



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101096048 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 05

(21) 申请号 200710127108. 7

CN 1165395 C, 2004. 09. 08, 说明书第 1-7

(22) 申请日 2007. 06. 28

页.

JP 特开 2004-74202 A, 2004. 03. 11, 全文.

(30) 优先权数据

11/427, 105 2006. 06. 28 US

审查员 陈志红

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·S·邦克 C·U·哈德维克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 温大鹏 杨松龄

(51) Int. Cl.

B22C 23/02 (2006. 01)

B22C 9/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5735335 A, 1998. 04. 07, 全文.

US 5746966 A, 1998. 05. 05, 全文.

US 5890656 A, 1999. 04. 06, 全文.

US 6505673 B1, 2003. 01. 14, 全文.

US 6786982 B2, 2004. 09. 07, 全文.

US 2004/0244936 A1, 2004. 12. 09, 全文.

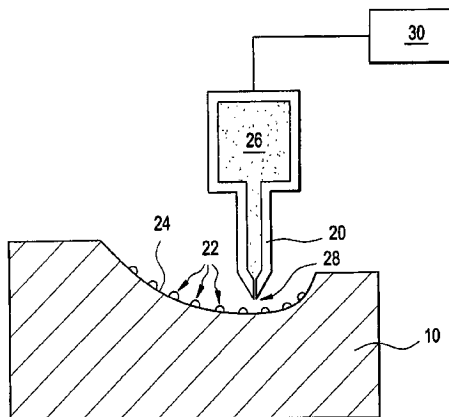
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

用于形成铸造模具的方法

(57) 摘要

这里披露的是用于形成铸造模具 (8、10) 的方法。在一个实施例中,用于形成模具 (8、10) 的方法包括铸造具有空腔表面 (24) 的模具 (8、10), 在空腔表面 (24) 上形成表面特征, 其中表面特征包括混合物 (26) 并热处理混合物 (26)。在另一实施例中披露一种物品。



1. 一种制造具有表面特征的铸造工件的方法,包括:

提供第一金属模具 (2、4);

使用陶瓷合成物以及选自包括滑模铸造、凝胶铸造、砂型铸造、石膏铸造、模压铸造、注射模制、浆体注射、压缩粉末成形、反应成形、胶体成形、冷等静压、热等静压的组以及包括滑模铸造、凝胶铸造、砂型铸造、石膏铸造、模压铸造、注射模制、浆体注射、压缩粉末成形、反应成形、胶体成形、冷等静压、热等静压的至少一种的组的铸造工艺,在所述金属模具 (2、4) 中铸造陶瓷模具 (8、10);

加热陶瓷模具 (8 ;10);

将陶瓷模具 (8、10) 从金属模具 (2、4) 移除,并且通过在陶瓷模具的空腔表面上沉积混合物 (26) 来在空腔表面上形成表面特征;

热处理混合物 (26);

将铸造材料引入到具有表面特征的陶瓷模具内,以形成铸造工件,使得铸造工件带有表面特征。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,还包括使用直接写入沉积工艺经由设备的喷嘴 (28) 挤出混合物 (26)。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,还包括控制喷嘴 (28) 的运动以及混合物 (26) 经由喷嘴 (28) 挤出的流速的步骤。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,表面特征选自包括图案、滴、涂抹、层、线条、形状的组和包括图案、滴、涂抹、层、线条、形状的至少一种的组合。

5. 一种形成模具的方法,包括:

形成硬模 (2、4);

使用陶瓷合成物以及选自包括滑模铸造、凝胶铸造、砂型铸造、石膏铸造、模压铸造、注射模制、浆体注射、压缩粉末成形、反应成形、胶体成形、冷等静压、热等静压的组以及包括滑模铸造、凝胶铸造、砂型铸造、石膏铸造、模压铸造、注射模制、浆体注射、压缩粉末成形、反应成形、胶体成形、冷等静压、热等静压的至少一种的组的铸造工艺,在硬模 (2、4) 中铸造陶瓷模具 (8、10);

加热陶瓷模具 (8、10);

将混合物 (26) 挤出到陶瓷模具 (8、10) 的空腔表面 (24) 上以便在其上形成表面特征,其中混合物 (26) 是使用直接写入沉积工艺经由设备的喷嘴 (28) 挤出;以及

热处理混合物 (26)。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,还包括控制喷嘴 (28) 的运动以及混合物 (26) 经由喷嘴 (28) 挤出的流速的步骤。

7. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,表面特征选自包括图案、滴、涂抹、层、线条、形状的组和包括图案、滴、涂抹、层、线条、形状的至少一种的组合。

8. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,混合物选自包括金属、陶瓷的组以及包括金属、陶瓷的至少一个的组合。

用于形成铸造模具的方法

技术领域

[0001] 本发明总体涉及铸造,并且更特别是涉及制造用于铸造过程的模具。

背景技术

[0002] 铸造过程广泛用于物品的形成。通常,铸造过程可描述为其中可流动材料引入模具,使其在其中固化并且接着以固体形式取出的任何过程。示例性铸造过程包括熔模铸造、滑模铸造、凝胶铸造、砂型铸造、石膏铸造、模压铸造、注射模制、浆体注射、粉末成形(压缩)、反应成形、胶体成形、冷等静压、热等静压等。但是特别熔模铸造被广泛利用,这是由于与其它铸造方法相比,熔模芯可以使得铸造物品的形成具有更多的细节,并且可以更加有效地制造铸造模具。

[0003] 熔模铸造方法起始于制造牺牲蜡模,牺牲蜡模包括与所需铸造零件类似的几何形状。蜡模通常由经由蜡注射模制过程注射到金属模具内的熔模铸造用蜡制成。一旦蜡模制成,它组装到其它蜡部件上以便形成铸造材料将流过其中的浇口和浇道系统。整个蜡组件接着浸入陶瓷浆体、涂覆浆砂并且使其干燥。浸入和涂覆浆砂过程重复直到获得所需壳体厚度为止(例如,大约6-10mm(0.25-0.675in))。一旦陶瓷干燥,整个组件放置在蒸汽压热器内,以便去除大部分的蜡。在压热之后,如果另外的蜡保留在壳体内,它在炉子内(例如大约400℃)烧尽。此时,蜡模以及浇口和浇道系统的型腔保留在陶瓷模具中。模具接着预热到特定温度,并且填充熔融金属,金属在其中固化,形成金属铸件。一旦铸件充分冷却,模具壳体从铸件上剥离。接着,从铸件上切去浇口和浇道,并且铸件任选地进行最后处理操作(例如喷砂、加工等)。

[0004] 在可选择的过程中,陶瓷模具可形成例如模具半件的区段或者甚至多个区段,这些区段可以组装在一起以便形成最终模具。有利的是模具可拆卸以便从中取出铸件,从而多次利用模具。

[0005] 虽然熔模铸造可提供改进的细节,并可以使用浸入过程形成铸造模具,但是熔模铸造过程以及其它陶瓷模具形成工艺不足以复制细微表面结构。例如,具有包括复杂细节和/或相对小的细节(例如包括具有小于或等于大约0.001英寸的高度的线条的图案)的例如图案、突出部和/或文字的表面特征和/或纹理的熔模芯体通常在模具热处理之后不能很好复制(例如不均匀复制和/或变形)。

[0006] 因此,需要一种形成具有详细表面特征的铸造模具的方法。

发明内容

[0007] 这里披露的是用于形成铸造模具的方法以及用于铸造工件的方法。

[0008] 在一个实施例中,用于形成模具的方法包括铸造具有空腔表面的模具,在空腔表面上形成表面特征,其中表面特征包括混合物,并且热处理混合物。在另一实施例中披露一种物品。

[0009] 在另一实施例中,用于形成模具的方法包括形成硬模(die),使用陶瓷合成物以及

选自熔模铸造、滑模铸造、凝胶铸造、砂型铸造、石膏铸造、模压铸造、注射模制、浆体注射、粉末成形（压缩）、反应成形、胶体成形、冷等静压、热等静压的铸造方法的组以及包括至少一种所述方法的组合的铸造工艺在硬模中铸造模具，加热模具，将混合物挤出到模具空腔表面上以便在其上形成表面特征，其中混合物经由设备喷嘴挤出并热处理混合物。

[0010] 在其它实施例中，物品由形成所述模具的方法形成。

[0011] 以上描述以及其它特征通过附图和详细描述来说明。

附图说明

[0012] 现在参考作为示例性实施例的附图，其中类似元件标以类似标号。

[0013] 图 1 是第一硬模半件的示意图；

[0014] 图 2 是第二硬模半件的示意图；

[0015] 图 3 是填充陶瓷合成物的第一硬模半件的示意图；

[0016] 图 4 是填充陶瓷合成物的第二硬模半件的示意图；

[0017] 图 5 是从第一硬模半件上去除的第二模具半件的示意图；

[0018] 图 6 是从第二硬模半件上去除的第一模具半件的示意图；

[0019] 图 7 是第一模具半件和第二模具半件组装的示意图；

[0020] 图 8 是将混合物沉积在第二硬模的空腔表面上以便在其上形成突出部的笔状件的示意图；

[0021] 图 9 是注入组装硬模的注口以便形成涡轮叶片的熔融合金的示意图；

[0022] 图 10 是包括凹痕的示例性图案的铸造涡轮叶片的示意图。

具体实施方式

[0023] 这里披露的是用于在铸造模具上形成表面特征的方法，该方法包括在形成模具之后，将金属和 / 或陶瓷材料沉积在铸造模具的表面上以便在其上形成所需的表面特征。随后，材料可被加热以便硬化并使其粘接在铸造模具上。模具接着用来铸造物品，其中铸造模具内形成的表面特征形成铸造部件中的相反的几何形状。

[0024] 在陶瓷铸造模具上形成表面特征的方法开始于构造模具。该模具可经由陶瓷成形方法来形成，包括熔模铸造、滑模铸造、凝胶铸造、砂型铸造、石膏铸造、模压铸造、注射模制、浆体注射、粉末成形（压缩）、反应成形、胶体成形、冷等静压、热等静压的铸造方法以及包括至少一种所述方法的组合。该模具构造成使得模具的内表面可被接近，使得表面特征可以在随后工艺中该表面上形成。因此，模具可以区段形式形成（例如模具半件），该区段可组装在一起以便形成完整的模具，并且拆卸以便取出铸造部件。

[0025] 用于模具的材料可包括能够在例如金属部件并且特别是耐热超级合金的所需铸造物品的铸造过程中抵抗高温。示例性材料包括氧化铝、硅石等。

[0026] 用于形成铸造模具的一个示例性方法包括采用其中金属硬模构造形成形成铸造模具半件的铸造工艺。硬模形成有复制将被铸造的部件的所需外表面的内部几何形状。例如，现在参考其中表示示例性的第一硬模半件 2 和第二硬模半件 4 的图 1 和 2。第一硬模半件 2 和第二硬模半件 4 将用来形成陶瓷模具，陶瓷模具将用来铸造涡轮叶片。硬模可由金属形成，例如工具钢（例如具有 0.28-0.40wt% 的碳、0.60-1.00wt% 的锰、

0.20-0.80wt%的硅、1.40-2.00wt%的铬、0.30-0.55wt%的钼、0.25wt%的铜、0.03wt%的磷以及0.03wt%的硫的P-20模具钢)、符合美国钢铁协会(AISI)抗冲击钢(例如符合AISI的具有0.40-0.55wt%的碳、0.30-0.50wt%的锰、0.90-1.20wt%的硅、0.3wt%的镍、0.30-0.50wt%的钼、0.5wt%的钒、0.25wt%的铜、0.03wt%的磷以及0.03wt%的硫的S2模具钢)等。更加明确的是,可以采用经得起下面所述的温度的金属,即在该温度下,用来形成铸造模具的材料可以进行处理,例如通常是大约700℃的温度。硬模可通过金属加工工艺(例如放电加工、铣削和磨削)、快速加工方法(例如有选择的激光烧结以及层沉积技术)等以及包括至少一种所述技术的组合形成。

[0027] 一旦完成硬模形成过程,硬模填充陶瓷合成物6,如图3和4所示。任选的是,使用例如机械压力(例如冲压)、等压技术等,陶瓷合成物6可在硬模内压缩。在一个实例中,一组硬模(例如第一硬模半件2和第二硬模半件4)填充陶瓷合成物并且接着进行等压工艺,其中陶瓷合成物6在压缩空气腔室内受到大约1500磅每平方英寸(psi)的压力。

[0028] 陶瓷合成物6可采用例如氧化铝、硅石、氧化锆、硅酸锆(锆石)、硅酸铝(富铝红柱石)、氧化钇、硅钇石、铝酸钇(石榴石)、铝酸钇(钙钛矿)、稀土氧化物、稀土硅酸盐、稀土铝酸盐等以及包括至少一种如上所述材料的组合的陶瓷粉末。所选择的特定陶瓷粉末将基于模具的所需性能,例如导热性、耐磨性等。所采用的粉末的平均颗粒尺寸同样取决于所需的颗粒性能,例如表面粗糙度。平均颗粒尺寸通常小于或等于大约100微米(μm),并且更特别是,小于或等于大约70 μm ,并且更特别是,小于或等于大约30 μm 。颗粒尺寸影响了可以复制的特定表面特征的尺寸以及模具所得表面光洁度。例如,在特定实施例中,所采用的粉末可包括大约0.001 μm 到大约10 μm 的平均颗粒尺寸。

[0029] 除了多种粉末之外,陶瓷合成物6还可包括液体介质(例如酒精、水和/或油)以便形成浆体。如果能够流入复杂的模具几何形状(例如下切部、通道等),浆体是有利的。添加剂也可添加在陶瓷合成物6内。示例性添加剂是加强纤维(例如硅石纤维)、加工助剂(例如模具松开材料,例如石蜡)、结合剂(例如聚氧化甲烯、淀粉、纤维素等)以及包括至少一种所述材料的组合。明显的是用于模具、模具几何形状(例如厚度)以及其它变量的材料(例如陶瓷)将影响模具的耐用性、成本和性能。例如,在一个特定实施例中,酒精可添加在硅石粉末内以便形成能够以所需速度流入硬模内的浆体。硅石纤维同样添加在陶瓷合成物6内,以便增加模具的强度,并且模具的厚度(例如模具壁,未示出)构造成使得铸造材料以所需速度冷却,以便在铸造物品中提供所需的微观结构。示例性材料还可在美国专利4989664(Roth)中找到,该专利结合于此作为参考。

[0030] 一旦填充完毕,硬模半件/模具半件(例如硬模半件其中包括陶瓷合成物6形式的模具半件)被加热。这使得陶瓷合成物6内的结合剂粘接在一起,以便形成不牢固粘接的铸造模具。硬模半件/模具半件可在炉子中加热长达足以结合陶瓷合成物6的时间。为了使得模具变化,该温度在该过程中低于此时的烧结温度。在某些情况下,根据所采用的添加剂和/或液体介质,硬模半件/模具半件可另外加热一定的附加时间,以便驱除任何湿气或挥发性液体。在这种情况下,所采用的炉子可以装备能够在该过程中干燥炉子内的空气的干燥设备。

[0031] 在加热过程中,陶瓷合成物6可收缩到一定程度(例如在容积上)。如果收缩是可以预测的,硬模可以设置过大尺寸,使得所产生的模具收缩到所需规格。陶瓷合成物收缩的

可预见性可以通过控制合成物（例如颗粒尺寸、纯度等）和陶瓷模具的性能（例如密度）来增加。例如，陶瓷的颗粒尺寸的一致性、陶瓷的纯度、添加剂的加载以及其它变量可改善收缩的可预见性。在一个实施例中，可以采用热等静压工艺以便在加热的同时压缩陶瓷合成物 6。采用这种工艺还可增加陶瓷粉末的密度，可以在模具烧结时减小收缩。

[0032] 在硬模已经加热所需时间（例如对于非浆体陶瓷合成物 6 来说在 700°C 下加热大约 4 小时），第一模具半件 8 和第二模具半件 10 冷却（主动和 / 或被动），并且接着从硬模半件取出，如图 5 所示。

[0033] 由于结合剂提供陶瓷粉末的不牢固粘接，第一模具半件 8 和第二模具半件 10（还指的是模具半件和模具）趋于在从硬模半件取出时损坏。但是，如果仔细处理，模具可在非烧结状态下检查和 / 或任选地调整。例如，现在参考图 7，第一模具半件 8 和第二模具半件 10 进行组装，使其可以适用于装配，特别是在分型线 14 和空腔 16 的区域。如果需要调整模具，它们可通过加工和 / 或利用其它调节方法来实现。例如，使用钻孔或铣削操作，排气口和注口可加工在模具半件内，以有助于铸造材料流入空腔 16。另外，围绕分型线 14 的任何溢料可利用磨削操作去除，并且接着模具半件可安装定位器和 / 或引导件，使得模具将在铸造过程中适当配合。

[0034] 在检查和任选改变之后，模具可在足以造成陶瓷粉末相互粘接的温度下烧结。通常采用的示例性温度是大约 1000°C 到大约 2200°C。烧结过程的时间可根据陶瓷合成物 6、模具的质量和几何形状以及其它变量来改变；但是，通常是大约 8 小时到大约 30 小时。烧结过程可包括多种阶段（例如温度保持阶段、温度斜面、逐渐冷却阶段等），可以提供包括所需微观结构的模具，减小卷曲，减小收缩等。

[0035] 一旦模具半件已经烧结，它们可以冷却并进行任何任选的二次操作。示例性操作包括检查、涂覆过程（例如减小表面粗糙度的涂层、耐磨涂层等）、加工过程（例如添加排气口、添加注口、去除毛刺等）、调整过程（例如添加引导件、添加将模具相互连接的元件）等。例如，在一个实施例中，空腔 16（图 7）可以抛光。

[0036] 抛光空腔 16 可通过例如使用具有金刚石研膏的超声波抛光设备抛光空腔 16 的实际内表面和 / 或通过为所需表面涂覆涂层、抛光涂层、热处理涂层并且重新抛光来实现。这些过程可根据需要重复多次，以便形成可接受的光洁度。例如，在一个实施例中，包括具有小于或等于大约 100 μm 的平均直径的陶瓷粉末的浆体可施加在空腔 16 的表面上。随后，浆体可加工在空腔表面上（例如抛光），并且空腔表面可烧结。接着，表面可进一步抛光和 / 或可施加另外的涂层，并且可以重复该过程。

[0037] 为了更加明确，空腔 16 的内表面可加工有磨削或抛光光洁度。磨削的表面光洁度（例如由磨削工艺形成）通常包括小于或等于大约 50 微英寸 μin (1.27 μm) 的平均表面粗糙度 (Ra)。示例性磨削光洁度可通过塑料工业的表面光洁度表征系统协会来表示，例如表示使用 320 砂纸形成的具有大约 38- 大约 42 μin (0.97 μm -1.07 μm) 的表面的 SPI#6 表面光洁度或者表示使用 600 砂纸形成的具有大约 2- 大约 3 μin (0.051 μm -0.075 μm) 的表面的 SPI#4 表面光洁度。示例性的抛光光洁度（例如光泽或高光泽光洁度）通常包括小于或等于大约 5 μin (0.127 μm) 的 Ra 数值，例如表示经由 #15 级别的金钢砂抛光轮抛光的具有大约 2- 大约 3 μin (0.051 μm -0.075 μm) 的表面的 SPI#3 表面光洁度或者表示经由 #3 级别的金钢砂抛光轮抛光的具有大约 1 μin (0.025 μm) 的表面的 SPI#1 表面光洁度。

[0038] 在烧结之前或之后,模具可使用适当的沉积工艺调整而具有表面特征。示范性沉积工艺包括化学气相沉积、等离子沉积、电子束物理气相沉积以及电镀。特定的沉积工艺可通过所需的准确度将陶瓷材料沉积在模具的表面上。一个示范性沉积工艺是“直接写入”(DW)工艺,还称为“笔式”或“喷嘴”沉积工艺。示范性直接写入技术(例如笔状件、喷嘴、激光、热喷射等)在公共拥有的美国专利申请序列号 11/170579(Hardwicke 等人)以及美国公开申请 NO. 2005-0013926(Rutkowski 等人)中披露,这些专利结合于此作为参考。

[0039] 现在参考图 8,其中笔状件 20 将混合物 26 沉积在第二模具半件 10 的空腔表面 24 上,以便在其上形成突出部 22。混合物 26 在压力下经由笔状件 20 流动并离开喷嘴 28。所采用的压力取决于所需流动速度以及例如喷嘴 28 的内直径、混合物 26 的粘度等其它变量。喷嘴 28 的尺寸通常是大约 0.010mm 到大约 1.0mm,并且选择成提供所需的挤出直径。

[0040] 笔状件 20 相对于空腔表面 24 移位,并且能够沿着空腔表面 24 平移以便在其上形成表面特征。有利的是,表面特征(例如层)可以自动方式快速和准确地沉积在复杂形状的空腔表面 24 上。与控制混物流过笔状件相关的笔状件 20 的运动使得层、滴、涂抹及其组合通过笔状件 20 形成。另外,笔状件 20 在一个区域之上的反复通过可形成混合物 26 的多个层,和/或多个笔状件可用来增加沉积过程的速度或者同时调节多个模具表面。因此,笔状件 20 可形成大量表面特征,其中术语表面特征解释为通过将混合物 26 沉积在表面上而形成的任何形式,例如图案(例如交叉阴影或波浪图案)、滴、涂抹、层、线、形状(例如圆形、波浪线、鱼鳞、棋盘形格局或多边形)等。

[0041] 控制器 30 与笔状件 20 以操作通讯方式连接。控制器 20 能够控制笔状件 20 的运动、混合物从笔状件 20 流出的速度以及在操作过程中设备的其它过程和/或操作。例如,空腔表面 24 和所需表面特征(突出部 22)可以作为 CAD/CAM 文件在计算机内产生和存储,该文件可以由控制器 30 得到并执行,以便在空腔表面 24 上形成所需表面特征。因此,这些方法可以计算机或控制器执行的方法以及实施这些方法的设备的形式来体现。这些方法还可以在例如软盘、CD-ROM、硬盘驱动器或其它可读存储介质的有形介质内的指令的计算机程序编码的形式来体现,其中在计算机程序编码加载并通过计算机或控制器执行时,计算机变成实施该方法的设备。该方法还可以计算机程序编码或信号的形式体现,例如不管是否存储在存储介质内,加载和/或通过计算机或控制器执行,或在例如电缆线或缆绳的某些传递介质内传递,经由光学纤维或经由电磁辐射,其中,在计算机程序编码加载并通过计算机执行时,计算机变成实施该方法的设备。在用于通用微处理器上时,计算机程序编码部构造微处理器,以便形成特定的逻辑回路。

[0042] 笔状件 20 所采用的混合物 26 可包括具有大约 50 到大约 98wt% 的固体和液体的浆体。固体可以是金属(例如铜、金、铂、镍、钴、钛或铁)、陶瓷(例如氧化铝、氧化锆、硅酸锆(锆石)、硅酸铝(富铝红柱石)、氧化钇、硅钇石、铝酸钇(石榴石)、铝酸钇(钙钛矿)、稀土氧化物、稀土硅酸盐、稀土铝酸盐、硅石、碳化硅等)以及包括至少一种所述材料的组合,例如钴基超合金、镍钛合金等。所采用的特定粉末将根据与空腔表面 24 的相容性(例如粘接其上的能力)以及例如混合物所得性能(例如耐磨性或导热性)的其它变量来选择。

[0043] 在浆体中采用的液体可以是与固体混合并使得固体流入模具的任何液体,例如水、油、酒精、乙醚等。

[0044] 混合物 26 可包括添加剂,例如表面活性剂、结合剂(例如硅酸乙酯和硅胶)、加工

助剂（例如石蜡）、粘度调节剂、孔成形剂等。在一个实施例中，混合物包括大约 82wt% 的氧化铝、大约 8wt% 的淀粉以及大约 10wt% 的异丙醇。

[0045] 混合物 26 可以成批配制。例如，100 磅批量可通过首先将具有大约 10 微米或更小的平均颗粒尺寸的硅石陶瓷粉末添加到滚筒内。淀粉结合剂和酒精载体添加到滚筒内。接着使用转动罐、高速混合器、带式混合器或者剪切混合器（例如辊式破碎机）将混合物 26 混合。

[0046] 一旦突出部 22 已经沉积在空腔表面 24 上，第二模具半件 10 被加热。在加热过程中，突出部 22（例如突起、线条等）硬化并且熔合到空腔表面 24 上。另外，任何液体以及任何挥发性添加剂蒸发。在其它变量中，用来烧结合成物的时间和温度将取决于混合物 26 的成分、突出部 22 的尺寸以及所采用的热源。示例性热处理包括集中能源（例如采用等离子、微波、激光束、电子束和 / 或另一局部热源）。作为选择或者另外，假设混合物 26 的烧结温度小于造成第二模具半件 10 损坏的温度，热处理可包括在炉子中加热第二模具半件 10。

[0047] 任选的是，可以在沉积过程之前采用掩膜过程，以便覆盖不包括表面特征的空腔表面 24 的部分。采用的特定掩膜可以是粘接到空腔表面 24 上并容易从中去除的材料。在一个示例性实施例中，可以采用衬有粘合剂的聚合物片材。

[0048] 在表面特征（例如突出部 22）已经烧结之后，它们冷却（主动和 / 或被动）。任选的是，模具可随后使用例如如上所述的操作的多种操作来随后处理。换言之，在模具的任选处理之前和 / 或之后（例如抛光、涂覆和 / 或如上所述的其它工艺），表面特征可形成在模具半件的表面上。

[0049] 一旦模具已经烧结，它们可组装并且可用来铸造。可以在其中铸造的材料可包括在造成模具损坏的温度之下熔化的任何物品材料。另外，该材料将有利地在一定速度下流动，使得硬模空腔 16 可在固化之前填充，或者模具可进行预热以便阻止固化。在图 9 所示的一个示例性实施例中，铸造材料 34（例如镍基超合金）已经加热到其熔点之上，并且流入组装硬模的注口 32 以便形成涡轮叶片（例如在空腔 16 内）。通过沉积工艺形成的突出部 22 位于空腔 16 内，并且将因此在铸造涡轮叶片上形成凹口。示例性铸造叶片 40 表示在图 10 内。涡轮叶片 40 包括在通过第二模具半件 10 上的突出部 22 在铸造过程中形成的表面细节 42（例如凹痕）。

[0050] 一旦物品材料固化，模具被拆卸并且铸件从中取出。此时，可以采用任何另外的随后处理或二次操作（例如加工、抛光、涂覆、组装等）。

[0051] 在另一实施例中，在模具烧结之后，它们可进行二次操作。示例性操作包括检查、涂覆工艺（例如减小表面粗糙度的涂层以及耐磨涂层）、加工工艺（例如添加排气口、添加注口以及去除毛刺）、标签工艺、固定工艺（例如在载体模具底座内）、调整工艺（例如添加引导件和添加将模具相互连接的元件）等。例如，在一个实施例中，热载体涂层可施加在空腔内，以便覆盖空腔表面 24 和布置其上的突出部 22，从而提供具有均匀表面光洁度的表面。

[0052] 表面特征可形成在任何陶瓷和 / 或金属硬模和 / 或用来组装的模具以及铸件上。在一个实施例中，可以形成用于聚合物注射模制的陶瓷工具，其中所需部件的熔模铸芯可用于熔模铸造工艺，以便形成陶瓷模具。该模具可接着进行沉积工艺，以便在模具的表面上形成详细图案，在形成其中的注射模制物品上形成装饰物。这些表面特征具有小于或等于

大约 2000 μm 的尺寸,或者更特别是小于大约 1000 μm 的尺寸,或者更特别是小于 5 μm 到 500 μm 的尺寸。

[0053] 这里披露的工艺特别适用于在将要用来形成涡轮发动机部件的模具表面上形成表面特征。虽然已经在这里描述了涡轮叶片的形成,由于涡轮的高操作温度,这里使用的许多部件经由这里披露的方法的铸造工艺形成。例如,用于涡轮发动机的高压级的部件,例如固定翼面(例如喷嘴或翼)以及转动翼面(例如叶片或浆片)。用于涡轮发动机的高压级以外区域内的其它部件包括盖罩间隙控制区域,包括凸缘、壳体以及环和燃烧器衬和燃烧器拱体。另外,这里的方法还可用于导弹和火箭部件,例如推进器锥体、翅片等。但是,明显的是这里披露的方法不局限于这些应用。其它应用包括车辆应用(例如燃料注射器、涡轮增压器涡轮和叶轮、燃料形成器等)、工业应用(例如铸造机器部件)、计算机应用(例如存储装置驱动器或冷却部件)等,以及形成塑料物品的应用。

[0054] 这里描述的在铸造模具上形成表面特征的方法克服了现有技术中未满足的需要。该方法使得表面特征形成在铸造模具的空腔表面上,其中表面特征可包括复杂形状、图案等。将铸造物品制造有表面特征的这种方法特别用于原型铸造物品。为了更加明确,这使得铸造物品的制造商开始制造标准硬模,以便形成多组标准铸造模具(例如没有表面特征的模具)。标准铸造模具可接着通过这里描述的材料沉积方法来调整,以便在其上形成不同的表面特征。一旦表面特征烧结,模具可接着用来铸造具有通过模具内的表面特征形成的表面细节。例如,一系列涡轮叶片可通过由一个硬模形成的模具制成具有变化的表面特征。因此,可以在减小成本和缩短时间的情况下进行多种表面效果的研制和开发。

[0055] 除了另外限定之外,这里使用的技术和科技术语具有与本领域普通技术人员通常理解相同的含义。这里使用的术语“第一”、“第二”和类似物不指的是任何顺序、数量和重要性,而是用来将元件相互区分。同样术语“一个”和“一”不指的是数量的限制,而是指的是具有至少一个参考物品,并且除非另外说明,术语“前部”、“后部”、“底部”和/或“顶部”只便于描述,并且不局限于任何一个位置或空间取向上。如果披露了范围,对于相同部件或性能的所有范围的端点是包容性的,并且可以独立组合(例如“多达大约 25wt%,或者特别是大约 5wt%到大约 20wt%”的范围包括端点以及“大约 5wt%到大约 25wt%的范围内的所有中间数值等)。针对数量而使用的修饰词“大约”包括所述数值并且具有文章中专指的含义(例如包括与特定量的测量相关的误差)。这里使用的后缀“s”用来包括其修饰的术语的单数和多数,由此包括一个或多个的所述术语(例如着色剂包括一种或多种着色剂)。另外,如这里使用那样,“组合”包括混合物、掺合物、合金、反应产品和类似物。最后,在使用“例如”时,随后的数值或术语是示例性的,并且没有限制含义。

[0056] 虽然参考示例性实施例描述了本发明,本领域普通技术人员将理解到可以进行多种变化,并且对于其元件来说可以进行等同替代,而不偏离本发明的范围。另外,按照本发明的教导进行许多变型来适用于特定情况或材料,而不偏离其实际范围。因此,所打算的是本发明不局限于这里作为实施本发明的最佳模式披露的特定实施例,而是本发明将包括落入所附权利要求的范围内的所有实施例。

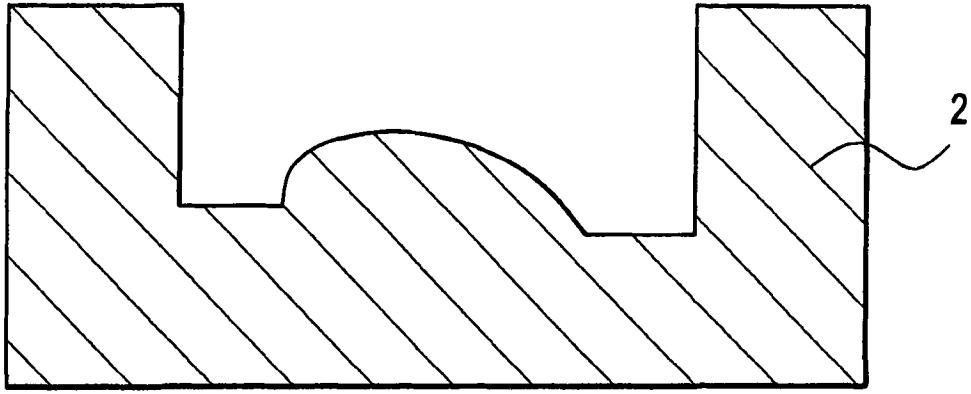


图 1

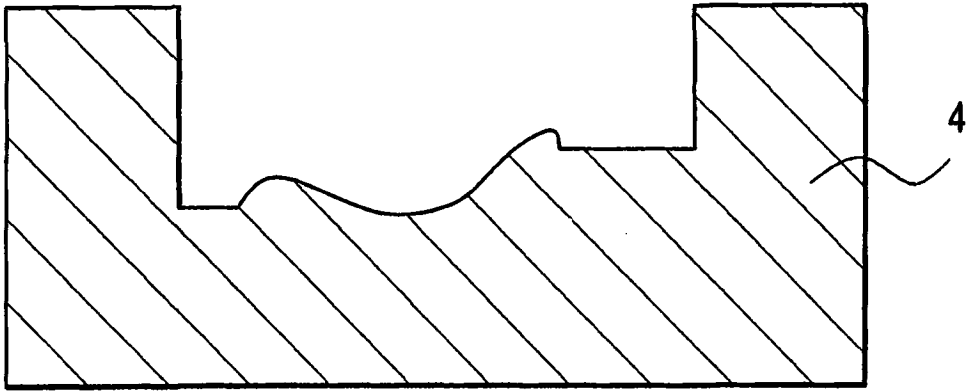


图 2

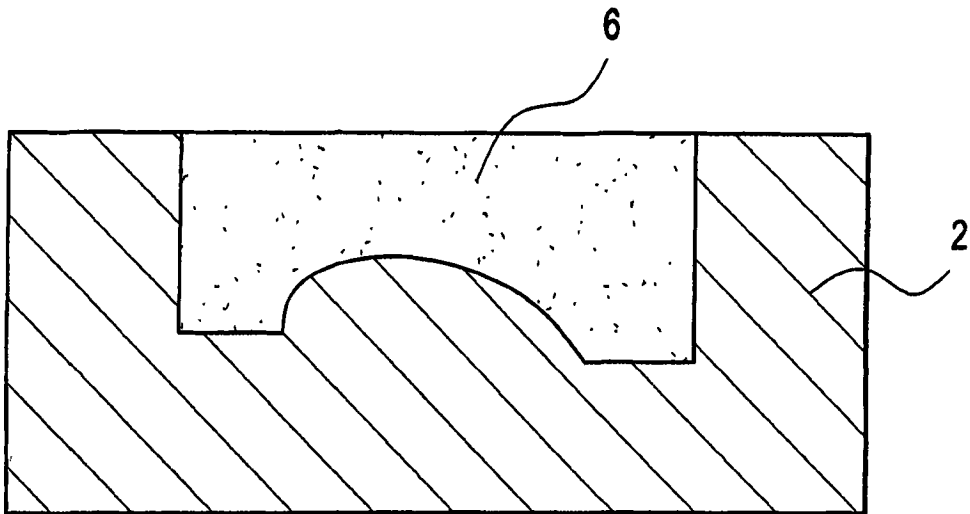


图 3

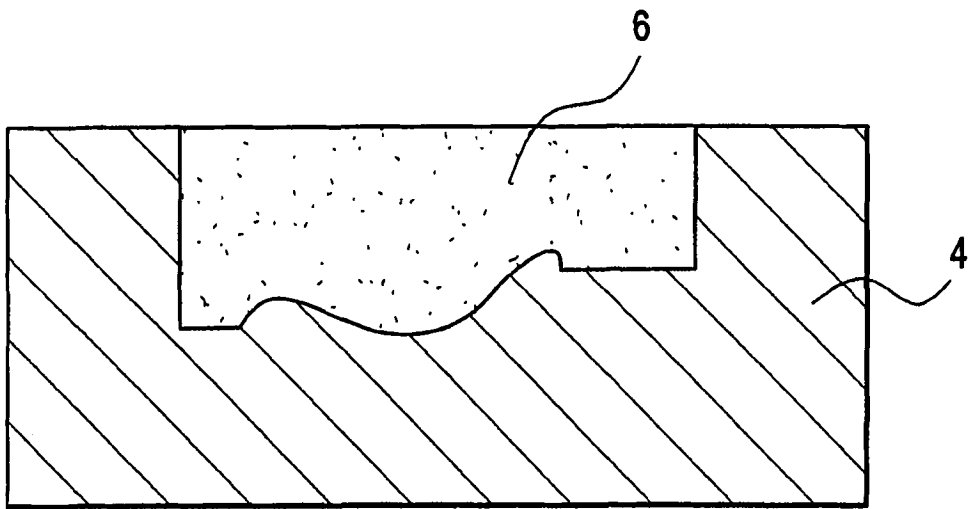


图 4

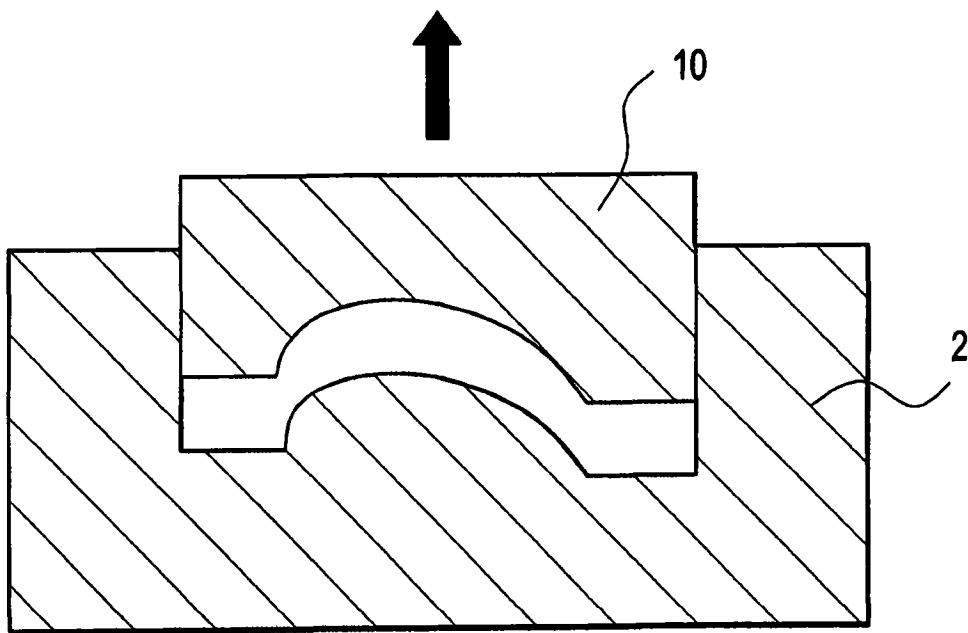


图 5

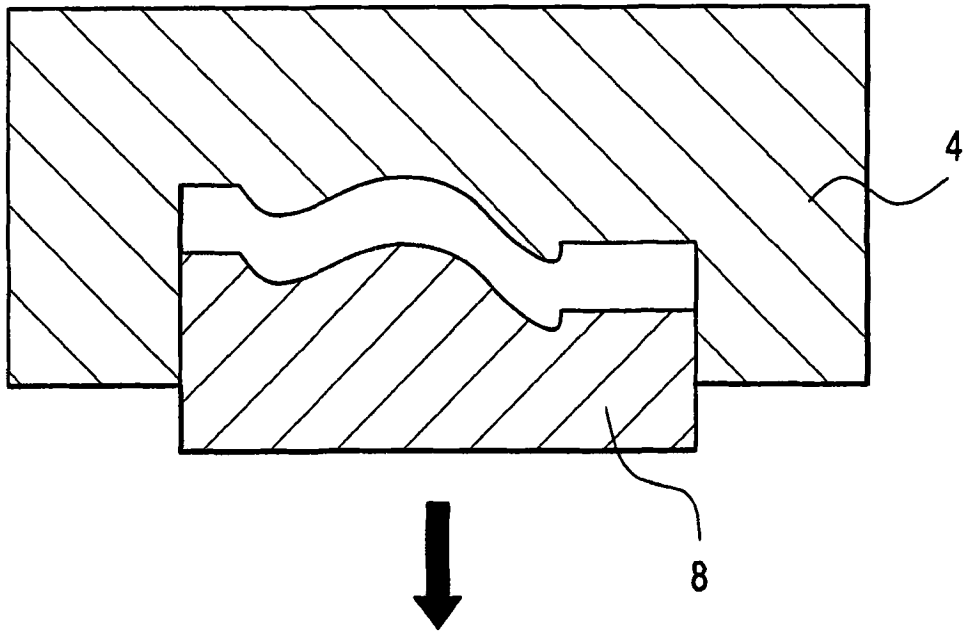


图 6

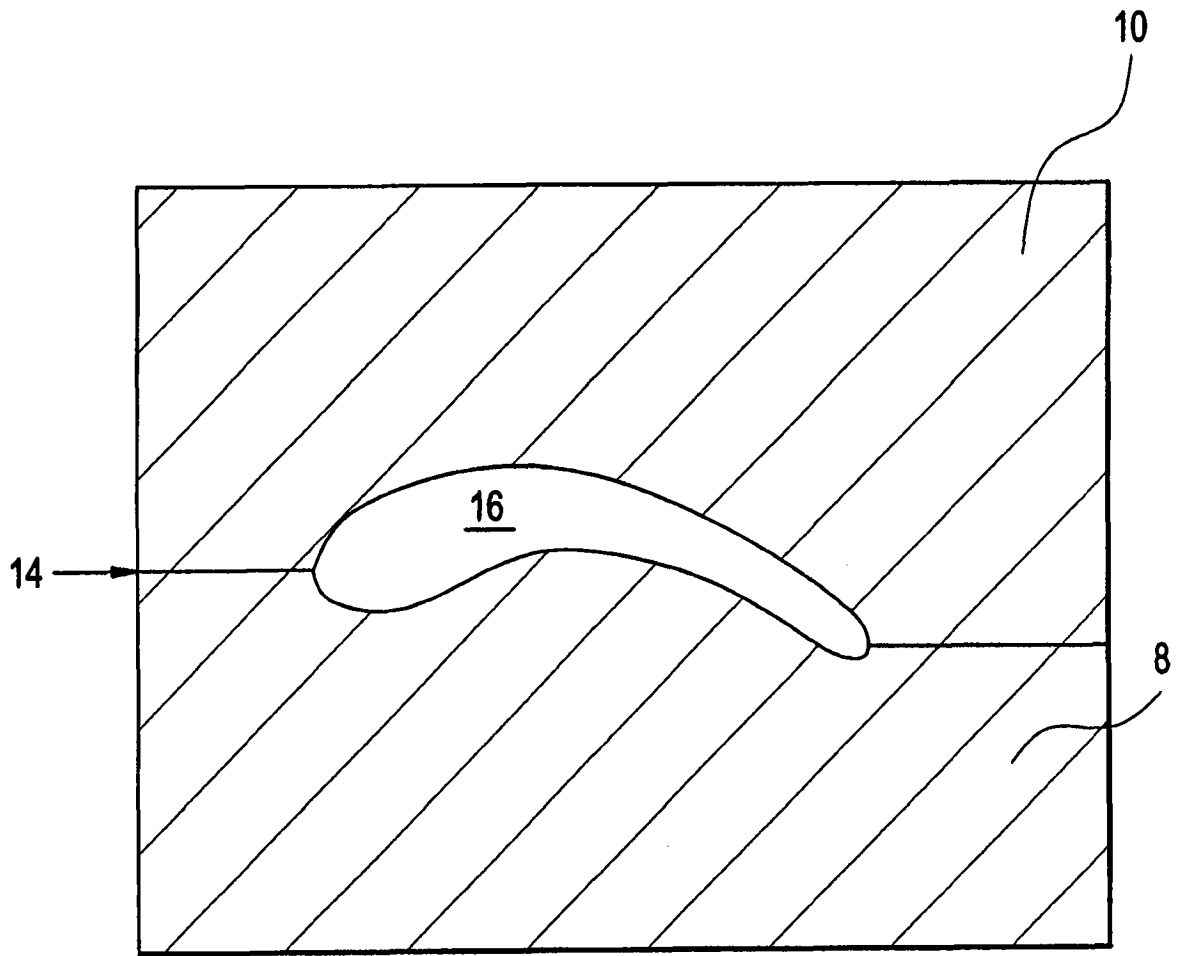


图 7

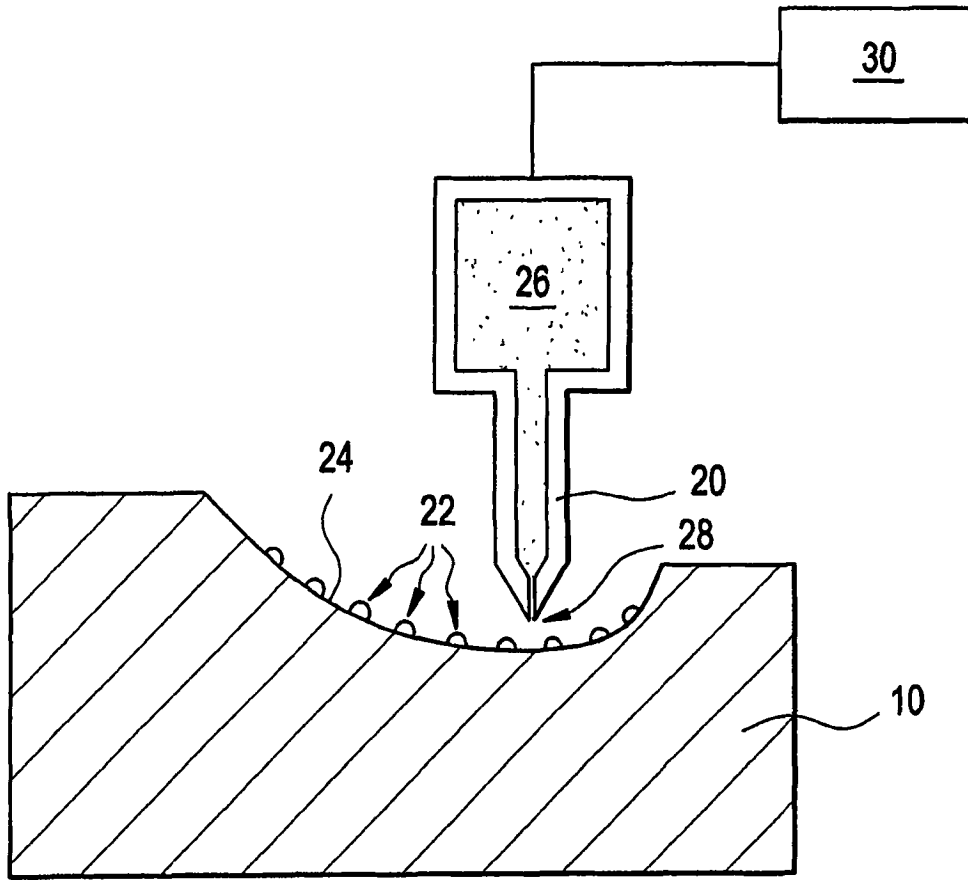


图 8

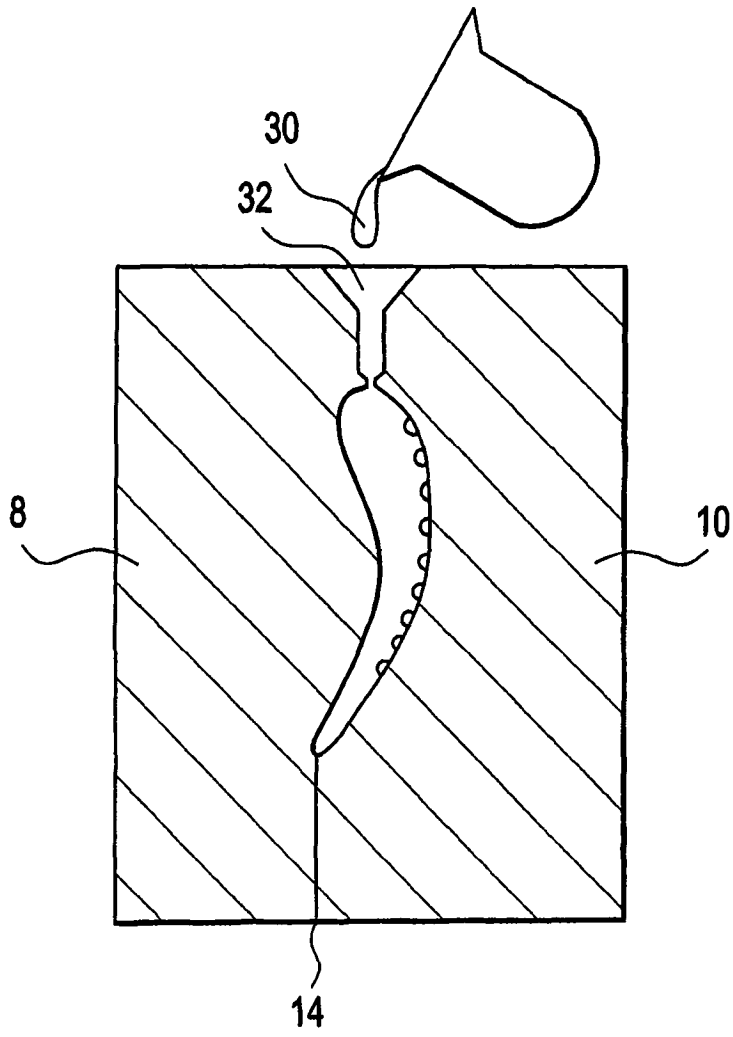


图 9

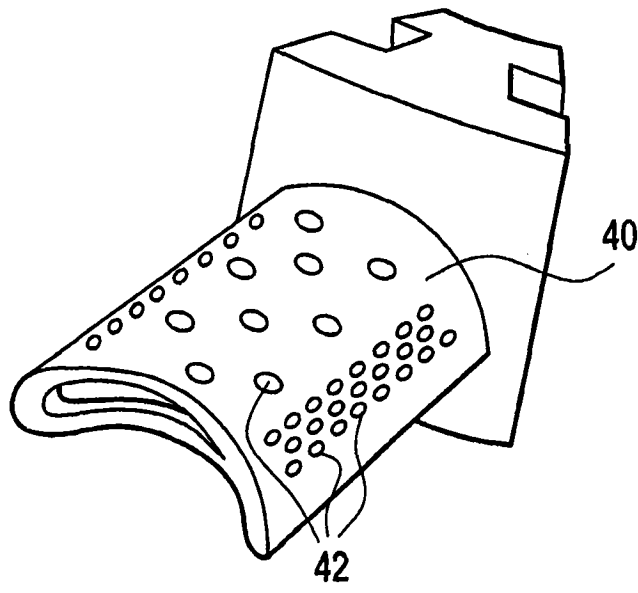


图 10