



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104561663 B

(45)授权公告日 2018.05.29

(21)申请号 201410674451.3

G22C 38/12(2006.01)

(22)申请日 2014.09.30

G22C 38/08(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G22C 38/04(2006.01)

申请公布号 CN 104561663 A

B22C 9/28(2006.01)

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据

14/048693 2013.10.08 US

(73)专利权人 霍尼韦尔国际公司

地址 美国新泽西州

(72)发明人 J·伍德沃德 P·贝德福德

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 崔幼平 李涛

(51)Int.Cl.

G22C 19/05(2006.01)

G22C 19/07(2006.01)

G22C 38/44(2006.01)

G22C 38/40(2006.01)

G22C 38/22(2006.01)

G22C 38/18(2006.01)

(56)对比文件

US 4813470 A1,1989.03.21,

US 4813470 A1,1989.03.21,

US 2005/0211408 A1,2005.09.29,

US 2005/0249602 A1,2005.11.10,

US 2010/0304161 A1,2010.12.02,

US 2013/0171020 A1,2013.07.04,

US 2009/0317288 A1,2009.12.24,

BE 763230 A1,1971.08.19,

CN 1209186 A,1999.02.24,

US 4412577 A,1983.11.01,

US 4714101 A,1987.12.22,

US 5275228 A,1994.01.04,

US 2002/0025613 A1,2002.02.28,

US 2008/0003447 A1,2008.01.03,

审查员 霍亮琴

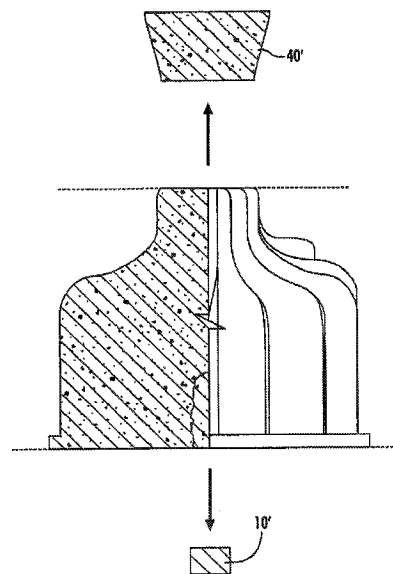
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

用于铸造涡轮叶轮的工艺

(57)摘要

一种用于铸造涡轮叶轮的工艺,包括以下步骤:确定将由其铸造所述涡轮叶轮的金属成分;提供模具,其限定出型腔,熔融金属成分将被浇注到所述型腔中以铸造叶轮;提供晶种构件,其由所述金属成分制成并具有等轴晶粒结构;将所述晶种构件的至少一部分设置在所述模具的型腔内;将熔融金属成分浇注到所述型腔中,使得熔融金属成分包围所述晶种构件的处于所述型腔内的部分;以及控制所述工艺,使得所述晶种构件的所述部分通过与所述熔融金属成分接触而至少部分地熔化,并且使得在冷却时,围绕所述晶种构件的金属成分以通过所述晶种构件的等轴晶粒结构所析出状态的等轴晶粒结构凝固。



1. 一种用于熔模铸造涡轮叶轮的工艺,包括以下步骤:

确定将由其铸造所述涡轮叶轮的金属成分;

提供模具,其限定出型腔,呈熔融形式的金属成分将被浇注到所述型腔中以铸造所述涡轮叶轮,所述型腔被构造成限定出所述涡轮叶轮的轮毂部分,并且限定出从所述轮毂部分延伸的叶片;

提供由所述金属成分制成的晶种构件,所述晶种构件具有等轴晶粒结构;

将所述晶种构件的至少一部分设置在所述模具的型腔内,在所述型腔内的所述晶种构件的所述部分具有销状构造并且被设置在所述型腔的被构造成限定出所述涡轮叶轮的所述轮毂部分的区域的中心处;

启动加热装置以使得将所述模具和所述晶种构件预热至处于预定最小模具温度与预定最大模具温度之间的范围内的模具温度,接着是

将呈熔融形式的金属成分浇注到所述型腔中,使得熔融金属成分包围所述晶种构件的处于所述型腔内的部分;以及

其中,所述晶种构件的所述部分:(1)用作“激冷销”,其定位在所述涡轮叶轮的所述轮毂部分的中心处,并且能够经由沿着所述部分的长度的传导而吸收和散发热量,以及(2)用作冷却期间周围液体金属的小晶粒成核场所的源,使得所述晶种构件的所述部分通过与所述熔融金属成分接触而至少部分地熔化,并且使得在冷却时,围绕所述晶种构件的金属成分以通过所述晶种构件的等轴晶粒结构所析出状态的等轴晶粒结构凝固。

2. 如权利要求1所述的工艺,进一步包括以下步骤:在设置步骤之前,处理所述晶种构件的外表面,以移除其上的任何氧化层和异物。

3. 如权利要求2所述的工艺,其中,所述处理步骤包括电解蚀刻所述晶种构件的外表面。

4. 如权利要求1所述的工艺,还包括确保浇注时的熔融金属成分处于超过最大模具温度的金属温度。

5. 如权利要求1所述的工艺,其中,预热步骤包括提供炉子并将所述模具和晶种构件设置在所述炉子内,以及操作所述炉子使得所述炉子内的内部温度处于所述范围内。

6. 如权利要求5所述的工艺,其中,所述预定最大模具温度被选择为低于所述金属成分的固相线温度。

7. 如权利要求1所述的工艺,其中,所述金属成分选自由镍基超级合金、钢和钴合金组成的组。

8. 如权利要求7所述的工艺,其中,所述金属成分被选择为镍基超级合金,其包括(按wt%):

8-15的铬;

0-5.5的钼;

1-3的铌+钽;

5.4-6.5的铝;

0-1.25的钛;

0-0.2的碳;

0-0.1的硼;

0-0.1的锆;
0-1的硅;
0-0.1的锰;
0-5的铁;
不可避免的杂质;和
其余的镍。

9. 如权利要求7所述的工艺,其中,所述金属成分被选择为钴合金,其包括(按wt%):

25-30的铬;
0-1的钼;
2-15的钨;
0.25-3.3的碳;
0-3的铁;
0-3的镍;
0-2的硅;
0-1的锰;
不可避免的杂质;和
其余的钴。

10. 如权利要求7所述的工艺,其中,所述金属成分被选择为钢,其包括(按wt%):

0.1-1.1的碳;
0.3-1.1的锰;
0-0.04的磷;
0-0.04的硫;
0-0.35的硅;
0-0.1的氧;
0-2的镍;
0-1.1的铬;
0-0.3的钼;
不可避免的杂质;和
其余的铁。

用于铸造涡轮叶轮的工艺

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及涡轮叶轮的制造,并且更特别地涉及涡轮叶轮的铸造。

背景技术

[0002] 涡轮机(例如,燃气涡轮发动机、涡轮增压器等)中的涡轮叶轮在极具挑战性的环境中操作。穿过叶轮的气体的高温以及通常经受的高旋转速度导致对制造叶轮的材料的高强度和/或耐疲劳性极限的严峻考验。例如,处于涡轮增压器涡轮叶轮所达到的速度和温度时,叶轮材料的强度极限变得对耐久性和安全性至关重要。涡轮轴速度对于较小的单元有时可爬升到200,000rpm之上,甚至最大的涡轮增压器也能达到90,000rpm。在典型的涡轮增压车辆中涡轮叶轮可达到1800°F(980°C)及以上,并且在比如WRC等顶级赛车运动中它们经常可高达1950°F(1050°C)。叶轮必须抵抗的离心应力正比于旋转速度的平方,并且典型叶轮的强度在高于它们的限制极限的温度时大幅跌落。叶轮被设计成在高温时抵抗这些应力,但是总是存在极限,高速和高温的组合增加叶轮爆裂的可能性。

[0003] 存在两种基本类型的叶轮爆裂:叶片和轮毂。叶片爆裂发生在以下时候:处于发挥作用以将叶片拉离中心轮毂的速度的离心力克服将个体叶片连接至轮毂的根部的机械强度时。在这些状况下,如果叶片根部过于薄弱,则它可能离开轮毂。另一方面,轮毂爆裂是以下这种情况:其中叶片所附接至的主轮毂达到其最终强度极限并通过叶轮的轮中心线破裂为两个、三个或更多个大的部分。轮毂比叶片更致密,并且是连续的质量,因此强于每个薄叶片的根部。然而,轮毂中心线处于叶轮的旋转中心线,意味着内应力在轮毂的中芯处处于它们的最大值。轮毂在极端速度和温度时实际上可能爆裂。

[0004] 涡轮叶轮领域的技术人员明白的是,叶轮轮毂中的细微等轴晶粒结构有益于降低轮毂在极端状况下爆裂的可能性。因此,已经开发出了用于涡轮叶轮的各种细微晶粒铸造工艺。

发明内容

[0005] 本公开描述了一种用于涡轮叶轮的熔模铸造工艺,所述涡轮叶轮在叶轮的轮毂区域中具有细微等轴晶粒结构。依据如本文所公开的工艺的一个方面,首先确定将由其铸造涡轮叶轮的金属成分。例如,可以由镍基超级合金成分铸造叶轮。接下来,提供模具,其限定出型腔,呈熔融形式的金属成分将被浇注到所述型腔中以铸造涡轮叶轮。所述型腔被构造限定出涡轮叶轮的轮毂部分,并且限定出从轮毂部分延伸的叶片。

[0006] 所述工艺涉及提供晶种构件,其由铸造叶轮的相同金属成分制成。晶种构件被提供为具有等轴晶粒结构。将所述晶种构件的至少一部分设置在所述模具的型腔内。

[0007] 所述工艺包括:将呈熔融形式的金属成分浇注到所述型腔中,使得熔融金属成分包围所述晶种构件的处于所述型腔内的部分;以及控制所述工艺,使得所述晶种构件的所述部分通过与所述熔融金属成分接触而至少部分地熔化,并且使得在冷却时,围绕所述晶种构件的金属成分以通过所述晶种构件的等轴晶粒结构所析出状态的等轴晶粒结构凝固。

[0008] 在一个实施例中,所述晶种构件设置在所述型腔的被构造成限定出所述涡轮叶轮的轮毂部分的区域中。

[0009] 所述晶种构件可具有销状构造。

[0010] 在一个实施例中,在模具型腔中设置晶种构件的步骤之前,存在再一步骤:处理所述晶种构件的外表面,以移除其上的任何氧化层和异物。例如,处理步骤可包括电解蚀刻晶种构件的外表面。

[0011] 在一个实施例中,控制步骤包括将所述模具和所述晶种构件预热至处于预定最小模具温度与预定最大模具温度之间的范围内的模具温度,以及确保浇注时的熔融金属成分处于超过最大模具温度的金属温度。

[0012] 在一个实施例中,预热步骤包括提供炉子并将所述模具和晶种构件设置在所述炉子内,以及操作所述炉子使得所述炉子内的内部温度处于所述范围内。

[0013] 在一个实施例中,所述预定最大模具温度被选择为低于所述金属成分的固相线温度。

[0014] 本文所公开的工艺可用于各种金属成分。在一个实施例中,所述金属成分选自由镍基超级合金、钢和钴合金组成的组。

[0015] 在一具体实施例中,金属成分被选择为镍基超级合金,其包括(按wt%):

[0016] 8-15的铬;

[0017] 0-5.5的钼;

[0018] 1-3的铌+钽;

[0019] 5.4-6.5的铝;

[0020] 0-1.25的钛;

[0021] 0-0.2的碳;

[0022] 0-0.1的硼;

[0023] 0-0.1的锆;

[0024] 0-1的硅;

[0025] 0-0.1的锰;

[0026] 0-5的铁;

[0027] 不可避免的杂质;和

[0028] 其余的镍。

[0029] 在另一实施例中,金属成分被选择为钴合金,其包括(按wt%):

[0030] 25-30的铬;

[0031] 0-1的钼;

[0032] 2-15的钨;

[0033] 0.25-3.3的碳;

[0034] 0-3的铁;

[0035] 0-3的镍;

[0036] 0-2的硅;

[0037] 0-1的锰;

[0038] 不可避免的杂质;和

- [0039] 其余的钴。
- [0040] 在又一实施例中,金属成分被选择为钢,其包括(按wt%):
- [0041] 0.1-1.1的碳;
- [0042] 0.3-1.1的锰;
- [0043] 0-0.04的磷;
- [0044] 0-0.04的硫;
- [0045] 0-0.35的硅;
- [0046] 0-0.1的氧;
- [0047] 0-2的镍;
- [0048] 0-1.1的铬;
- [0049] 0-0.3的钼;
- [0050] 不可避免的杂质;和
- [0051] 其余的铁。

附图说明

- [0052] 在已经如此概括地描述了本公开的情况下,现在将参考附图,所述附图并不一定按比例进行绘制,并且附图中:
- [0053] 图1是依据本发明一实施例的具有等轴晶粒结构的晶种构件的透视图;
- [0054] 图2A示出了在已经附接在由低熔点聚合物成分比如蜡或热塑塑料形成的后盘内之后的图1的晶种构件;
- [0055] 图2B示出了将图2A的组件附接到正叶轮模型中并且将供给构件附接到叶轮模型上的步骤,所述叶轮模型和供给构件构成低熔点聚合物成分;
- [0056] 图2C示出了图2B的完成组件;
- [0057] 图3A示出了用于围绕图2C的组件形成陶瓷模具的一系列步骤;
- [0058] 图3B示出了从模具熔化掉叶轮模型和供给构件的工艺,以便留下内部腔体被构造为负叶轮模型的陶瓷模具;
- [0059] 图3C示出了以下工艺:将成分与晶种构件的成分相同的熔融金属成分浇注到模具的型腔中,接着进行冷却以凝固叶轮,并且最后移除陶瓷模具以留下叶轮铸件;
- [0060] 图3D示意性地示出了晶种构件的细微等轴晶粒结构是如何被给予轮毂区域中的叶轮的;并且
- [0061] 图4示出了移除金属的与供给构件相对应的部分,以及移除晶种构件的从叶轮的轮毂突出的部分。

具体实施方式

- [0062] 现在将在以下参考附图更全面地描述本发明,在附图中示出了某些但非全部的可能实施例。实际上,本发明可以以许多不同的形式来体现,并且不应该被解释为局限于本文所给出的实施例;相反,这些实施例被提供来使得本公开将满足可适用的法律要求。全文中相似的附图标记表示相似的元件。
- [0063] 如已指出的,依据本发明的用于熔模铸造涡轮叶轮的工艺通常涉及使用晶种(或

籽晶) 构件, 其由将由其铸造涡轮叶轮的相同金属成分制成, 并且具有期望给予叶轮的等轴晶粒结构。图1示出了依据本发明一个实施例的这种晶种构件10, 其中晶种构件具有销的形状。图1的晶种构件的特定构造仅仅是示例性的, 并且而本发明并不局限于任何特定构造。依据本公开的熔模铸造工艺通常涉及围绕晶种构件铸造叶轮以及将工艺控制成使得销构件至少部分地熔化并变成熔合在叶轮的金属中。随着金属凝固, 晶种构件的等轴晶粒结构使叶轮的金属析出以呈类似的等轴晶粒结构。为了确保晶种构件的等轴晶粒结构被给予叶轮金属, 晶种构件的外表面优选被处理以移除其上的任何氧化层和异物。处理步骤可包括电解蚀刻晶种构件的外表面。

[0064] 图2A~2C示出了叶轮模型组件50的构造, 所述叶轮模型组件50将用于形成用于待铸造叶轮的陶瓷模具。叶轮模型组件50包括后盘20, 其由低熔点聚合物材料比如蜡或热塑塑料形成。叶轮模型组件进一步包括构造与待铸造的叶轮相对应的正叶轮模型30、以及供给构件40, 其各自由低熔点聚合物材料形成。叶轮模型30在由热塑塑料形成时包括用于在其中接收晶种构件10的中心孔。在蜡制叶轮模型30的情况下, 晶种构件10在叶轮模型的造型工艺期间嵌入蜡中, 方法是通过将晶种构件设置在用于叶轮模型的模具中然后向模具中浇注熔融蜡。在任意情况下, 对于塑料制或蜡制叶轮模型, 供给构件40附接至叶轮模型30的与后盘20相反的端部, 并且被提供来用于形成模具中的供给部分(本质上为漏斗), 穿过它熔融金属成分将被浇注到模具型腔中。

[0065] 图2C的叶轮模型组件50然后用于形成陶瓷模具。图3A示出了用于构建陶瓷模具的工艺。叶轮模型组件50被浸渍到陶瓷浆料中多次, 并且在每次浸渍之后干燥组件上的浆料层。这样, 多层陶瓷材料被相继地沉积, 直到取得所需厚度的模具。通常, 采用5到10个层。

[0066] 接下来, 低熔点后盘20、叶轮模型30和供给构件40被熔化流出陶瓷模具, 如图3B中所示, 从而留下已准备好铸造的陶瓷模具60。如所示, 晶种构件10设置在模具60的型腔内。

[0067] 为了铸造涡轮叶轮, 通过适当的加热装置70预热嵌入有晶种构件10的模具60, 如图3C中左侧所示, 使得模具和晶种构件处于落入最小模具温度与最大模具温度之间的预定范围内的模具温度。加热装置70可为例如模具60在铸造工艺期间置于其内的炉子。模具温度范围被选择成使得最大模具温度低于将被浇注到模具中的熔融金属成分的固相线温度。在模具和晶种构件被如此加热至所需温度时, 熔融金属80被浇注到模具中, 直到模具大致充满(图3C的中部)。被浇注的熔融金属的温度高于预定的最大模具温度。一旦浇注完成后, 中断加热, 从而允许或使金属成分冷却和凝固。在金属冷却之后, 破坏陶瓷模具60, 从而留下叶轮铸件90(图3C的右侧)。

[0068] 依据本发明, 铸造工艺被控制成使得晶种构件的与熔融金属成分接触的部分通过与熔融金属成分接触而至少部分地熔化, 并且使得在冷却时, 围绕晶种构件的金属成分以通过晶种构件的等轴晶粒结构所析出状态的等轴晶粒结构凝固。这在图3D中示意性地示出。如所示, 晶种构件10因此在铸造工艺期间部分地或大幅地熔化, 使得只残留一部分未融化或熔化到叶轮的金属中的晶种构件。

[0069] 最后, 如图4中所示, 从叶轮本体被切除与供给构件40相对应的供给部分40', 并且从叶轮本体被切除晶种构件10的从叶轮轮毂突出的部分10'。叶轮然后准备好最终的精整操作并以适当方式附接至轴。

[0070] 总之, 依据本发明的工艺允许借助晶种构件在涡轮叶轮的厚轮毂区域中实现细微

晶粒结构,所述晶种构件以两种方式发挥作用:(1)作为“激冷销”,其定位在高容积质量的中心处,并且能够经由沿着其长度的传导而吸收和散发热量,以及(2)作为冷却期间周围液体金属的小晶粒成核场所的源。

[0071] 晶种构件在铸造工艺期间远低于液体金属的固相线温度,例如,在镍基超级合金比如因科镍合金(Inconel) 713C的情况下,晶种构件可处于大约1050℃到1150℃ (1920°F到2100°F)的温度。

[0072] 虽然不太可能贯穿叶轮轮毂的整个部分生成完全均匀的结构,但是使用晶种构件应该能够紧密接近之,使得机械性能在厚部中不会打折。

[0073] 金属/模具温度和晶种构件尺寸可以被设计成使晶种构件在凝固过程中大幅地溶解或者至少将任何晶种构件残留物限制于涡轮叶轮的中心线。

[0074] 大体如以上描述的工艺可用于从各种金属成分铸造涡轮叶轮。可预期的是,该工艺至少适用于镍基超级合金、钢和钴合金。

[0075] 在一具体实施例中,金属成分被选择为镍基超级合金,其包括(按wt%):

[0076] 8-15的铬;

[0077] 0-5.5的钼;

[0078] 1-3的铌+钽;

[0079] 5.4-6.5的铝;

[0080] 0-1.25的钛;

[0081] 0-0.2的碳;

[0082] 0-0.1的硼;

[0083] 0-0.1的锆;

[0084] 0-1的硅;

[0085] 0-0.1的锰;

[0086] 0-5的铁;

[0087] 不可避免的杂质;和

[0088] 其余的镍。

[0089] 在另一实施例中,金属成分被选择为钴合金,其包括(按wt%):

[0090] 25-30的铬;

[0091] 0-1的钼;

[0092] 2-15的钨;

[0093] 0.25-3.3的碳;

[0094] 0-3的铁;

[0095] 0-3的镍;

[0096] 0-2的硅;

[0097] 0-1的锰;

[0098] 不可避免的杂质;和

[0099] 其余的钴。

[0100] 在又一实施例中,金属成分被选择为钢,其包括(按wt%):

[0101] 0.1-1.1的碳;

- [0102] 0.3-1.1的锰;
- [0103] 0-0.04的磷;
- [0104] 0-0.04的硫;
- [0105] 0-0.35的硅;
- [0106] 0-0.1的氧;
- [0107] 0-2的镍;
- [0108] 0-1.1的铬;
- [0109] 0-0.3的钼;
- [0110] 不可避免的杂质;和
- [0111] 其余的铁。

[0112] 如前面已提到的,熔模铸造工艺的一关键方面是将模具和晶种构件预热至落入处于预定最小模具温度与预定最大模具温度之间的范围内的模具温度。在镍基超级合金比如因科镍合金713C的情况下,模具和晶种构件可被预热至大约1050℃到1150℃ (1920°F到2100°F),其远低于因科镍合金713C的大约为1260℃ (2300°F) 的固相线温度。

[0113] 获得了前述描述和相关联附图所呈现的教导的优点后,这些发明所属技术领域的技术人员将会想到本文所给出的发明的许多变型和其它实施例。因此,应该明白的是:本发明并不局限于所公开的特定实施例,并且变型和其它实施例旨在被包括在所附权利要求书的范围内。虽然本文中采用了特定的术语,但其仅仅是以通用的和描述性的意义来使用的,并非用于进行限制的目的。

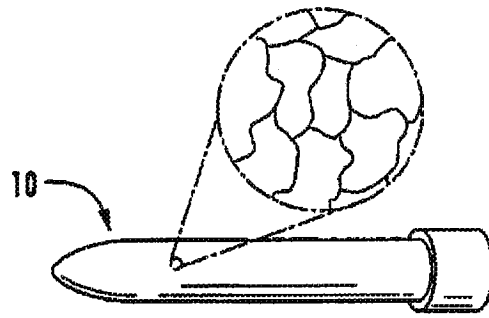


图1

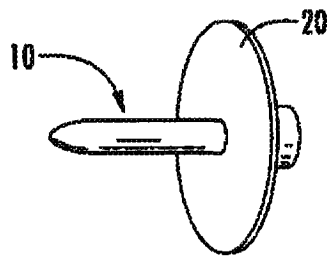


图2A

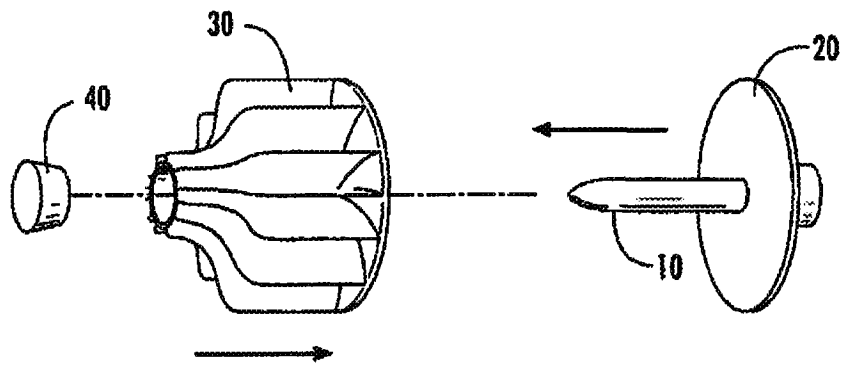


图2B

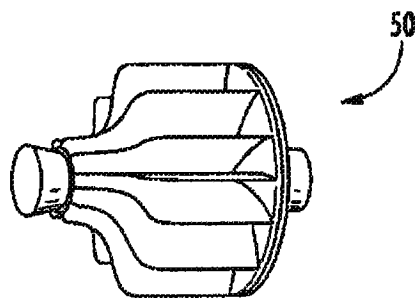


图2C

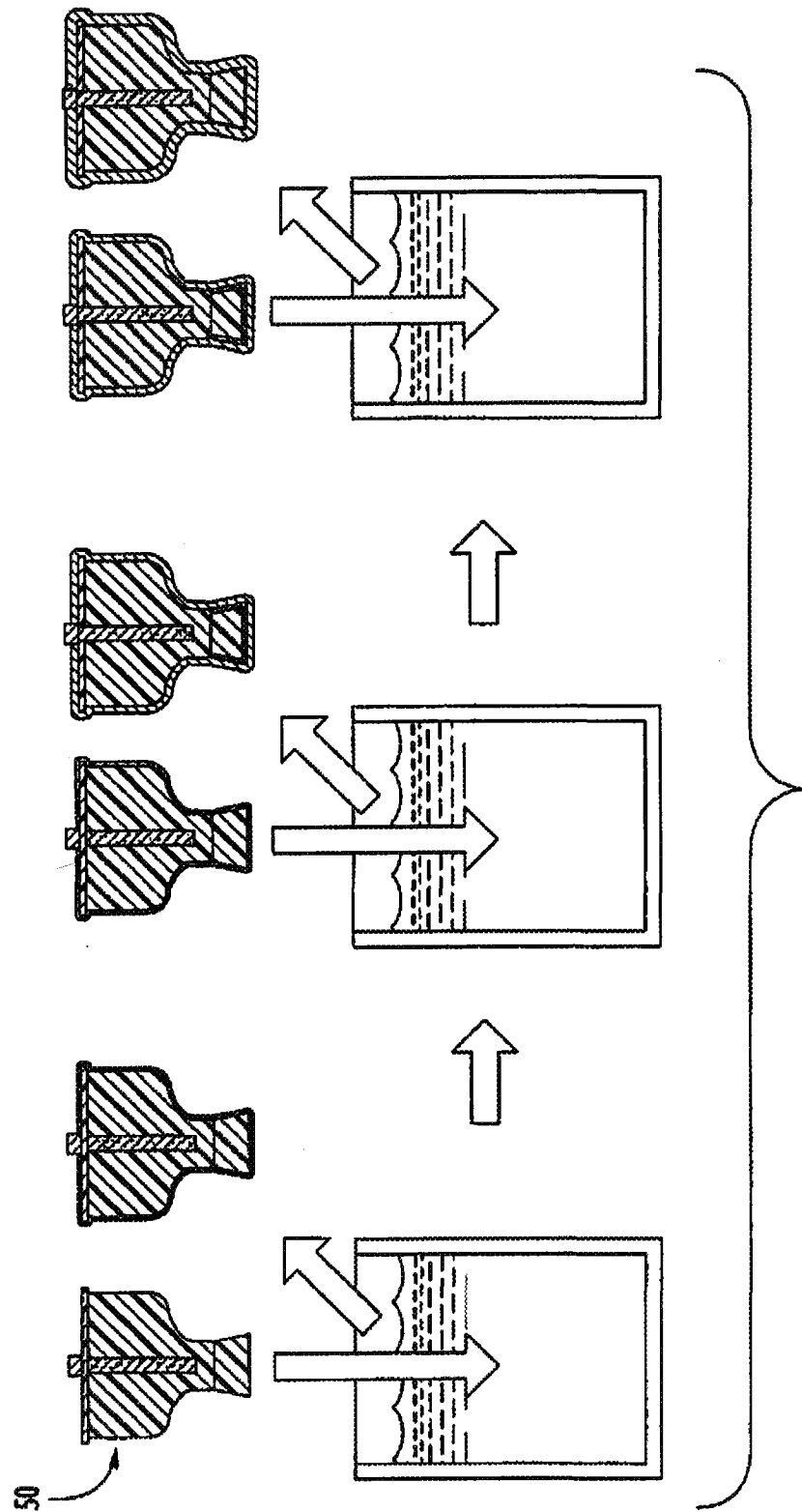


图3A

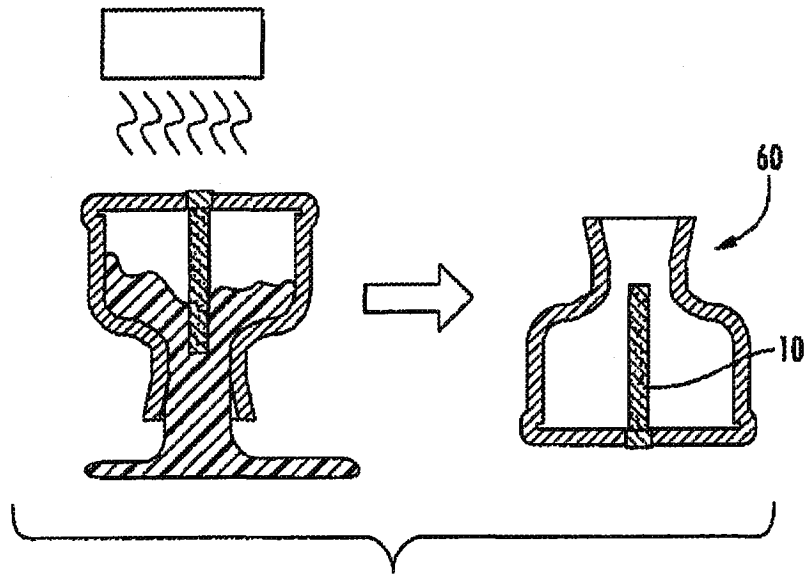


图3B

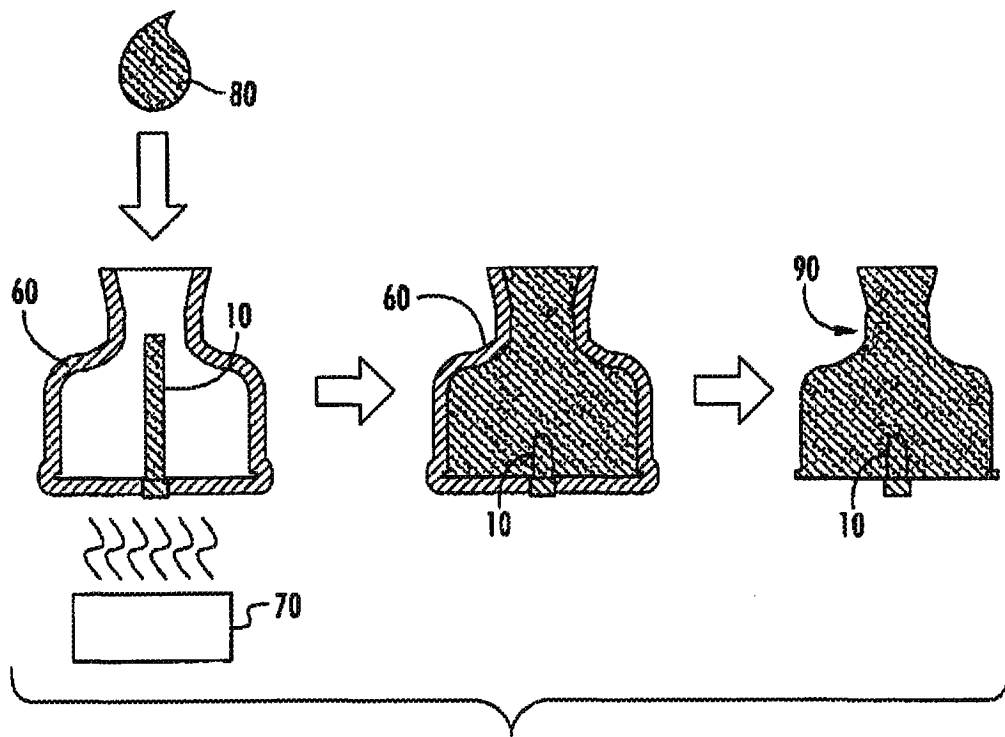


图3C

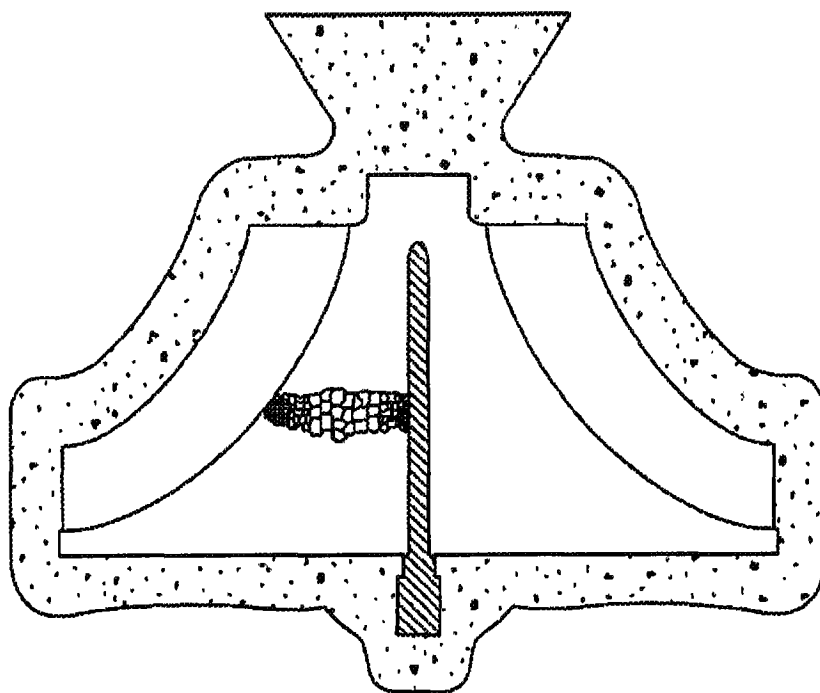


图3D

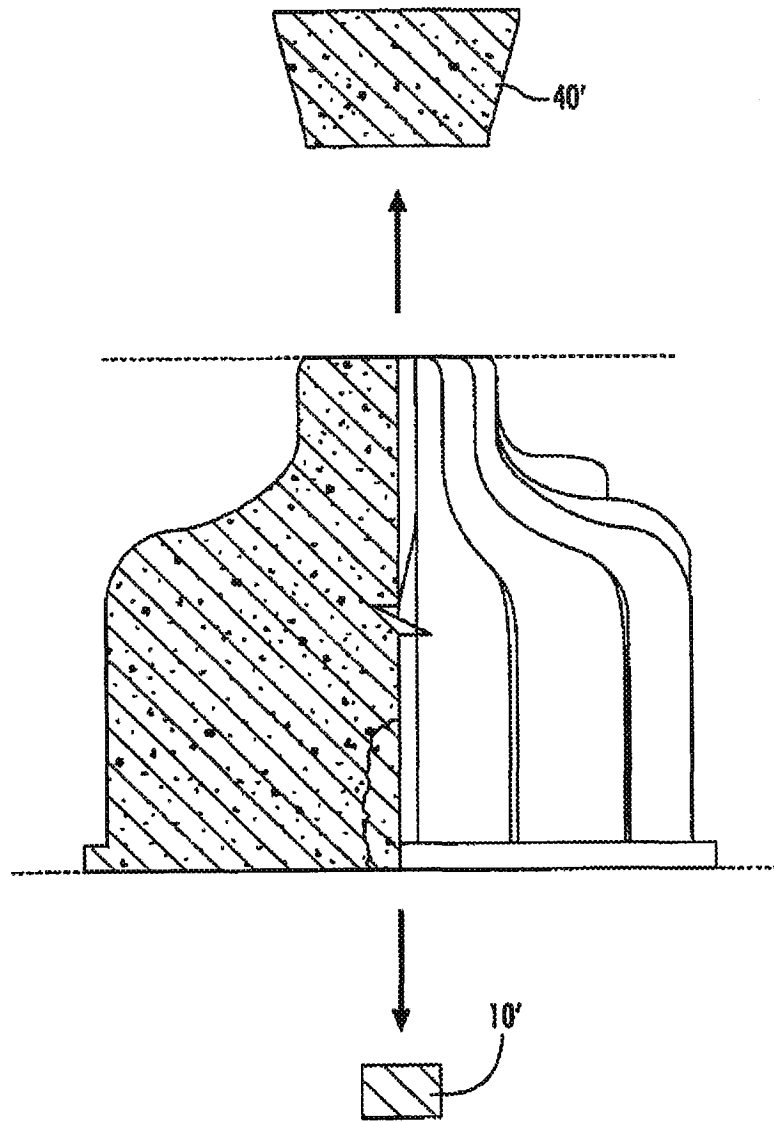


图4