



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105492142 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201480042531. 5

代理人 王立民 吴兰柱

(22) 申请日 2014. 08. 01

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

B22D 23/06(2006. 01)

1313849. 0 2013. 08. 02 GB

B22D 27/04(2006. 01)

1320168. 6 2013. 11. 15 GB

1320171. 0 2013. 11. 15 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 01. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2014/000303 2014. 08. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/015144 EN 2015. 02. 05

(71) 申请人 卡斯丁技术国际有限公司

地址 英国南约克郡

(72) 发明人 迈克尔·科尼利厄斯·阿什顿

詹姆斯·迈克尔·柯林斯

(74) 专利代理机构 北京维澳专利代理有限公司

11252

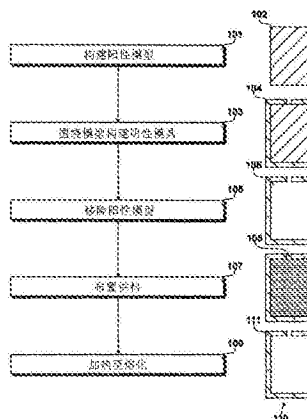
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

形成金属部件的方法

(57) 摘要

公开了一种形成金属部件的方法,其中供料初始处于粉末状态。部件的牺牲性阳性模型(102)被构建并且围绕所述阳性模型构建阴性模具(104),阴性模具由熔点高于待形成部件的金属的熔点的材料制造。牺牲性阳性模型从阴性模具中移除。金属粉末状的供料(108)被布置在模具内并且金属粉末被加热至高于金属粉末的熔点的温度,从而引起金属粉末在模具内熔化。



1. 一种由粉末供料形成金属部件的方法, 包括的步骤有:
由陶瓷材料构建部件的阴性模具, 所述陶瓷材料的熔点高于所述粉末供料的熔点;
将金属粉末的所述供料布置到所述模具内;
将所述模具置于具有感应加热系统的真空室内; 和
采用所述感应加热系统加热所述模具至高于金属粉末的熔点的温度从而将模具内的所述金属粉末熔化; 其中
所述感应加热系统包括颗粒状电纳材料。
2. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述阴性模具围绕部件的牺牲性阳性模型构建。
3. 根据权利要求2所述的方法, 其中所述构建所述阴性模具的步骤包括添加多个层至所述阳性模型的外侧。
4. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述采用所述感应加热系统加热所述模具的步骤包括产生微波能量的步骤。
5. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述颗粒状电纳材料由碳化硅颗粒组成。
6. 根据权利要求3所述的方法, 其中所述多个层包括插入至所述粉末供料的初级耐火浆体。
7. 根据权利要求3所述的方法, 其中多个层被涂覆作为可选湿浆体层随后为基本干燥的灰粉层并且所述可选湿浆体层与灰粉层包括基本类似的陶瓷材料。
8. 根据权利要求1所述的方法, 进一步包括的步骤有: 随着所述模具冷却并且所述模具内所容纳的金属的收缩, 将额外的液态金属供给至所述模具。
9. 根据权利要求8所述的方法, 进一步包括的步骤有: 将所述额外的液态金属供给至供料段直至头部水平以起到强迫熔融金属在冷却期间进入模具。
10. 根据权利要求9所述的方法, 进一步包括的步骤有: 为所述供料段提供通气芯并且允许陷于所述液态金属内的气体通过所述通气芯逃离。
11. 一种由粉末供料形成金属部件的装置, 包括:
由陶瓷材料构成的部件的阴性模具, 所述陶瓷材料的熔点高于所述模具容纳的所述粉末供料的熔点;
用于容纳所述模具的真空室, 该真空室装备有感应加热系统, 其中
所述感应加热系统包括颗粒状电纳材料并且被配置为加热所述模具至高于金属粉末的熔点的温度以利于模具内的金属粉末的熔化。
12. 根据权利要求11所述的装置, 进一步包括待形成的部件的牺牲性阳性模型, 所述阴性模具围绕该牺牲性阳性模型构建。
13. 根据权利要求11所述的装置, 其中所述颗粒状电纳材料由碳化硅颗粒组成。
14. 根据权利要求12所述的装置, 其中所述阴性模具通过向所述阳性模型的外围添加多个陶瓷层而围绕所述阳性牺牲性模型构建。
15. 根据权利要求11所述的装置, 其中所述感应加热系统包括微波辐射源。
16. 根据权利要求11所述的装置, 其中所述阴性模具包括具有高导热性的氧化铝材料构成。
17. 根据权利要求11所述的装置, 其中阴性模具限定出对应待生产的金属部件的部件段和用于随着所述模具冷却及其中的金属收缩向着所述部件段供给额外的液态金属的供

料段。

18. 根据权利要求17所述的装置,其中所述供料段从所述部件段开始垂直向上延伸并且所述部件段的顶部与所述头部水平之间的高度差大于所述部件段的高度的两倍。

19. 根据权利要求17所述的装置,其中所述供料段具有邻接所述部件段的第一端和从此处开始延伸并且开口以允许插入供料直至所述头部水平的远端。

20. 根据权利要求17所述的装置,其中所述供料段包括通气芯,所述通气芯透气以允许陷于所述供料段内的液态金属内的气体逃离。

形成金属部件的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年8月2日提交的英国专利申请号1313849.9、2013年11月15日提交的英国专利申请号1320168.6和2013年11月15日提交的英国专利申请号1320171.0的优先权,其全部公开内容通过引用的方式被完整包含在本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及由粉末供料形成金属部件的方法。

[0004] 本发明还涉及由粉末供料形成金属部件的装置。

背景技术

[0005] 粉末冶金是由粉末供料形成金属部件的已知方法。在已知的热等静压制(HIP)工艺中,粉末在钢铁模具中成形,钢铁模具被施加压力和温度。一般,氩气被用于提供50兆帕至300兆帕范围的等静压力。在此工艺中,材料温度被提高从而烧结粉末并引起颗粒熔合到一起。然而,已知的粉末冶金受到被加工产品的尺寸及其形状复杂度的限制。另外,这是一种高昂且费时的工艺。与更为传统的铸造工艺所生产的产品相比,这难于实现批量生产并且经常不能生产出所需尺寸和复杂度的产品。

发明内容

[0006] 根据本发明的第一个方面,提供了一种由粉末供料形成金属部件的前述类型的方法,包括的步骤有:由陶瓷材料构建阴性模具,所述陶瓷材料的熔点高于所述粉末供料的熔点;将金属粉末的所述供料布置在所述模具中;将所述模具置于具有感应加热系统的真空室中;和采用所述感应加热系统将所述模具加热至高于所述金属粉末的熔点的温度,使得所述金属粉末在所述模具中熔化;其中所述感应加热系统包括颗粒状的电纳材料。在一个实施例中,在将供料布置在模具中的过程中,能够引入一定程度的振动以利于供料在模具内的分散。

[0007] 在一个实施例中,还引入供料管,供料管内含有额外的液态金属用于随着模具的冷却和模具内所含金属的收缩而供给至模具。

[0008] 根据本发明的第二个方面,提供了一种上述类型的装置,包括:由陶瓷材料构成的部件的阴性模具,陶瓷材料的熔点高于容纳在模具中的所述粉末供料的熔点;用于容纳所述模具的真空室,该真空室装备有感应加热系统;其中所述感应加热系统包括颗粒状的电纳材料并且被配置为将所述模具加热至高于金属粉末的熔点的温度以利于模具内的金属粉末熔化。

附图说明

[0009] 图1示出了形成金属部件的方法;

[0010] 图2示出了构建阳性模型的步骤;

- [0011] 图3示出了用于生产模具的附加层；
[0012] 图4示出了供料的布置；
[0013] 图5示出了用于形成金属部件的装置；
[0014] 图6示出了供料段的横截面；
[0015] 图7示出了金属粉末加载后的图5的模具；
[0016] 图8示出了具有液态金属的图7的模具；
[0017] 图9示出了模具的部分横截面视图；
[0018] 图10示出了进一步冷却后的图9的视图；
[0019] 图11示出了一个可选结构的模具；
[0020] 图12表明了一个加热系统；
[0021] 图13示出了模具的一个可选实施例；及
[0022] 图14示出了浸入颗粒状电纳材料的模具。

具体实施方式

[0023] 图1

[0024] 一种由粉末供料形成金属部件的方法在图1中被表明。供料初始处于粉末状态(图4中详示)并且通过采用加热的方式(图12中详示)形成固态部件。在步骤101中,部件的牺牲性阳性模型102被构建。在步骤103中,由材料围绕阳性模型构建阴性模具104,构建阴性模具的材料熔点高于形成部件的材料熔点(图3中详示)。

[0025] 在步骤105中牺牲性阳性模型被移除从而在阴性模具的内部留下空隙106。

[0026] 在步骤107中金属粉末108的供料被布置在模具内。在步骤109中,加热110被施加至模具直至高于金属粉末的熔点的温度从而引起金属粉末在模具内熔化,由此在模具104内产生熔融金属111。

[0027] 在此用于形成金属部件的金属粉末108,在第一个实施例中,为由纯金属颗粒形成的粉末。然而,在可选实施例中金属粉末108为包括合金的颗粒。因此应当认识到,由所述金属粉末形成的金属部件能够由纯金属或者合金化合物组成。

[0028] 然而金属粉末需要根据已知的粉末冶金技术分级至特定的尺寸范围,例如热等静压、粉末冶金、金属注塑,等,本文所描述的方法对粉末颗粒的尺寸范围相对不敏感。唯一的要求在于金属粉末易于流入陶瓷模具。当模具限定的横截面具有小至0.5毫米的直径的情况下,通过例如气体物化生产的球形粉末将更为合适。在更大的模具横截面的条件下,即使通过压碎和碾磨生产的带角的粉末也能够填充模具,特别是当粉末的流动能够得到振动的辅助时,例如将结合图4所描述的。

[0029] 图2

[0030] 构建阳性牺牲性模型的步骤在图2中被表明。操作根据原材料201执行以生产阳性模型102。在第一个实施例中,能够根据合适的材料执行机加工操作以确定阳性模型的形状。然而,应当注意的是所采用的材料必须是能够移除牺牲性材料的类型从而限定阴性模具。

[0031] 可选择地,能够执行注蜡工艺203。在围绕蜡阳性模型构建模具后,能够通过加热的方式移除蜡。此方案在传统铸造系统中是已知的,此时同样需要在注入熔融金属之前对

模具进行加热。然而,在一个实施例中,模具能够允许冷却并且颗粒能够在室温条件下添加。

[0032] 可选择地,能够通过增材制造204的工艺生产阳性模具,例如通过合适的快速成型材料。材料能够通过加热和/或合适的溶解的方式被移除。

[0033] 图3

[0034] 在本实施例中,阴性模具,熔点高于待形成的部件的金属的熔点,为相对透气的陶瓷壳体。在一个实施例中,陶瓷模具通过添加多个层来制造,如图3所示。

[0035] 在图3所示的实施例中,层被添加为可选的湿浆体层及其后的基本干燥的灰粉层。

[0036] 浆体301被涂敷至模型102。干燥的灰粉302随后被涂敷将其自身黏附至湿浆体从而构建一个层。

[0037] 此过程被重复,如步骤303一般所示,结果层304被构建。因此,进行进一步的重复直至阴性模具104被构建至所需厚度。陶瓷模具104理想地应当具有相对薄的壁横截面从而允许来自于辐射热系统的辐射热在其中传递,以使得金属粉末能够被熔化。然而,壁横截面必须足够厚以防止加工期间的开裂或者破损,并且因此在构建模具时必须实现具有高热传导性但同时具有足够强度的折中。

[0038] 在一个实施例中,采用初级耐火惰性浆体插入至所采用的金属。类似或者不同材料的干沙随后被涂敷并且另外的浆体被涂敷,随后是沙、灰粉等。

[0039] 用于形成陶瓷壳体的多种合适陶瓷材料是已知的,例如二氧化硅和氧化铝。经过实验已经发现二氧化硅壳体并不具有足够高的热传导性以允许粉末金属在合适的时间范围内采用辐射热系统控制熔化。因此,在一个优选实施例中,采用由具有高热传导性的氧化铝材料构成阴性模具。具有高热传导性的其它类型的壳体材料也能够被采用,然而它们不能易于在熔融金属中分解,正如采用某些金属时石墨基模具所经受的。

[0040] 图4

[0041] 用于布置供料的步骤107在图4中被详细示出。阳性牺牲性模型102已经被移除,如步骤105所表明地。阴性模具104被置于振动台401上,其自身被静态基座402支撑。以此方式,随着供料108倍布置到模具104内,或者在布置完成后,引入一定程度的振动,如箭头403和404所示,以利于供料在模具内分散。高频振动,例如40至60赫兹,及例如0.10至0.15毫米的低振幅使得用于大型和复杂的金属部件的模具能够被很容易地填充。

[0042] 因此,被布置在模具内然后被加热,如步骤109所表明的。在一个实施例中,加热是在无压力条件下实施的并且模具被加热至引起供料熔化的温度。以此方式,能够获得接近100%密度而采用的工艺相比于已知系统而言具有较小的整体复杂性。加热不仅需要提高金属的温度,还需要完全熔化金属。因此,在纯金属条件下,一般加热至高于金属熔点大约50摄氏度,或者在合金条件下高于液态温度。

[0043] 在一些已知系统中,污染物经常通过容器引入并且当采用钛时这是一个突出问题。采用固态扩散的工艺导致容器经受与其内部容纳的材料类似的环境。因此,即使机加工消除后,仍然可能残留显著的材料混合物层。因此,需要额外的处理以获得所需结果。

[0044] 已经认识到采用金属粉末作为供料能够生产具有所需性能的产品。对于微结构来说存在非常均匀的趋势,这能够提高强度和疲劳性能。此类型的性能能够通过锻造操作提供,但众所周知的是,锻造导致高水平的浪费的产生并且因此提高了整体成本。类似地,铸

造工艺领域一般为50%；当贵重合金被采用时再次提高了成本，这成为一个重要因素。

[0045] 图5

[0046] 用于由粉末供料形成金属部件的装置在图5至图12中被表明。如前所述，牺牲性阳性模型被构建然后阴性模具围绕阳性模型构建，构建阴性模型的材料熔点高于形成材料的金属熔点。因此，这造成阴性模具的构建，优选陶瓷模具501。

[0047] 牺牲性阳性模型从阴性模具501移除。该装置进一步包括用于将金属粉末状的供料布置在模具501中的布置装置，和用于将金属粉末加热至高于金属粉末的熔点从而引起金属粉末在模具中熔化的加热系统。

[0048] 模具501的一个示例在图5中以横截面的方式被表明。模具501包括对应待生产的部件的部件段502和供料段503。供料段503限定出一般为圆柱形的通道504，其能够包括如图6所详细示出的向内延伸的单元。供料段第一端邻接所述部件段并且朝着远端垂直向上延伸，远端开口以允许插入供料直至头部水平。

[0049] 供料段被提供的原因在于当金属从它们的熔融液态开始冷却时，它们的体积随着温度下降至凝固点而降低。因此，供料段被用于提供额外的液态金属至模具以补偿收缩凹陷，否则收缩凹陷将会随着铸件冷却而形成在铸件内部的一个或者多个热中心。供料段的体积因此由需要提供的足量的液态金属决定以补偿金属随着冷却而造成的体积减小。两个因素会影响供料效率：首先，供料段内的金属静态压力，及其次由周围环境施加到供料段的液态金属表面的压力。供料段内的金属静态压力头起到强迫熔融金属进入模具段的作用，随着模具段内所容纳的金属冷却及体积减小。

[0050] 熔融金属的头部应当保持熔融状态至少直至部件段内的金属完全固化。为了阻止冷却过程中热能从供料段内部向着供料段外部传导并且因此保持供料段内的金属处于本身的熔融状态，供料段的壁应当具有与部件段的壁相比相对低的热传导性。供料段因此能够由与所述部件段不同的陶瓷材料构成并且能够包括隔热或者放热陶瓷粉末。可选择地，供料段能够被包绕在隔热材料中以确保它们晚于部件段固化并且确保供料段头部内的熔融金属保持熔融状态从而任意环境压力效果将起到供料的作用。

[0051] 为了最大化金属静态压力，供料段头部应当尽量实际并且经济上可行地抬高从而最大化金属静态压力。

[0052] 为了进一步改善部件段内的熔融金属的排气并且提高施加到熔融金属的压力，一个或者多个通气芯能够被提供穿过供料段朝着部件段向下延伸。这些通气芯能够是透气的铅笔形陶瓷管并且其渗透性允许外部压力施加至供料段的热中心内的液态金属，并且允许陷于液态金属内的气体逃离。一种以向内延伸的单元的形式存在的特定的通气芯将结合图6进行进一步描述。

[0053] 在一个实施例中，陶瓷模具初始处于室温，因此它处于已知并且相对恒定的温度；将模具被加热后的情况与模具的自然温度相比，当材料被添加时，能够在相对宽的可能温度范围内降低。然而，在一个实施例中，当作为初始温度和熔化温度的温度已知时，实际上能够计算供料段内所需粉末的体积。因此，最佳量的材料能够被保持在供料段内以补偿整个工艺期间30%至35%的体积收缩。

[0054] 贯穿水平面503的模具的横截面视图在图6中被表明。

[0055] 图6

[0056] 供料段503限定出大致圆柱状的通道504。通道504包括一个通气芯,在此由向内延伸的单元505提供,单元505透气并且从由供料段限定的大致圆柱状的通道504的内表面506开始向内朝着圆柱状通道的中部延伸。在一个实施例中,向内延伸的单元505大致为楔形,具有相互成锐角布置的面,从而形成靠近通道504的中部的锋利边缘507,并且由与形成供料段的相同材料形成。

[0057] 在一个实施例中模具位于真空炉腔的内部以熔化模具内的金属粉末。在此处理过程中,向内延伸的单元提供了允许炉腔内的空气在金属部件冷却期间进入供料段内的熔融金属的路径,以允许陷于熔融材料内的气体被释放。向内延伸的单元因此起到通气芯的作用,它的渗透性允许向供料段头部的热中心内的液态金属施加压力并且允许气体从部件内和模具的供料段内的熔融金属逃离。

[0058] 图7

[0059] 模具501在图7中被示出,在步骤107中装载金属粉末108。金属粉末被倒入供料段503的开口端702直至头部水平,并且振动(如结合图4所描述的)以压实金属粉末108。在一个实施例中,供料段填充金属粉末直至所述供料段的顶部。然后模具被振动,导致供料段内的金属粉末的上表面703变得更低,与振动之前的粉末水平相比。

[0060] 在一个实施例中,金属粉末由大致球形的颗粒形成。因此,即使在振动压实后,接近25-30%的粉末108所占据的体积包括颗粒之间的间隙。在一个可选实施例中,其它形状的颗粒能够被布置,单独或者与球形颗粒组合。此类型的颗粒包含物能够降低粉末内间隙所占据的体积。

[0061] 图8

[0062] 模具501在图8中被示出,金属粉末108已经熔化以形成液态金属801。

[0063] 液态金属的上表面802与粉末的表面703相比已经在供料段内下降。然而,在本实施例中,供料段内的熔融金属801的高度大于对应被生产的金属产品的模具的段的高度的两倍。模具的对应待生产的部件的部件段的高度以箭头803指示并且供料段503内的熔融金属801的高度以箭头804指示。因此,在此实施例中,由箭头804指示的高度大于由箭头803指示的高度的两倍。

[0064] 由于供料段内的熔融金属的重量的人在熔融金属内产生压力。通过引入相对高的供料段熔融金属,能够在模具内的熔融金属内产生足够的压力以确保熔融金属被强迫进入模具表面的微小细节。

[0065] 图9

[0066] 模具501的部分横截面视图在图9中被表明。随着模具的冷却,来自于熔融金属的热量通过模具的壁传导。结果,熔融金属的外侧将首先固化,且固化进程朝着向内方向持续进行。

[0067] 在图9的示例中,区域901,临近模具的壁,处于结晶过程,然而远离壁的部分金属仍然为液态。在固化期间,金属一般以大约7%的体积收缩并且因此在熔融金属内部形成间隙902。

[0068] 图10

[0069] 当间隙被熔融金属包围时,在重力作用下将落入间隙,导致间隙在模具内显示出上升。

[0070] 在一个实施例中,供料段被布置使得间隙上升进入供料段并且供料段内的金属落入模具以确保模具被完全填充。

[0071] 在图10所示出的实施例中,间隙902合并形成上升至供料段的单个间隙1001。

[0072] 一般,间隙,例如间隙1001,将限定出包含真空的一个空间体积。然而,这些间隙能够包含一些陷于模具内的熔融金属内的气体。在一个实施例中,向内延伸的单元506提供了陷于供料段内的熔融金属内的气体逃离的路径。该向内延伸的单元能够实现此功能的原因在于它是相对良好的隔热体(与金属本身相比)并且它延伸进入供料段内的金属的熔融核内部。另外,该单元是透气的。

[0073] 图11

[0074] 结合图5至图10描述的模具具有单个供料段,该供料段提供接收粉末进入模具的路径,同时还提供金属静态头部用于在模具中产生更高的金属静态压力。然而,在一个可选实施例中,能够提供一个或者多个额外的供料段;独立于提供金属静态压力头的供料段。

[0075] 图11所示出的示例中模具1101具有对应待生产的金属产品的低段1102。另外,模具具有第一供料段1103、第二供料段1104和第三供料段1105。

[0076] 第二供料段1104与图5中示出的供料段503大致相同,高度大于段1102的高度的两倍并且在它的上端存在开口1106用于接收粉末金属1107。

[0077] 第一供料段1103和第三供料段1105与第二供料段1104类似,区别在于它们的高度基本小于第二供料段1104的高度。另外,它们的上端被盖住使得这些端被完全封闭。

[0078] 第一供料段1103和第三供料段1105包含向段1102供给的粉末金属。它们同样限定出一个通道,用于接收在冷却过程中熔融金属中形成的间隙。然而,金属静态压力由第二供料段1104提供。初始开口的供料段能够形成在模具上并且随后被粘合到位的盖子封闭。可选择地,供料段能够在模具生产期间形成具有封闭的上端。

[0079] 图12

[0080] 用于由粉末供料形成金属部件的装置的实施例在图12中被示出。在本实施例中,感应加热系统包括一个电磁能量源,例如线圈1207用于由电源产生射频能量,和用于控制电源以控制温度的控制电路。该装置进一步包括颗粒状的电纳材料,其在本实施例中被模具501的壁所容纳。

[0081] 颗粒状电纳为优选的电纳材料形式,因为这使得电纳获得与加热的模具的形状相同的轮廓。在一个实施例中由陶瓷材料形成耐火管,形状与它要加热的模具的形状相对应。该管随后填充颗粒状电纳材料从而起到将热量辐射至相邻的模具的作用。这提供了一种非常通用的感应器元件,否则在采用固态感应块时是不可能实现的,固态感应块难于加工至合适形状。在一个特定实施例中,参考图14描述,颗粒状感应材料形成了一个松散的床,模具被整个浸入其中,因此确保了感应器与模具之间的紧密接触和热能的传导效率。

[0082] 本发明的一个实施例配置用于将炉腔内的压力降低至低于大气压力的降压装置。此装置的一个示例在图12中示出。需要降压以减少来自于周围环境的污染。然而,虽然能够获得极低压力,炉腔内需要保持蒸汽压力以防止熔融金属蒸发。

[0083] 该装置,一般以1201指示,具有真空炉1202。真空炉具有真空密封罐1203,真空罐1203具有耐火炉衬1204,限定出真空室1205。

[0084] 罐1203具有门1206,用于提供进入室1205的入口,借此允许室装载和卸载模具,例

如模具501。

[0085] 在一个实施例中,真空炉1202具有连接至合适的供电源1208的射频线圈1207。一般地,射频线圈由钼形成,但真空炉的完整规格参数取决于工艺处理中所采用的金属和合金的特定类型。另外,规格参数还取决于所形成的金属产品的需要。

[0086] 在一个实施例中,真空炉,它的辐射源和能量源被选择时的炉室能够提高至超过2000摄氏度的温度。具有这些能力的炉具是能够商业获取的,一般出于提供热处理操作的目的。

[0087] 室1205连接至真空系统1209以排出室内空气,使得室内压力能够降低至基本低于大气压的水平。

[0088] 室205具有连接至惰性气体源的入口端1211。在一个实施例中,具有压缩氦气的箱体1212能够与具有压缩氩气的箱体1213组合提供。

[0089] 装置1201还包括风扇1214,风扇1214具有连接至室1205的出口端1210的入口和连接至入口端1211的出口。在一个实施例中,氦气被提供至室1205达到预定压力并且该气体通过风扇1214实现循环以为容纳在该室内的模具提供冷却气流。

[0090] 温度传感器1215位于室内并且在一个优选实施例中与模具接触从而位于室内的模具中的粉末或者熔融金属的实际温度的指示信号。该装置还包括真空压力表1216,被配置提供室内的真空压力的指示。

[0091] 在一个实施例中,真空压力表1216与温度传感器1215被布置为向控制器1217提供指示室的压力和温度的信号。控制器被布置操纵电阻加热元件1207和真空系统1209的电源1208,响应从表1216和传感器1215接收的信号。在一个实施例中,控制器1217为编程计算机系统或者微处理器。

[0092] 图13

[0093] 本发明的一个可选实施例在图13中以1301示出。为形成金属部件,模具1302被填充金属颗粒1303。电磁辐射源1304被提供并且电纳材料被配置为响应接收到的电磁辐射而产生热量并且加热金属颗粒1303。已经确定的是当采用感应热加热陶瓷模具中的金属粉末时,感应场与粉末金属本身的匹配性太弱而无法将其熔化。本发明的陶瓷模具,不像传统金属模具那样对于感应场具有相对穿透性并且因此本身不会被加热。因此,当采用感应场加热时,辐射感应器是优选的。感应器的材料被选择为吸收感应场的能量并且向着陶瓷模具辐射红外线能量。这导致陶瓷模具被加热,其随之加热其中所容纳的金属粉末。

[0094] 在一个实施例中,电磁辐射为微波辐射并且所述装置进一步包括微波辐射源,为微波发生器的形式。微波辐射为优选的能量类型因为它能够高效地产生并且容易导向。当采用微波能量时优选感应器材料为碳化硅。碳化硅较很多其它感应器材料更不容易发生热降解并且它一般能够被加热至超过3000摄氏度的温度。在以1301示出的实施例中,颗粒状电纳材料被包含在模具1302自身中然而,也能够单独提供颗粒状电纳物质,在图14所示出的一个基本类似的构造中。

[0095] 图14

[0096] 形成金属部件的一个可选实施例以1401示出。模具1402容纳金属颗粒1403。源1404发射导向容器1405的电磁辐射。容器1405对于源1404发射的辐射基本具有穿透性并且电纳材料1406被容纳在容器1405中,包围模具1402。在所表明的实施例中,电纳材料1406为

右碳化硅颗粒组成的颗粒状微粒材料。在一些应用中优选颗粒状电纳材料因为它允许感应热被实质性地施加至模具。在所表明的实施例中,容器1405填充有电纳材料颗粒1406并且模具1402被置于容器内从而部分或者全部浸入颗粒状电纳材料1406。通过将模具1402浸入电纳材料1406不仅能够使热能高效地从电纳材料1406传导至模具1402的表面,而且还能使模具1402被电纳材料1406支撑,借此降低装载金属粉末1403时模具开裂的风险。

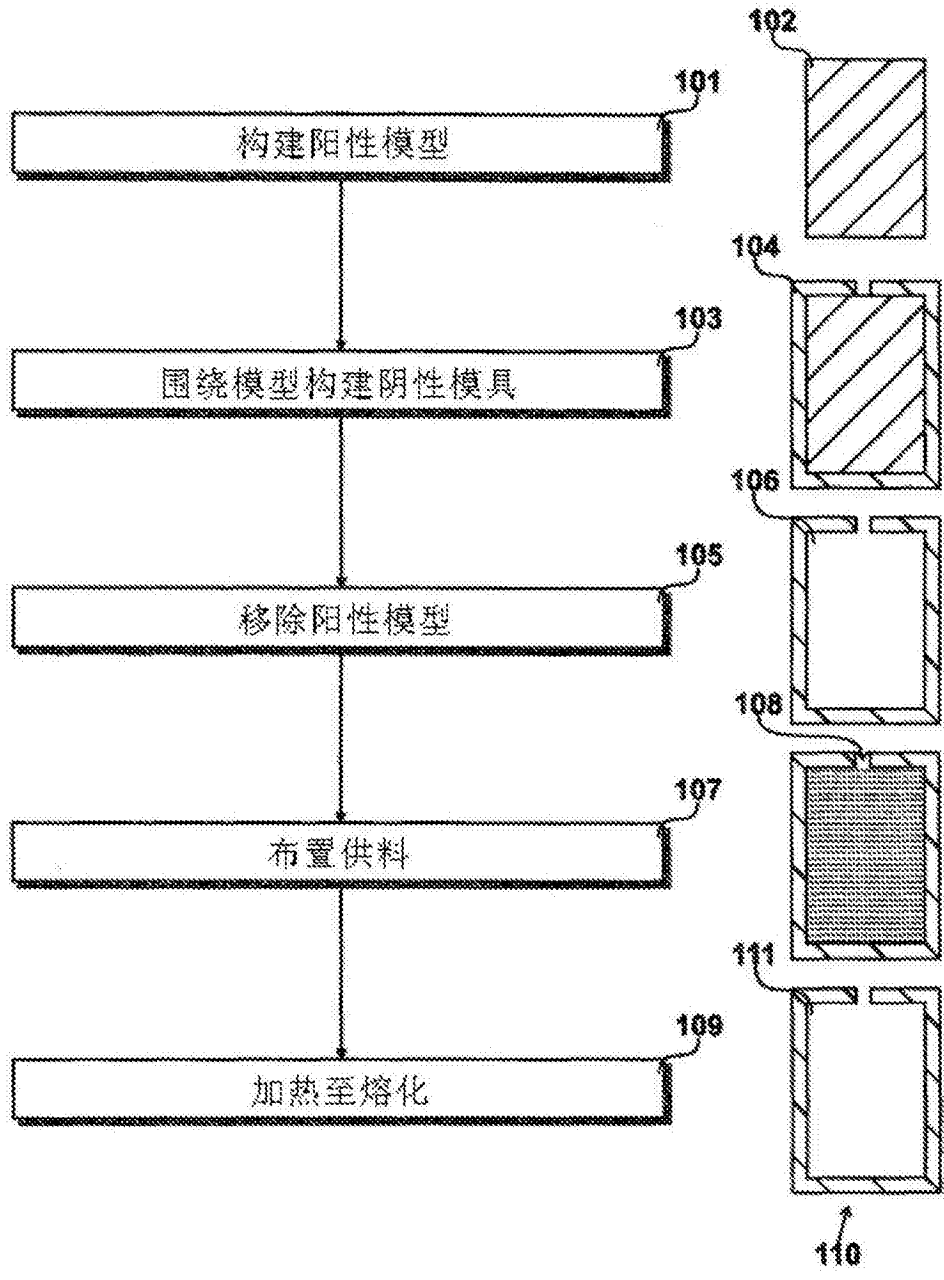


图1

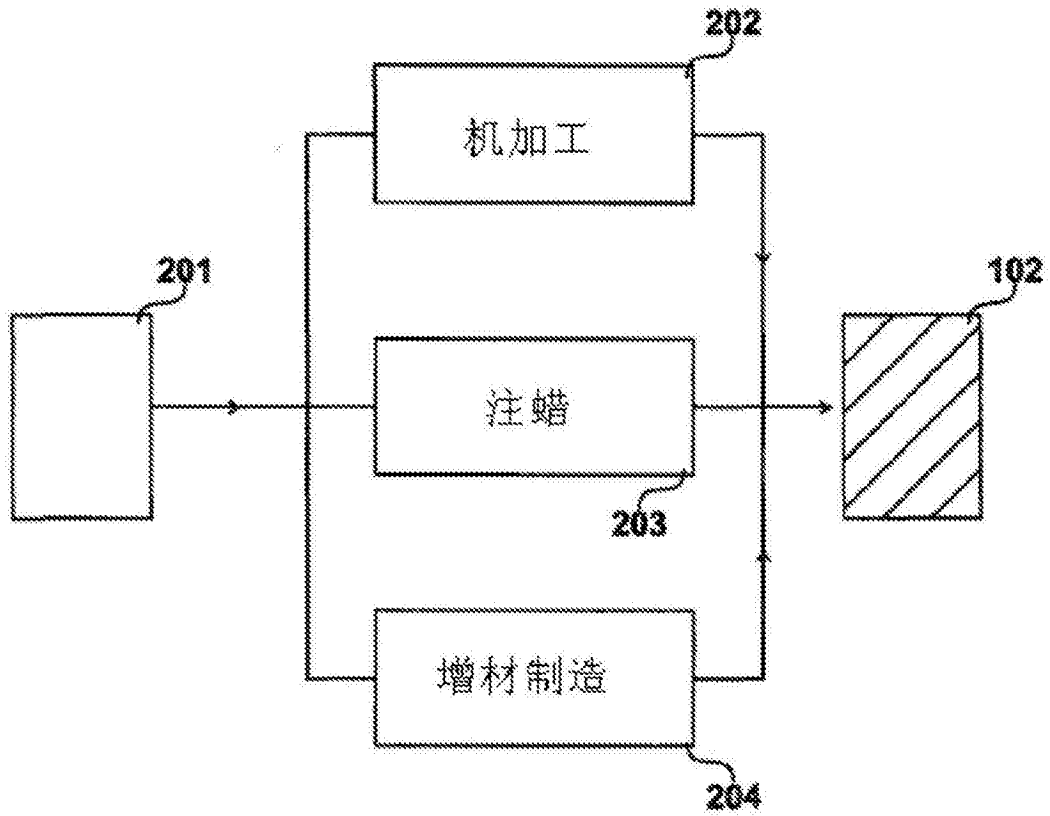


图2

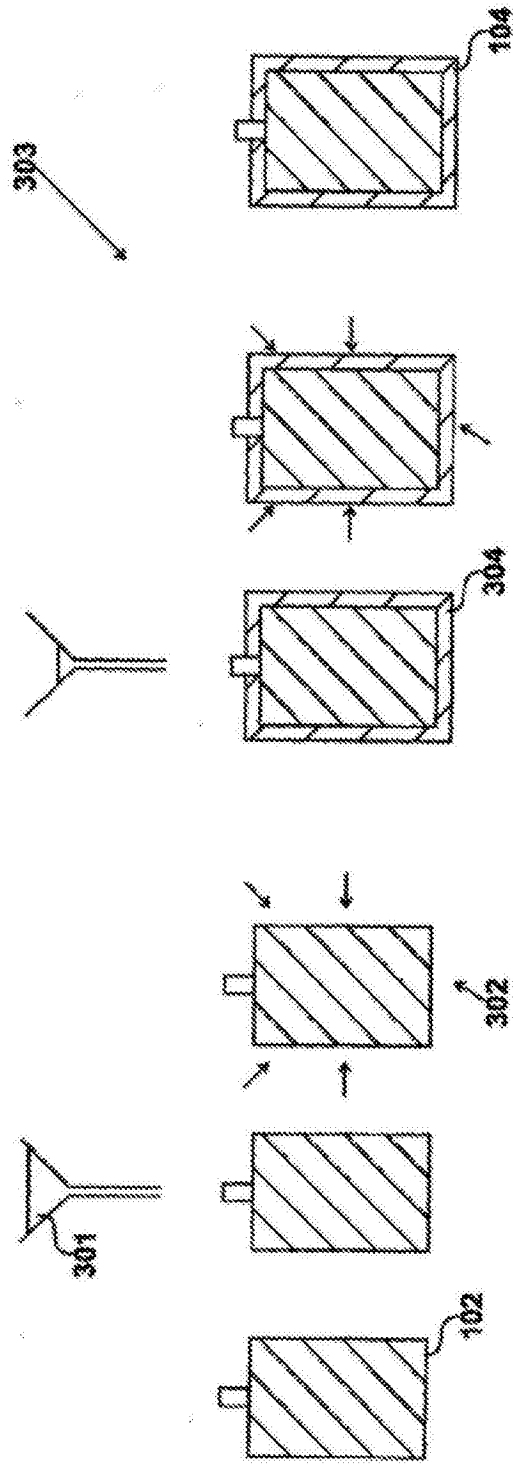


图3

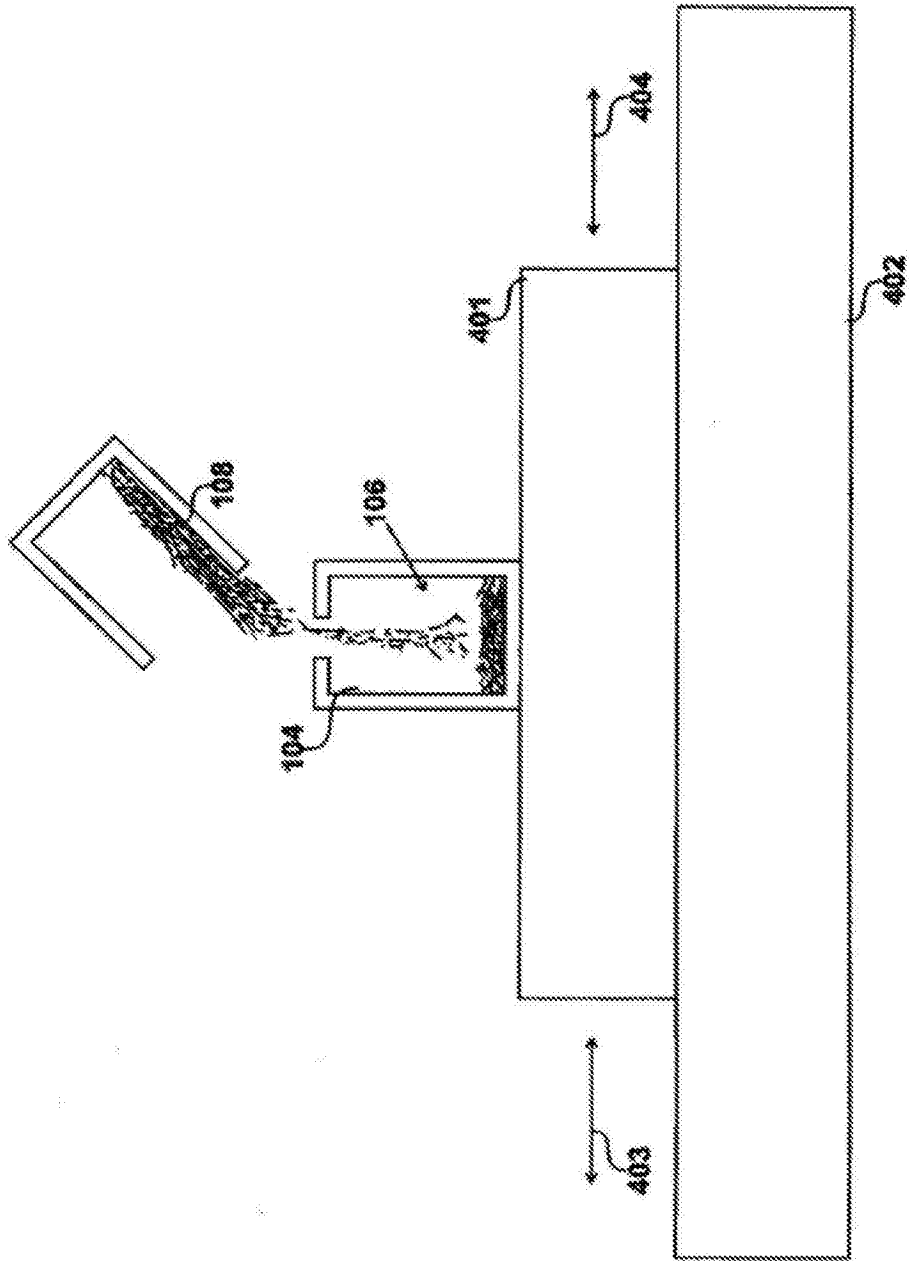


图4

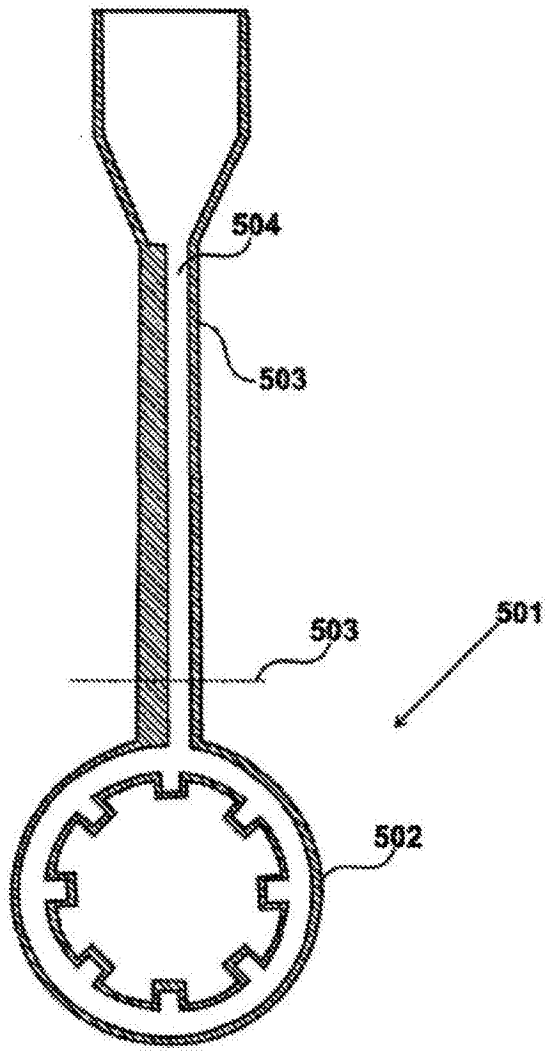


图5

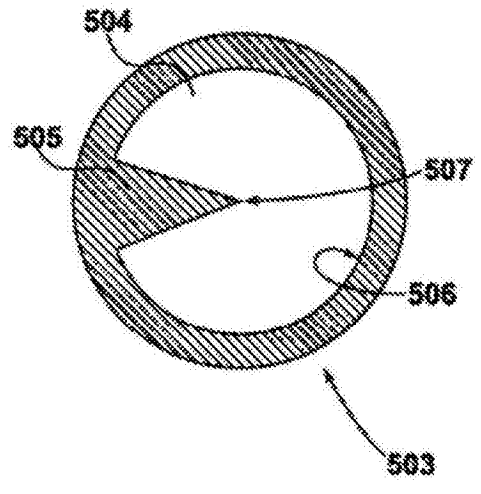


图6

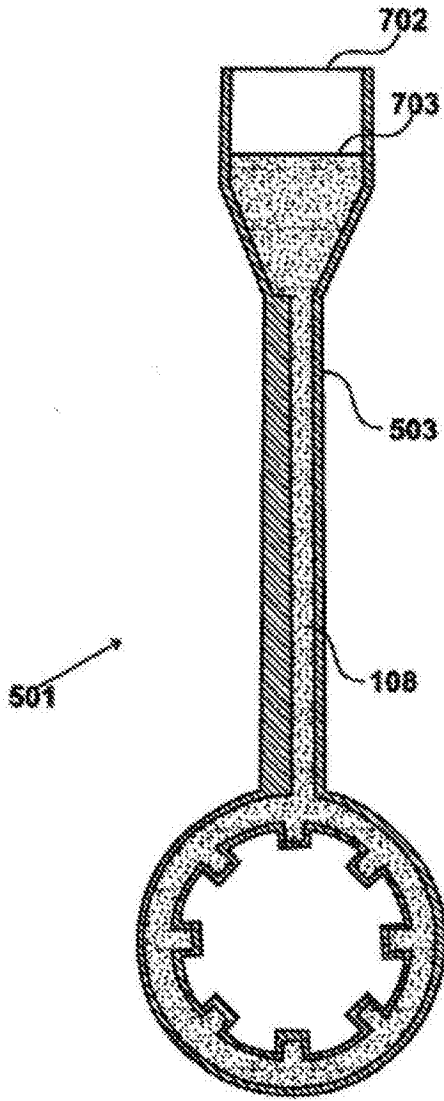


图7

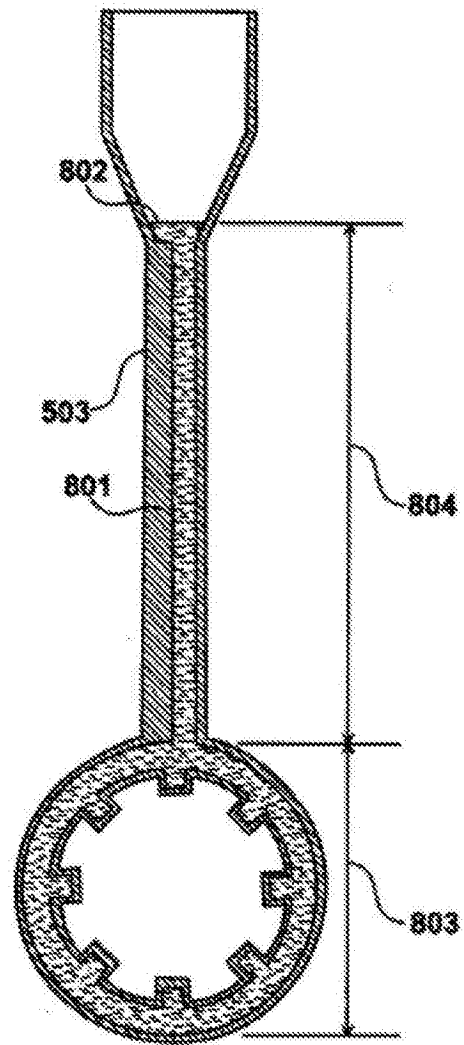


图8

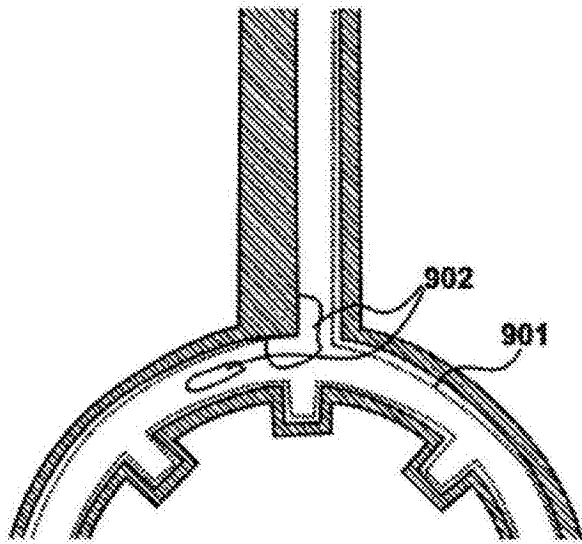


图9

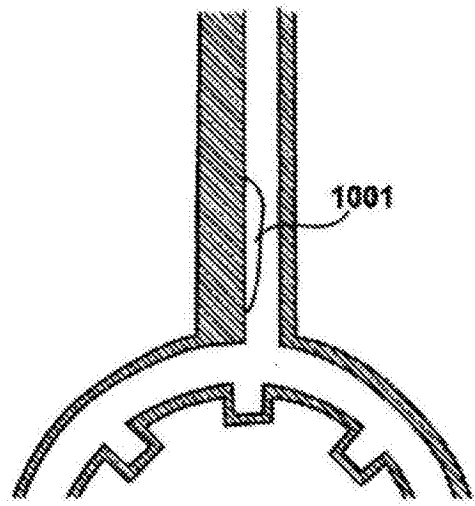


图10

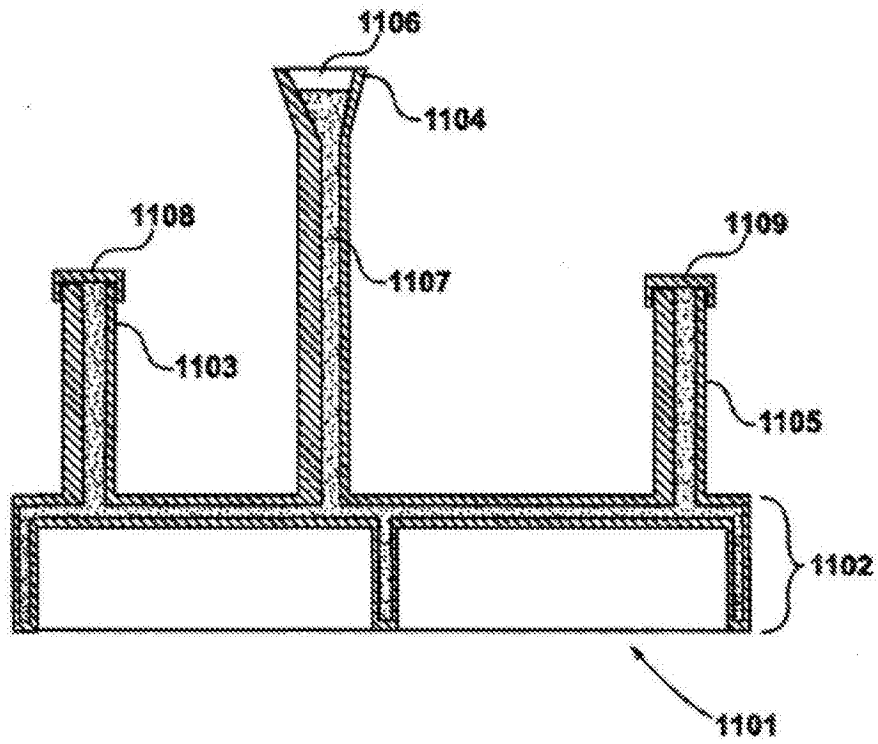


图11

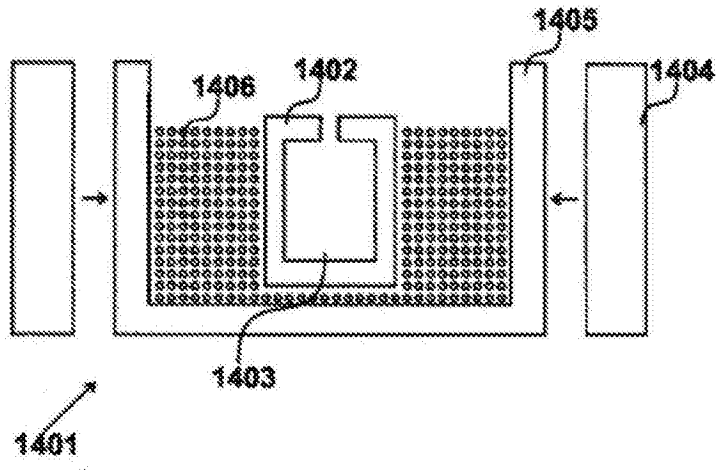


图14