中止于在径向伸展的上部突出部分 20g'。耐用轴承 43'、44'设置在内环 41a'和外环 41b'之间。每个轴承 43'和 44'包括内圈 43a'、44a'和外圈 43b'、44b'及滚珠 43c'、44c'。一个下部环状保持器 47'固定在内环 41a'上，以支撑轴承 44'。外环 41b'固定地安装（例如焊接）在细长的支撑构件 40a'上，支撑构件 40a'固定（例如焊接）在臂 A'上。内环 41a'由轴承 43'、44'支撑，并且通过同步皮带 52'使其旋转。电气或其它形式的电机 50'安装在细长的机座 40'上，并且包括一个主动链轮 50a'，主动链轮 50a'通过摩擦接触内环 41a'驱动皮带 52'，使得容器 20'旋转，如图 1A 所示。例如，当内环 41a'旋转时，通过容器 20'与容器之间的摩擦力使容器 20'旋转。图示的机座 40'被铸造设备的臂 A'支撑并运动。臂 A'互相相对地固定并且与构件 40a'的下侧相配合，如图 1B 所示。如上所述，在实施本发明时，容器 20'和机座 40'可以用来代替图 1-3 中容器 20 和机座 40。容器 20'可以按上述方式容纳一个壳模 10、围绕铸模的颗粒介质 22、真空顶盖 32，但是为了方便起见，图 1A 和 1B 中未显示。

容器 20（或 20'）从装载装置（图中未显示）处移到铸造位置，在装载位置处，铸模 10、颗粒介质 22、真空顶盖 32 安装在其中，如图 1 所示，在铸造位置处，容器 20（20'）由铸造设备的臂 A（A'）定位在将要进入铸模 10 中铸造的熔化金属的源头 S 上。图示的源头 S 包括一个熔化金属池 P（例如，熔化金属或合金），熔化金属池放置在一个熔锅 C 中并由感应线圈（图中未显示）加热，关于熔锅的一个例子可以参考 3 863 706 号美国专利，该技术通过参考并入此处。

按照本发明的一种实施例，在图 1 中的铸造位置处，当注入管道

金属池 P 中的环境压力和容器及铸模中低于环境的压力), 当容器同步旋转时, 能够有效地驱动熔化金属从金属池 P 中向上流动进入冒口通道 12、通过浇口通道 14 进入型腔 16, 并在其中注入熔化的金属, 如图 2 所示。

5

存留在每个浇口通道 14 中的熔化金属在朝着与之相通的型腔 16 的方向上受到离心力作用。容器 20 和铸模 10 的旋转运动阻止了冒口通道 12 中熔化金属的凝固并且阻止了型腔 16 中单个铸件熔化为冒口金属。旋转运动导致在浇口通道 14 中的熔化金属中产生剪切力并且产生轻微的抽吸作用以及在朝着相关的型腔 16 的方向上产生熔化金属的运动来阻止冒口通道 12 中凝壳的形成 (在冒口通道表面上熔化金属的凝固)。作用在存留于冒口通道 12、浇口通道 14、和型腔 16 中的熔化金属上的离心力增加了通过所有的浇口通道 14 上的熔化金属的压力, 而不管它们在冒口通道 12 上的高度, 因此能够改善型腔 16 的填满。这样能够使速度减小, 在该速度下, 熔化金属柱在冒口通道 12 中升高以延迟熔化金属圆柱顶端到达上部闭合端 (罩 26) 的时间, 直到多数或全部型腔 16 都注满后。在冒口通道的不同高度上具有型腔的铸模的逆重力铸造中可以看到, 通过型腔的上部少数几行的入口的压力尖峰能够减小或完全去掉。

15

为了阐述且不限于此, 典型的注入型腔 16 的时间小于 4 秒, 通常为 1 1/2 秒, 时间取决于所使用的逆重力铸造参数、所使用的铸模设置、以及将在铸模 10 中铸造的熔化金属的数量。

20

铸模的旋转运动在任何移动通过冒口通道的液态金属中产生剪切力。剪切力同旋转铸模和设备的微小的不平衡产生的振动一起, 延迟冒口中熔化金属的凝固, 使其晚于一个点, 在该点上, 如果铸模不旋转就开始形成凝壳。如果对工艺有利, 这种现象允许熔化金属比不旋转的铸模中的熔化金属在冒口装置中保留更长的时间, 或者允许在较低温度下进行金属和合金的铸造, 同时保留这种避免凝固冒口的优

25

点。

另外，通过正确选择容器 20 中真空度（低于环境压力）为小于注入冒口罩 26 中所要求的真空，熔化金属可以在冒口通道 12 中向上流动一段较短的（例如，在下方）距离，该距离比图 5 中所示的冒口通道 12 的上部闭合端（罩 26）的中心区域短，并且具有与图 1-3 中所示的不同的结构。例如，罩 26 附近的熔化柱体成一个内部空间 V，这个空间 V 是由等压面 SF 在一个给定的旋转速度下形成的，并且通常是作为容器 20（20'）和铸模 10 的旋转运动的结果，围绕冒口通道 12 的纵轴形成。熔化金属柱体的上端中内部空间 V 的存在能减少冒口通道 12 附近的上部闭合端（罩 26）处通过浇口通道 14 的压力波动。如果空间 V 不存在，当熔化金属完全弄湿罩 26 时，冒口通道 12 中的熔化金属在入口 14 内产生压力波动。内部空间 V 也设置一个溢出路径或空间，这样在熔化圆柱的上端附近，熔化金属中的内部气泡可以逸出以减少注入上部型腔的熔化金属中的内部气泡，因此减少了型腔中凝固的铸件的内部气泡。离心作用使熔化金属将冒口通道 12 中的内部气泡转移到冒口通道的中部，在这里内部气泡不容易进入型腔中。

一旦铸模注入金属池 P 中的熔化金属，而容器 20（20'）和铸模 10 仍然旋转，同时注入管道 24 浸入池中时，在型腔 16 和浇口通道 12 中熔化金属 M 凝固之前，冒口通道 12 中仍然熔化的金属排入池 P 中。通过停止容器中的真空度将冒口通道 12 排空，例如可以通过关闭真空泵 PP 并打开真空管道中的通气阀 VV，如图 2 所示，通气阀 VV 与环境压力相通来为容器中提供环境压力。冒口通道 12 中熔化柱体的压力相等，因此冒口通道 12 中的熔化金属由于重力作用流回到池中以重新利用。因此，与以前的逆重力铸造工艺相比，实施本发明可以取得 80% 或以上的金属或合金的更高产量，在以前的工艺中，冒口通道 12 中的熔化金属与浇口通道和型腔中的熔化金属一同凝固。由于在实施本发明时不需要从凝固的冒口装置中分离铸口所需的分离几何

体，因此更多和更大尺寸的型腔 16 可以放置在冒口通道 12 周围。因此，在实施本发明时，可以在每个铸模 10 中铸造更大尺寸的铸造产品。

5 当熔化金属从冒口通道 12 中排出时，浇口通道 14 从新的空冒口通道 12 中分离出来。依靠由容器 20 (20') 和铸模 10 的旋转所产生的离心作用，熔化金属保留在浇口通道 14 中，至少是部分地注入通道，如图 4 的左侧所示。部分注入浇口通道 14 和完全注入型腔 16 中的熔化金属受到冒口通道 12 中的周围（例如环境的）压力及由于容
10 器 20 (20') 和型腔 10 的旋转运动导致的离心作用所产生的压力，因此通过浇口通道 14 的压力通常相等，而与它们沿着冒口通道 12 的高度不同无关。例如，在容器以 300rpm 旋转时，可以测定与空的冒口通道 12 的中心轴距离 5 英寸的型腔 16 中的压力为 22.7psi，并且在沿着冒口通道 12 的长度（28 英寸长）的所有高度上的型腔中的压力都是如此。因此，通过所有的浇口通道 14 的补缩压力是相同的，这就
15 提高了从铸模 10 的顶部到底部进入型腔的一致性。在这一点上，型腔完全注满。注满型腔是指熔化金属从冒口通道中流动以注满型腔。补缩是指随后在金属在型腔 16 中凝固和热收缩期间，从浇口通道 14 中供应熔化金属以注入相变所产生的空间。

20

 亦即，可以将浇口通道 14 中存留的熔化金属相应于当容器 20 (20') 旋转时熔化金属凝固所产生的收缩供给型腔 16，如图 4 的右侧所示。特别是，由于当容器旋转时在一个或更多型腔 16 中的金属凝固并收缩，与之相连的浇口通道 14 中的熔化金属向与之相通的型
25 腔 16 中流动以补偿收缩，来产生改善了密度（例如减少收缩孔隙）的铸造产品 ART。通常，缩孔 SK 在一个或更多的浇口通道 14 中的凝固金属中形成，而不是在型腔中凝固的金属铸造产品（铸件）ART 中形成，如图 4 的右侧所示。因此在不与冒口通道 12 连接的型腔 16 中产生多个单个的、明显凝固的铸造产品 ART。图 3 显示了铸模 10
30 中凝固的金属，为了方便起见省略了缩孔 SK。由于周围的（例如环

境的) 压力及通过所有的浇口通道 14 中的离心压力, 因此铸造产品 ART 中的内部气泡产生的气孔减少, 离心压力是依靠减少金属中内部气泡空间的容量所产生的压力而引起。在实施本发明时, 可以在每个铸模 10 中铸造更多数量的铸造产品 ART, 而只有很少或没有缩孔。

5

在实施本发明时, 通过正确设计入口, 浸入熔化金属池 P 中的注入管道 24 的停留时间减少, 注入管道需要浸入金属池 P 中的时间仅仅为注满型腔的时间, 之后冒口通道 12 中的熔化金属可以被排空。当注入管道从池中移走后, 可以产生铸件和浇口通道的凝固。实施本发明也减少了容器 20 暴露于池 P 处的辐射热和炉子感应线圈的感应热, 因此延长了容器的使用寿命。另外, 由于浇口通道 14 在与空的浇口通道 12 连接点附近比热的熔化金属存留在冒口通道时更快地冷却 (凝固), 因此在实施本发明时凝固时间减少。

15 通过实施本发明, 可以得到 90% 及以上的较高的金属产量 (形成由金属铸件分成铸模 10 的铸造产品 ART 的金属)。另外, 在实施本发明时, 随着收缩减少而使密度增加, 可以铸造出更多数量及更大尺寸的铸造产品。作为一个例子, 在实施本发明之前, 26.1 磅的熔化金属需要产生 28 个特殊类型的铸件, 并且铸模保留在容器 20 中 10 分钟。实施本发明, 要求仅仅 18.9 磅相同的熔化金属获得相同类型铸件
20 56 个, 并且铸模仅仅保留在容器中 3 分钟。

使用非常贵重的合金, 在需要更长的铸造周期的情况下, 金属产量可以得到进一步的增加。浇口通道 14 的横截面和长度可以减小, 25 熔化金属从冒口通道 12 中的进入可以保持, 直到冒口通道中的金属开始凝固之前。如果在这一点上, 熔化金属从冒口通道 12 中排空, 铸模的旋转继续进行一段很短的时间以允许浇口通道 14 凝固, 可以得到带有非常小的铸口的单个的铸件。使用这种技术, 可以达到 97% 的金属产量。

30

当熔化金属在型腔 16 中凝固后，真空顶盖 32 被去掉，带有凝固的铸件（铸造产品 ART）的容器 20（20'）可以用臂 A（A'）移到落砂台（图中未显示），然后为了进一步的铸造工艺将颗粒介质 22 和铸造产品 ART 去掉。

5

为了阐述本发明并且不仅仅局限于此，制造的壳模 10 在一个 28 英寸高、5 英寸直径的冒口通道 12 周围具有 84 个型腔（每个型腔可以容纳 1.27 磅钢合金）。每个型腔通过一个单个的浇口通道 14 与冒口通道相通，浇口通道 14 的尺寸为 1/2 英寸宽、1/2 英寸高、2 英寸长。
10 长度为 8 英寸、直径为 2.5 英寸的陶瓷注入管道连接在冒口通道的底部并且浸入钢合金池 P 的表面下 4 英寸。当排空冒口通道，使型腔中的金属凝固后，容器 20 被排空到 17 英寸 Hg 并且在 150rpm 下旋转，用来在 1.8 秒内注入型腔中，同时旋转继续进行 45 秒。

15

在前述本发明的实施例中，在注入型腔 16 期间，当铸造凝固期间容易产生收缩问题的熔化金属时，使熔化金属从池 P 中向上流入冒口通道 12 中的步骤和旋转容器 20（20'）的步骤同时进行。优选地，按照本发明的另一种实施例，当向上驱动熔化金属进入冒口通道 12 中以注入型腔 16 中后，随着容器 20（20'）和其中的铸模 10 的旋转运动开始，这些步骤可以按次序进行。本发明的这种实施例减少了流入型腔 16 中熔化金属的流动。

20

虽然以上的实施例涉及容器 20（20'）和铸模 10 绕着铸模 10 和容器 20（20'）的冒口通道 12 的中心纵轴 L 旋转，但是本发明并不限于此，因为铸模可以绕着旋转轴 AR"旋转，旋转轴 AR"偏离铸模 10"的冒口通道 12"的纵轴 L"并且与之完全平行，如图 8A、8B 所示，在图 8A、8B 中，带有双标记的相同的参考数字用来表示前面图中相似的特征。轴 AR"与注入管道 24"和铸模设置在其中的容器中的纵轴相对应。通过以偏移方式在容器中安装铸模 10"可以实现这一点，因此
25 当容器旋转时，铸模 10"绕轴线 AR"旋转，轴线 AR"偏离铸模冒口通
30

道 12"的纵轴 L"的距离为 X"，并且与之完全平行。绕偏离轴的旋转可以进一步延迟冒口通道 12"中凝壳的形成。

5 另外，虽然本发明在前面描述了具有型腔 16 的铸模 10，每个型腔通过单个的浇口通道 14 与冒口通道 12 相通，但是本发明不仅仅局限于此，因为每个型腔可以包括多个浇口通道。例如，参考图 6，为了生产细长的铸件，这种铸件具有相当薄和厚的邻近横截面区域，通常，多个型腔 216 中的每一个都在冒口通道 212 的方向上是细长的。每个型腔 216 通过多个（图中为 3 个）沿着冒口通道 212 的不同高度
10 上的浇口通道 214 相通，冒口通道 212 的位置能确保熔化金属进入每个型腔的相当厚的区域。当冒口通道 212 排空后，注入伸长的型腔 216 中的熔化金属的头部能够克服周围压力及离心作用，因此熔化金属能够从较低的浇口通道 214 进入空的冒口通道 212 中。

15 在实施本发明的另一种实施例时，当容器 20 (20') 和铸模 210 的旋转时，位于浇口通道 214 之间的每个型腔 216 的相当薄的区域中的熔化金属凝固，通过在冒口通道 212 中保留足够长度的熔化金属，可以克服从一个或更多个伸长的型腔 216 中多余的排出物。当熔化金属从冒口通道 212 中排回到池 P 中，如前所述，相当薄的凝固区域 216b
20 将型腔分隔成仍然熔化的金属的辅助型腔 216c，辅助型腔通过薄的凝固区域 216b 与另一个相互分隔，因此辅助型腔 216c 表现为单独的单入口型腔，用来限制仍然熔化的金属位于凝固区域 216b 之间的辅助型腔或间隔中，并且防止仍然熔化的金属从型腔 216 的最低处的浇口通道 214 处回流。相应于容器 20 (20') 如前述那样旋转时由于熔化
25 金属凝固而产生收缩，冒口通道 212 排空熔化金属时，部分地注入熔化金属的浇口通道 214 将仍然熔化的金属供应到各自的辅助型腔或间隔中。

30 在实施本发明的另一种实施例中，如图 7A 所示，通过将铸模 210"的伸长的型腔 216"定位于相对于冒口通道 212"处，因此在排空冒口通

道 212"期间，由铸模旋转所提供的理论熔化面 SF"通过浇口通道 214"，而不通过型腔 216"，这样就可以克服前面的从伸长的型腔中排出的多余的排出物。在图 7A 中，通过增加浇口通道 216"沿着冒口通道 212"的高度增加方向上的长度，可以实现这种定位。例如，参考图 7A，
5 图中所示的较低的浇口通道 216"与那些中间部分的浇口通道 214"相比，具有相当短的长度，而中间部分的浇口通道 214"比上部的浇口通道 214"具有更短的长度。事实上，每个型腔 216"的纵轴 LA"在外部的锐角 AA"上应用浇口通道 214"的不同长度，相对于浇口通道 212"的纵轴 L"定位。

10

相反，图 7B 图示了一个相似的铸模 210"，按照本发明，如图 7A 所示，铸模中型腔 216"不倾斜，因此如果冒口通道 212"排空而每个型腔 216"中的大部分的熔化金属保持不凝固，然后在冒口通道排空期间，由铸模旋转所提供的理论熔化面 SF"将通过浇口通道 214"和型腔
15 216"，如图所示。理论熔化面 SF"通过的型腔 216"中的区域将排空熔化金属并且产生废损的铸件。按照本发明的一种实施例，图 7A 克服了从型腔中熔化金属的多余的排出。

20

虽然本发明描述了关于使用透气性铸模 10 (10"，及其他) 的实施例，但是本发明不仅仅局限于此，并且可以使用不透气的铸模进行实践，例如，由铸铁、钢、石墨或其他材料制成的铸模。

25

图 9A 例示了这种不透气铸模 312"的一部分，这种不透气铸模 312"可以用来逆重力离心铸造一种带有熔化金属的炮弹形状 of 的型腔 316"，如前所述。图中所示的压力梯度线 1.0A、1.1A、1.2A、1.3A、1.4A 表示在铸模 310"中熔化金属排空后，铸模 310"以 300rpm 旋转，铸模形成冒口通道 312"，同时熔化金属在型腔 316"中仍然为液态时环境中的压力梯度。因为每个型腔 316"都注满，只要型腔 316"中的气体在朝着型腔 316"的浇口通道 314"方向上压力降低时具有一条无阻碍的路径，
30 压力梯度将使熔化金属 M"在型腔 316"中通过相连的浇口通道 314"转

移气体。

图 9B 例示了一个相似的通过重力沉积（作用）或传统的（非离心）逆重力铸造注入熔化金属的不透气型腔 316''，该例不是根据本发明得出的。气体将出现在浇口通道 314'' 上方的型腔区域中。例如，气袋 P'' 出现在型腔 316'' 的顶部。按照一种实施例的图 9A 克服了内部气泡的问题。

参考图 10，图示了本发明的另一种实施例，其中在容器 20 中出现了一种消失模 410 来取代壳模 10。消失模包括一个带有顶部多孔罩 426 的中空的冒口通道形成部分 412，冒口通道形成部分 412 通过浇口通道形成部分 414 连接在多个型腔形成部分 416 上。消失模 410 包含多个粘结在一起的泡沫塑料模型圈 417，并且形成冒口通道形成部分 412 的每个模型圈通过浇口通道形成部分 414 连接在多个型腔形成部分 416 上。模型圈 417 互相堆叠起来并且通过一种合适的粘结剂粘结起来以形成消失模 410。模型圈 417 可以从展开的聚苯乙烯板坯料上切割而成，或使用可展开的聚苯乙烯珠通过传统的扩散泡沫技术铸造出来。消失模 410 的外表面上涂上耐火熔浆以形成热绝缘、透气性的耐火涂层 420。在实施本发明时使用的耐火涂层可以这样得到，例如从 Borden 化学公司可以得到的 Polyshield3600。耐火涂层包含云母和石英耐火材料。涂层 420 的应用可以通过将消失模 410 浸入耐火材料熔浆中、排出多余的熔浆、使熔浆通宵晾干而得到，并且涂层 420 在消失模的外表面上设置透气性的耐火涂层，其厚度在 0.010 到 0.020 英寸的范围内。

在实施本发明的方法中可以使用具有消失模 410 的容器 20 来取代图 1-3 中的容器 20 和铸模 10，如前所述。随着容器 20 旋转，在进行前述的铸造期间，依靠熔化金属 M 上周围的（环境的）压力和容器 20 中低于环境的压力，熔化金属 M 被驱动从池 P 中向上流入消失模 410 的中空的冒口通道形成部分 412。熔化金属向上流动，破坏并代替了

颗粒介质 22 中的消失模 410，在原处形成与冒口通道 12 相似的冒口通道、与浇口通道 14 相似的浇口通道、与型腔 16 相似的型腔，如前所述。离心压力将加快熔化金属以可蒸发的方式运动到在这里形成的型腔的外周。型腔将从外部注入，因此液态和气态形式的材料（例如液态和气态的苯乙烯）将朝着冒口通道被移走，在冒口通道中，至少一部分从入口处排出。如前所述，为了补偿容器旋转时熔化金属凝固所产生的收缩，型腔和浇口通道中的熔化金属凝固之前，冒口通道中的熔化金属被排出，剩下浇口通道至少部分注入熔化金属，以便供给型腔。旋转容器时，型腔中的熔化金属凝固，以便在型腔中形成多个单个凝固的铸造产品。当熔化金属在型腔和浇口通道中凝固后，铸模的旋转可以被中止。

虽然本发明用特定的实施例来进行描述，但是并不是限于这些实施例，而只受随后权利要求中所述内容的限制。

15

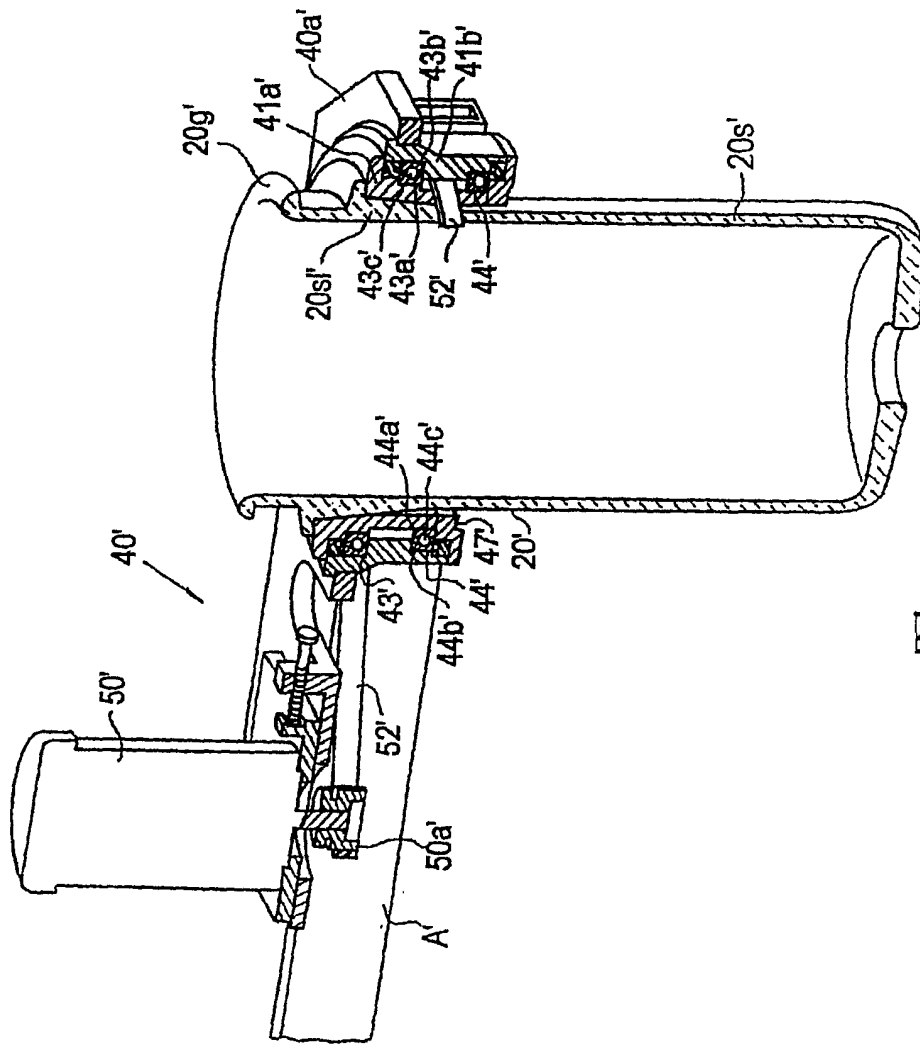


图1A

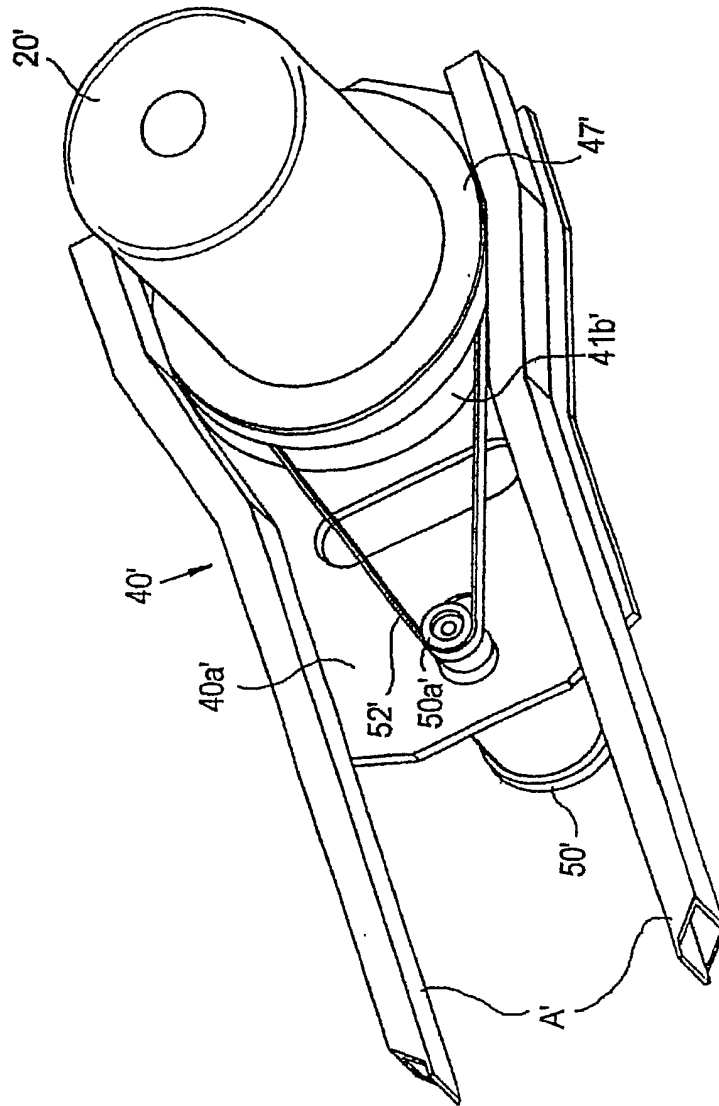


图1B

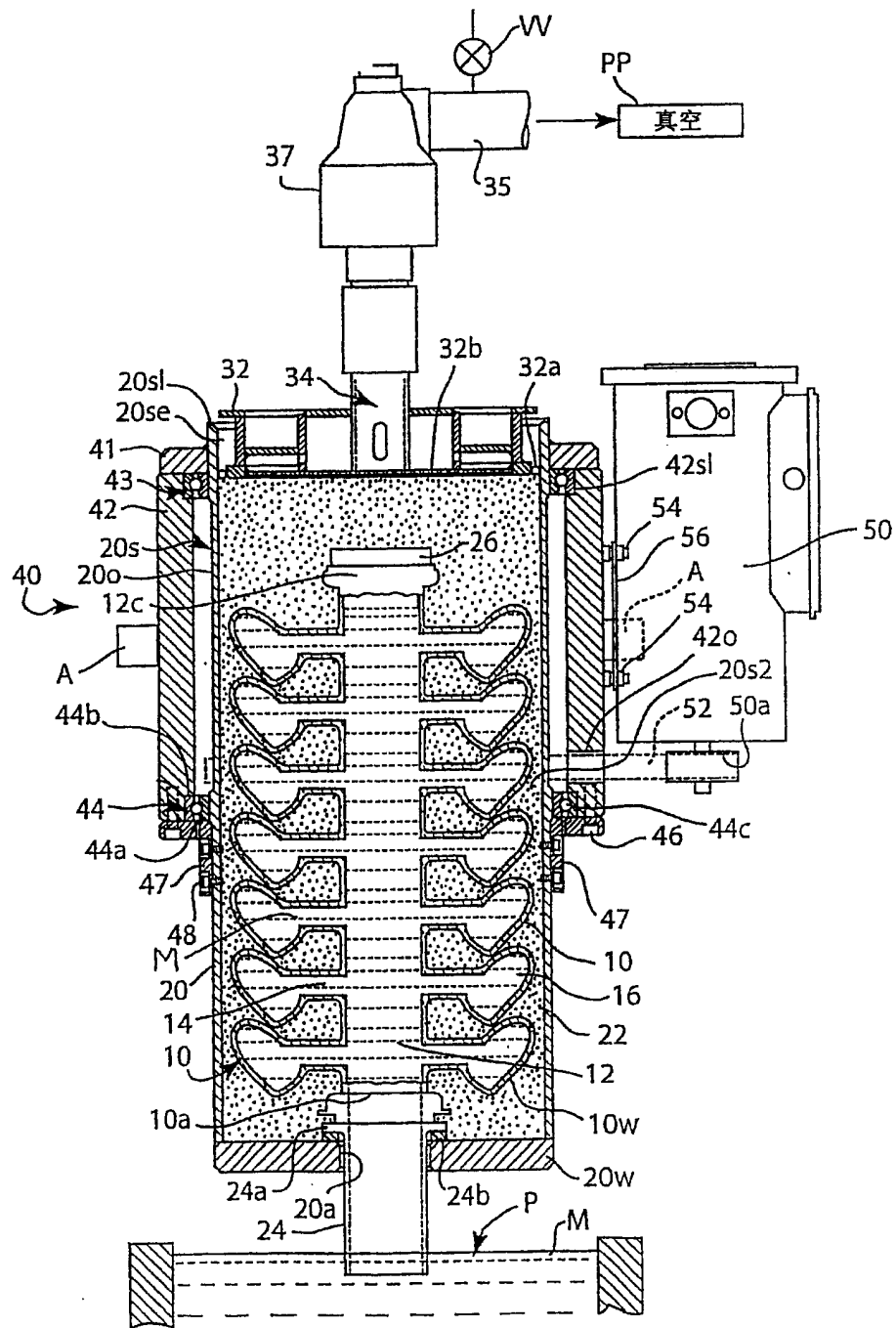


图2

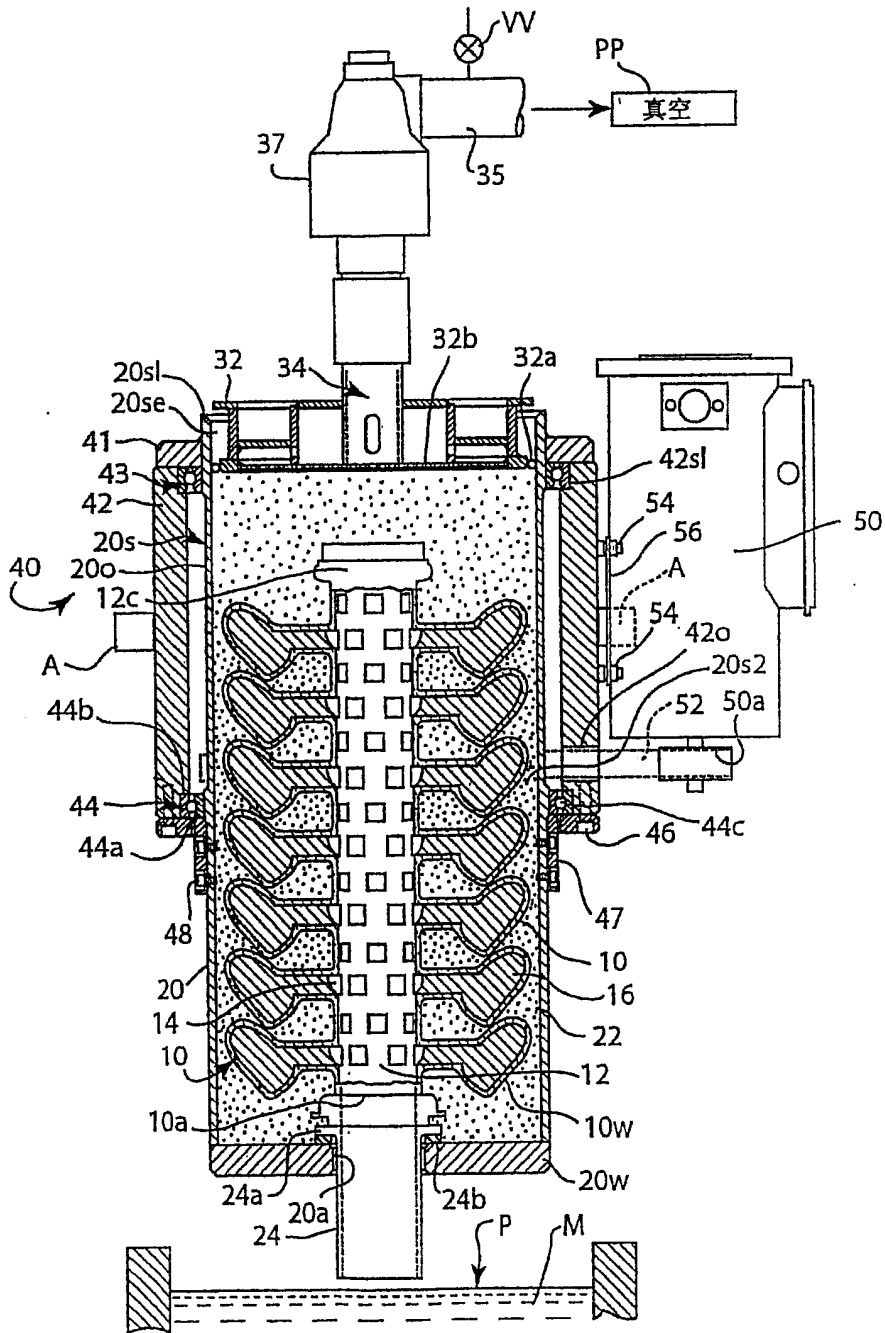


图3

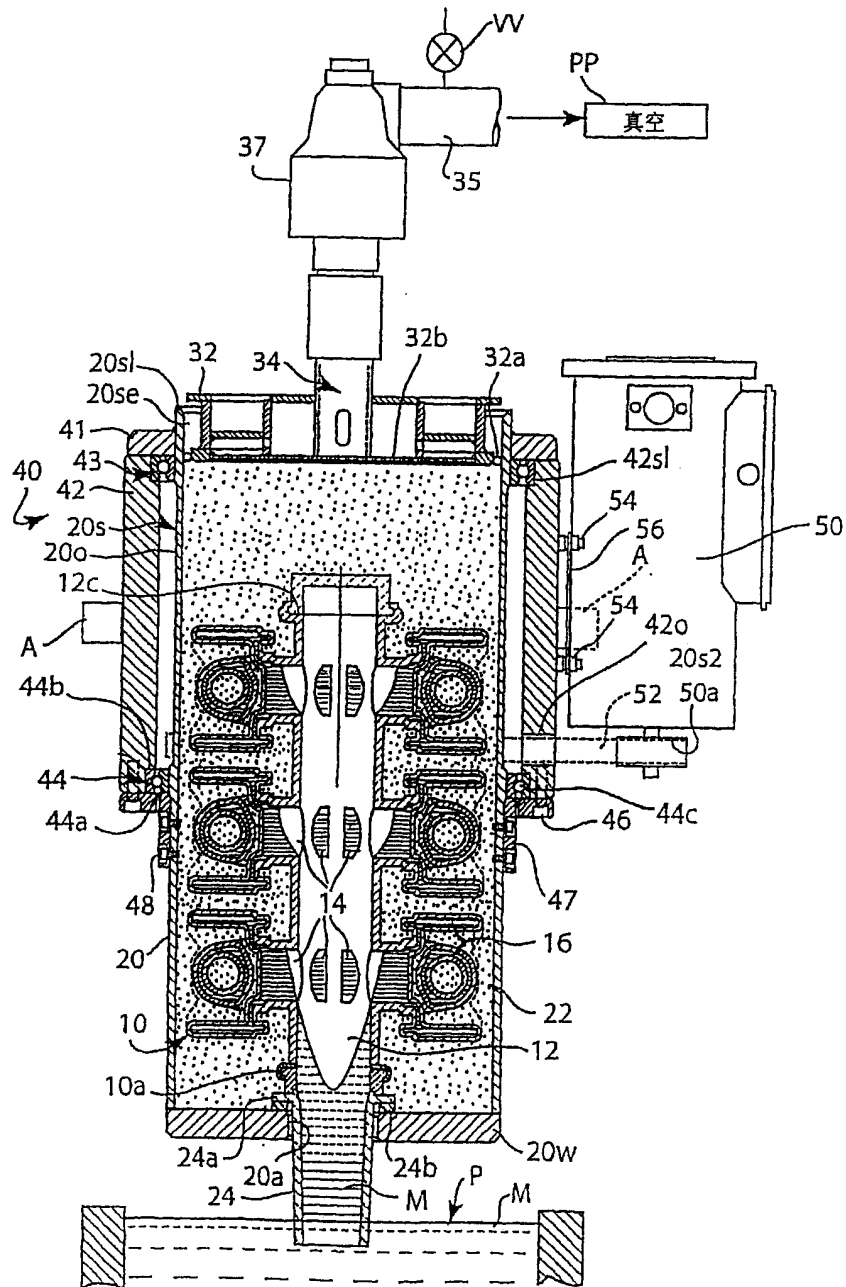


图3A

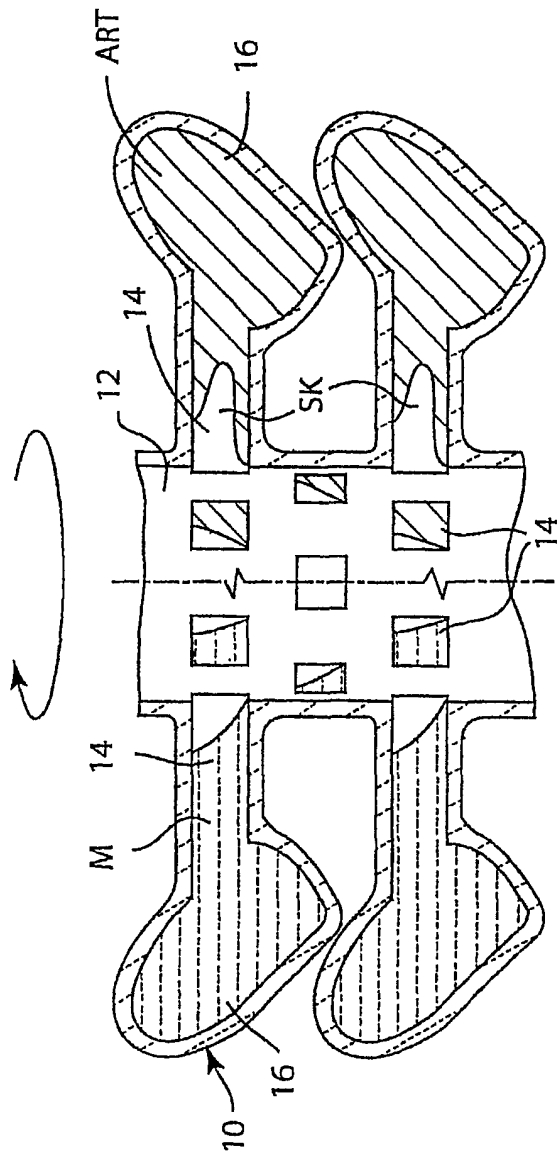


图4

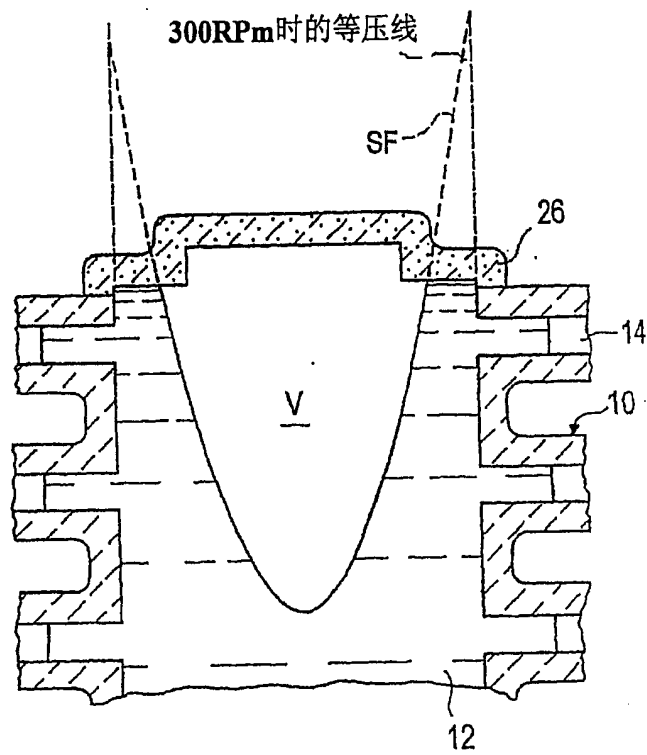


图5

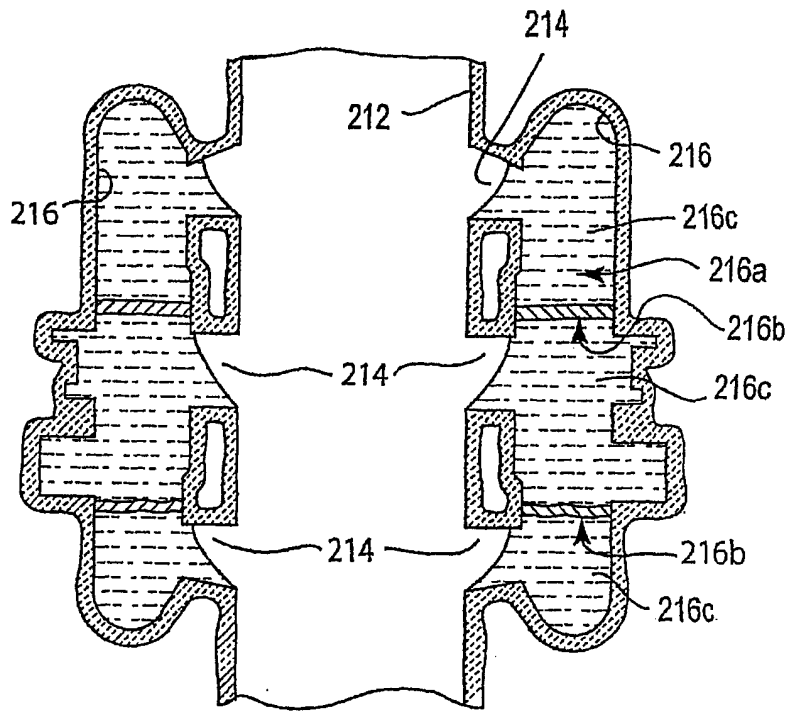


图6

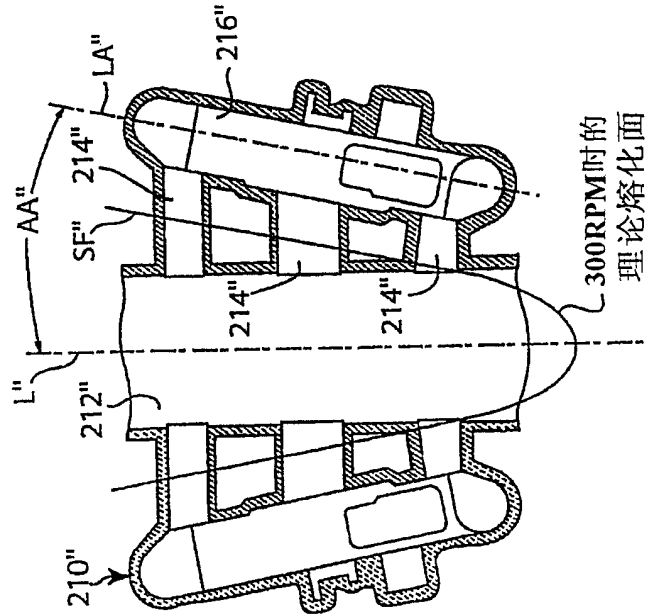


图7A

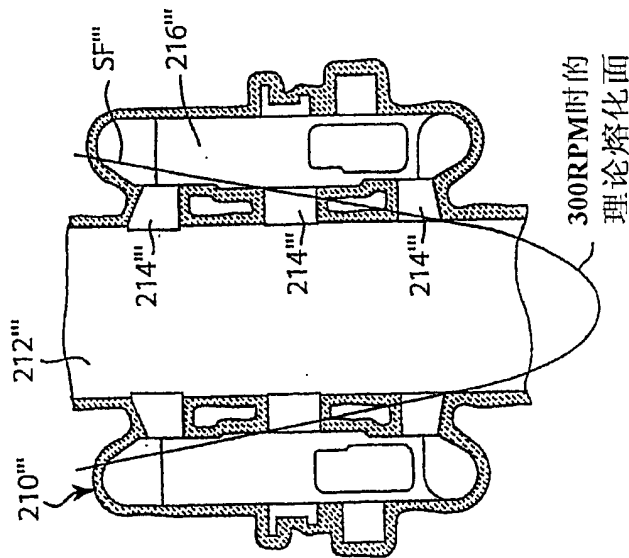


图7B

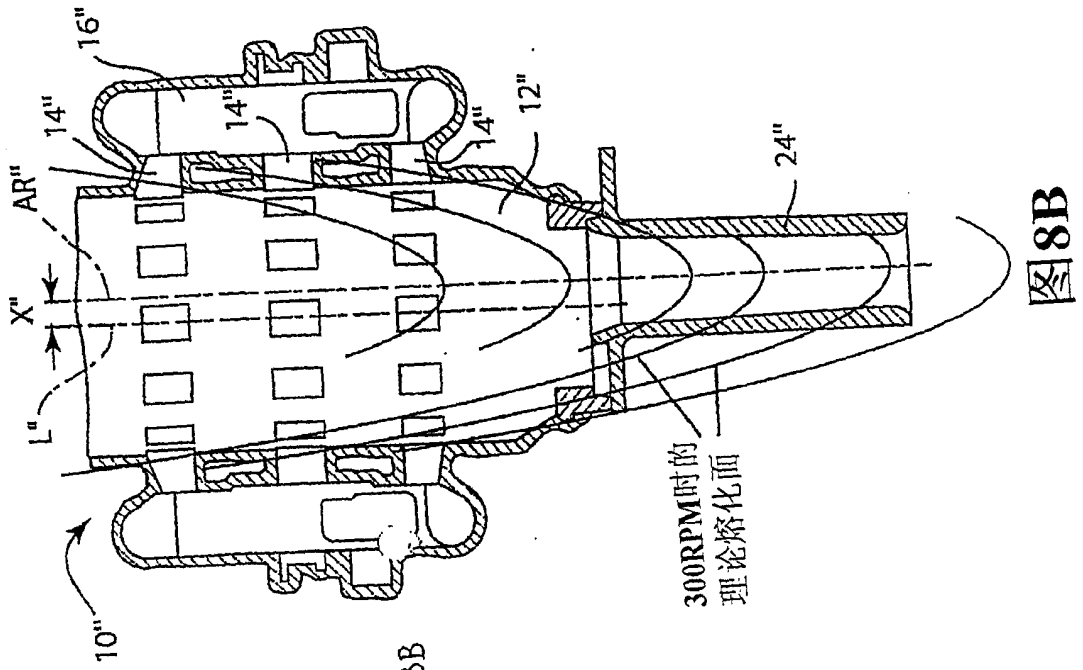


图8B

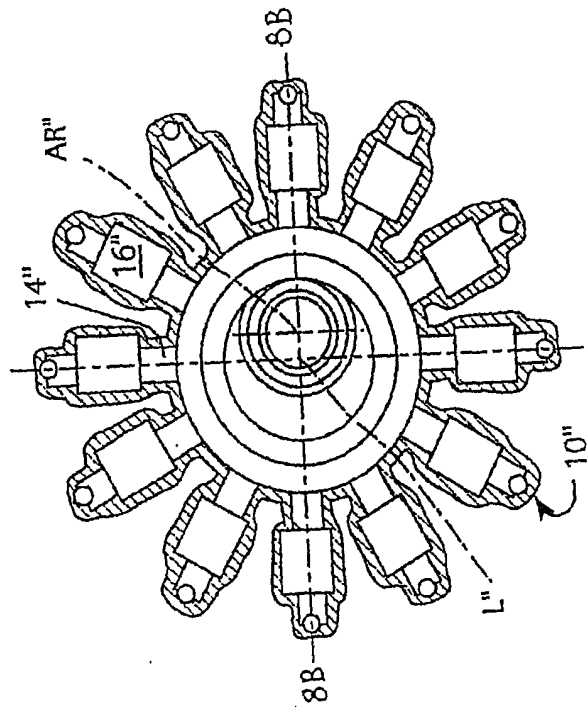


图8A

