



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105121058 B

(45)授权公告日 2018.05.01

(21)申请号 201480015496.8

(22)申请日 2014.02.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105121058 A

(43)申请公布日 2015.12.02

(30)优先权数据
13/804,676 2013.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.09.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/014987 2014.02.06

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/143455 EN 2014.09.18

(73)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 迈克尔·R·汉拉恩
斯基普·L·帕特乌

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240
代理人 李静 瞿艺

(51)Int.Cl.
B22C 7/02(2006.01)
B22C 9/04(2006.01)

(56)对比文件
JP H04270024 A, 1992.09.25,
JP H02192844 A, 1990.07.30,
US 6619373 B1, 2003.09.16,
US 3835913 A, 1974.09.17,
审查员 郑雪梅

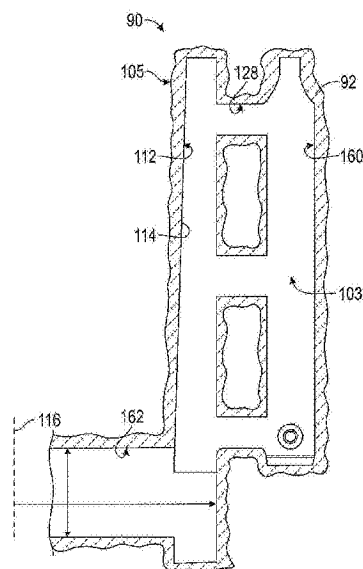
权利要求书2页 说明书15页 附图18页

(54)发明名称

耐火模具组件及制造耐火模具组件的方法

(57)摘要

公开了一种耐火模具组件。该耐火模具组件包括非永久性模组和耐火模具,该非永久性模组包括:中空铸口,该中空铸口包括围绕纵向轴线设置的铸口壁;模型,从铸口壁向外设置;以及向外延伸的闸道,附接至铸口壁和模型并且在铸口壁与模型之间延伸,中空铸口、模型和闸道每一者均由非永久性材料形成,该耐火模具形成在非永久性模组的外表面上并且具有由非永久性模组的外表面限定的模具腔体。



1. 一种耐火模具组件,包括:

非永久性模组,包括:中空铸口,所述中空铸口包括围绕纵向轴线设置的铸口壁;多个模型,从所述铸口壁向外设置;以及多个向外延伸的闸道,附接至所述铸口壁和所述模型并且在所述铸口壁与所述模型之间延伸,所述中空铸口包括多个连接的单独的模型段,每一个模型段均包括所述铸口壁的轴向延伸的模型区段、与所述铸口壁的所述模型区段间隔开的模型、以及附接至所述模型和所述铸口壁的所述模型区段并且在所述模型与所述铸口壁的所述模型区段之间延伸的闸道,所述铸口壁的所述模型区段连接以形成所述非永久性模组,所述中空铸口、所述模型和所述闸道每一者均由非永久性材料形成;以及

耐火模具,形成在所述非永久性模组的外表面上并且具有由所述非永久性模组的外表面限定的模具腔体,所述模具腔体包括包含连接的模型段的中空铸口部分。

2. 根据权利要求1所述的耐火模具组件,其中,所述非永久性模组进一步包括紧邻端部设置的流槽,并且其中,所述耐火模具还形成在所述流槽的外表面上并且包括所述模具腔体的流槽部分。

3. 根据权利要求2所述的耐火模具组件,其中,所述流槽设置在所述铸口壁的内表面内并且附接至该内表面。

4. 根据权利要求2所述的耐火模具组件,其中,所述流槽紧邻所述铸口壁的下端设置。

5. 根据权利要求2所述的耐火模具组件,其中,所述流槽包括多个向外延伸的辐条,每一个辐条均附接至所述铸口壁的内表面。

6. 根据权利要求2所述的耐火模具组件,其中,所述中空铸口包括中空柱形铸口。

7. 根据权利要求2所述的耐火模具组件,其中,所述模型包括围绕所述中空铸口的外表面设置的多个模型。

8. 根据权利要求2所述的耐火模具组件,其中,所述模组进一步包括:

第二模型,从所述铸口壁向内设置;以及

向内延伸的第二闸道,附接至所述铸口壁和所述第二模型并且在所述铸口壁与所述第二模型之间延伸,所述第二模型和所述第二闸道每一者也均由第二非永久性材料形成,并且其中,所述耐火模具还形成在所述第二模型的外表面上,并且所述第二闸道包括所述模具腔体的第二部分。

9. 根据权利要求1所述的耐火模具组件,其中,所述非永久性材料包括蜡、聚合物、木材、无机材料、或者它们的组合。

10. 根据权利要求9所述的耐火模具组件,其中,所述无机材料是金属、陶瓷或粘土。

11. 根据权利要求1所述的耐火模具组件,其中,所述耐火模具包括模具壁,所述模具壁包括多层干燥的耐火浆料。

12. 根据权利要求11所述的耐火模具组件,其中,所述干燥的耐火浆料包括锆石、熔融硅石、硅石、硅铝酸盐、莫来石、熔融氧化铝、或者它们的组合。

13. 根据权利要求11所述的耐火模具组件,其中,所述模具壁具有小于0.12英寸的厚度。

14. 根据权利要求11所述的耐火模具组件,其中,所述模具壁是透气的。

15. 一种制造耐火模具组件的方法,包括:

形成非永久性模组,所述非永久性模组包括:中空铸口,所述中空铸口包括围绕纵向轴

线设置的铸口壁;模型,从所述铸口壁向外设置;以及向外延伸的闸道,附接至所述铸口壁的外表面和所述模型并且在所述铸口壁的外表面与所述模型之间延伸,所述中空铸口包括多个连接的单独的模型段,每一个模型段均包括所述铸口壁的轴向延伸或周向延伸的模型区段、与所述铸口壁的所述模型区段间隔开的模型、以及附接至所述模型和所述铸口壁的所述模型区段并且在所述模型与所述铸口壁的所述模型区段之间延伸的闸道,所述铸口壁的所述模型区段连接以形成所述非永久性模组,所述中空铸口、所述模型和所述闸道每一者均由非永久性材料形成;以及

在所述非永久性模组的外表面上沉积耐火模具,所述耐火模具具有由所述非永久性模组的外表面限定的模具腔体,所述模具腔体包括包含连接的模型段的中空铸口部分。

16. 根据权利要求15所述的方法,进一步包括加热所述耐火模具以去除所述非永久性模组或者烧结所述耐火模具、或者为两者的组合。

17. 根据权利要求15所述的方法,其中,形成所述模组进一步包括:

由非永久性材料形成流槽;以及

紧邻所述中空铸口的端部连接所述流槽,所述流槽围绕所述纵向轴线设置并且连接至所述铸口壁。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中,沉积所述耐火模具包括形成多层耐火材料。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中,形成多层耐火材料包括:

将所述非永久性模组浸渍在包括耐火材料的浆料中以形成浆料层;以及

使所述浆料干燥以形成干燥的浆料层。

20. 根据权利要求19所述的方法,进一步包括重复浸渍和干燥以形成多个浆料层。

21. 根据权利要求19所述的方法,其中,所述耐火材料包括锆石、熔融硅石、硅石、硅铝酸盐、莫来石、熔融氧化铝、或者它们的组合。

22. 根据权利要求19所述的方法,其中,将所述浆料选择为提供透气的耐火模具。

23. 一种耐火模具组件,包括:

非永久性模组,包括:中空铸口,所述中空铸口包括围绕纵向轴线设置的铸口壁;多个模型,从所述铸口壁向外设置;以及多个向外延伸的闸道,附接至所述铸口壁和所述模型并且在所述铸口壁与所述模型之间延伸,所述中空铸口包括多个连接的单独的模型段,每一个模型段均包括所述铸口壁的轴向延伸或周向延伸的模型区段、与所述铸口壁的所述模型区段间隔开的模型、以及附接至所述模型和所述铸口壁的所述模型区段并且在所述模型与所述铸口壁的所述模型区段之间延伸的闸道,所述铸口壁的所述模型区段连接以形成所述非永久性模组,所述中空铸口、所述模型和所述闸道每一者均由非永久性材料形成;以及

耐火模具,形成在所述非永久性模组的外表面上并且具有由所述非永久性模组的外表面限定的模具腔体,所述模具腔体包括包含连接的模型段的中空铸口部分。

24. 根据权利要求23所述的耐火模具组件,其中,所述模型段通过3D打印形成。

耐火模具组件及制造耐火模具组件的方法

技术领域

[0001] 本主题发明总体涉及铸造用的耐火模具组件及制造该耐火模具组件的方法,并且更特别地涉及熔模铸造(包括反重力熔模铸造)用的耐火模具组件及制造该耐火模具组件的方法。

背景技术

[0002] 熔模铸造特别是反重力熔模铸造使用待铸造物件的模组,该模组由非永久性材料(fugitive material,易消失材料)或可去除材料形成。这些模组被耐火颗粒材料覆盖,以形成耐火壳体。将非永久性材料从耐火壳体去除,并且使颗粒材料燃烧以形成熔模铸造模具。这些耐火模具然后用于具有由模组限定的形状的各种熔融金属和合金的熔模铸造。

[0003] 通常已通过将待形成物件的一个或多个模型附接至中央铸口(sprue)来形成在熔模铸造特别是反重力熔模铸造中使用的模组。每一个模型通常通过一个或多个闸道(gate)连接至中央铸口,所述闸道用于在耐火模具中限定通路,以用于将通过由中央铸口在模具中限定的通路提供的熔融金属供给至由模型限定的各种模具腔体。作为制模工艺的一部分,通常以径向延伸的方式手动地将模型和闸道附接至中央铸口。在模组由蜡形成的情况下,模型和闸道可通过蜡焊接来附接。尽管在多个方面看来这是且已经是非常有效的工艺,然而可附接至中央铸口的模型的数量以及因此可由特定模组制成的部件的数量通常受限于模型、闸道和铸口的尺寸且特别地受限于铸口直径,这是因为其限定了可附接的模型/闸道的数量以及可通过闸道供应至模型的熔融材料的量。这样,使用中央式铸口的模组在它们带来的铸成率(casting yield)方面受限于所选择的铸口的特性且特别地受限于铸口直径及其长度。

[0004] 由于从特定模组增加铸成率通常是非常有利的,因此非常理想的是,开发改进的模组、制造模组的方法、相关耐火模具以及制造耐火模具的方法,以提供改进的铸件和铸造方法。

发明内容

[0005] 在一个示例性实施例中,公开了一种耐火模具组件。该耐火模具组件包括非永久性模组和耐火模具,该非永久性模组包括:中空铸口,该中空铸口包括围绕纵向轴向设置的铸口壁,该铸口壁具有厚度、长度和周界;模型,从铸口壁向外设置;以及向外延伸的闸道,附接至铸口壁和模型并在其间延伸,中空铸口、模型和闸道每一者均由非永久性材料形成,该耐火模具形成在非永久性模组的外表面上并且具有由非永久性模组的外表面限定的模具腔体。

[0006] 在另一示例性实施例中,公开了一种制造耐火模具组件的方法。该方法包括形成非永久性模组,该非永久性模组包括:中空铸口,该中空铸口包括围绕纵向轴向设置的铸口壁,该铸口壁具有厚度、长度和周界;模型,从铸口壁向外设置;以及向外延伸的闸道,附接至铸口壁的外表面和模型并在其间延伸,中空铸口、模型和闸道每一者均由非永久性材料

形成。该方法还包括在非永久性模组的外表面上沉积耐火模具,该耐火模具具有由非永久性模组的外表面限定的模具腔体。

[0007] 在又一示例性实施例中,公开了一种制造耐火模具组件的方法。该方法包括3D打印颗粒耐火材料以形成包括模具腔体的耐火模具,该模具和模具腔体包括:中空铸口部分,该中空铸口部分包括围绕纵向轴线设置的铸口壁;模型部分,从铸口壁部分向外设置;以及向外延伸的闸道部分,附接至铸口壁部分的外表面和模型部分并在其间延伸。

[0008] 从以下结合附图进行的对本发明的详细描述中,本发明的上述特征和优点以及其他特征和优点将显而易见。

附图说明

[0009] 在以下对实施例的详细描述中,其他特征、优点和细节将仅以实例的方式出现,详细描述参照附图,附图中:

[0010] 图1为如在本文中公开的径向模组的实施例的立体图;

[0011] 图2A-图2H为用于如在本文中公开的径向模组的中空铸口和铸口壁的各种实施例的代表性横向截面图;

[0012] 图3A、图3B和图3C为用于如在本文中公开的径向模组的中空铸口和铸口壁的各种实施例的代表性轴向延伸截面图;

[0013] 图4A和图4B为用于如在本文中公开的径向模组的中空铸口和铸口壁的各种实施例的代表性前视图,其中,铸口壁高度沿着周界变化;

[0014] 图5A和图5B为用于如在本文中公开的径向模组的中空铸口和铸口壁的各种实施例的外周界的代表性平板投影,该铸口壁具有穿过其中的开口;

[0015] 图6A为如在本文中公开的具有穿过其中的开口的径向模组的实施例的立体图;

[0016] 图6B为从如在本文中公开的具有轴向延伸铸口壁部分的图6A的径向模组移除的轴向延伸区段的立体图;

[0017] 图7为用于如在本文中公开的具有凹口的径向模组的中空铸口和铸口壁的实施例的代表性轴向延伸截面图,所述凹口的厚度沿着高度以及关于内周界和外周界变化;

[0018] 图8为用于如在本文中公开的具有突起的径向模组的中空铸口和铸口壁的实施例的代表性轴向延伸截面图,所述突起的厚度沿着高度以及关于内周界和外周界变化;

[0019] 图9为图1的径向模组的中空铸口和铸口壁以及流槽(runner)的代表性轴向延伸截面立体图;

[0020] 图10为如在本文中公开的轴向延伸模型段和流槽的实施例的代表性截面立体图;

[0021] 图11为如在本文中公开的轴向延伸模型段和流槽的另一实施例的代表性截面立体图;

[0022] 图12为如在本文中公开的径向模组的中空铸口和铸口壁以及流槽的顶视图;

[0023] 图13为包括多个周向延伸的模型段的径向模组的代表性截面图;

[0024] 图14为示出了如在本文中公开的制造径向模组的方法的实施例的流程图;

[0025] 图15为示出了如在本文中公开的制造径向模组的方法的第二实施例的流程图;

[0026] 图16为如在本文中公开的耐火模具的示例性实施例;

[0027] 图17为示出了制造耐火模具的方法的实施例的流程图;并且

[0028] 图18为示出了制造耐火模具的方法的第二实施例的流程图。

具体实施方式

[0029] 以下的描述实质上仅仅是示例性的并且并非旨在限制本公开以及其应用或用途。应当理解的是,贯穿所有附图,对应的参考标号指代相似或对应的部件或特征。

[0030] 参照附图且更具体地参照图1和图2A-图2H,公开了一种径向模组10。径向模组10包括中空铸口12,该中空铸口包括围绕纵向轴线16设置的铸口壁14。铸口壁14具有厚度18、长度或高度20、外周界22和内周界24。径向模组10还包括从铸口壁14径向向外设置的模型26、以及附接至铸口壁14和模型26并在其间延伸的径向向外延伸的闸道28。中空铸口12、铸口壁14、模型26和闸道28每一者均由非永久性材料58形成,该材料还可被描述为非永久性、消耗性或可去除材料,如在本文中描述的。如在图1中所示,径向模组10可包括多个模型26和多个闸道28,所述闸道附接至铸口壁14和模型26并在其间延伸。如在本文中使用的,术语“径向的”和“径向地”旨在当使用它们来描述元件时以非常宽泛的方式来理解,并且包括但不限于由这些术语修饰的围绕中央点或轴线沿着半径的元件的位置或延伸。这些术语更宽泛地包括特定元件相对于其他元件而言的向外或向内的位置或延伸。例如,如果铸口壁14具有诸如矩形周界形状的非柱形形状,则并非所有的围绕周界要么向外要么向内与铸口壁14正交地附接的闸道(以及相关模型)均将从共用点或纵向轴线沿着半径延伸,但是所有的闸道可被称为从铸口壁向外扩散;并且如在本文中使用的术语“径向的”和“径向地”旨在还宽泛地包括本文中描述的闸道28、34,模型26、32,流槽62和其他元件从铸口壁14的向外或向内延伸,而无论它们以何种方式定位或延伸。在另一实例中,向外延伸的闸道28或向内延伸的闸道34可沿着闸道轴线延伸,而该轴线不必为围绕中央点或轴线的半径,而是它可以并非直线的方式弯曲或延伸。

[0031] 径向模组10和中空铸口12是相对于具有实心中央铸口的现有技术组件的改进,这是因为中空铸口12实现了铸口壁14的外表面的表面面积的增加,并且实现了更多的闸道和模型与铸口的附接,而无需增加用于填充铸口所需的材料的量,如在增大实心铸口的直径时出现的情况。径向模组10和中空铸口12可用于有利地增加可附接至铸口的模型的数量并且增加由此带来的铸成率。径向模组10的另一优点在于,中空铸口12和铸口壁14还可选择为包括预定的厚度18、长度20、外周界22和内周界24(这为模具提供了实现附接至铸口壁14的模型26和闸道28的供给的铸口腔体),包括由径向模组10提供的增加的模型密度,以及当模具被铸成并且模型中的模型腔体已被填充之后熔融材料从铸口腔体的大致全部回流,如在本文中描述的。径向模组10的另一优点在于,中空铸口12的使用还实现了从铸口壁14径向向内布置第二模型32和第二闸道34。作为另一优点,铸口壁14可结合有可用于加强熔融金属在模具腔体内的金属动力学流动且特别地用于确保模型腔体的填充的各种预定特征,如在本文中描述的。这样,径向模组10和中空铸口12可用于进一步增加可附接至铸口的模型26的数量,并且进一步增加由此铸造的部件的铸成率。

[0032] 如在图2A-图2H和图3A-图3C中所示,在示例性实施例中,中空铸口12和铸口壁14可包括具有适合于附接闸道28和模型26的表面的任何合适的中空本体,并且具有任何合适的中空形状,包括各种弯曲或多面形状(包括平坦表面)或者它们的组合。在各种实施例中,这可包括多种柱形形状(图2A),特别是直柱形状,包括各种圆形(图2A)、椭圆形(2B)、弓形

(由横断弧或弯曲的组合限定,图2C和图2H)、倒圆的矩形(图2G)、矩形(图2E)、三角形(图2D)和其他多面柱形形状,或者矩形或不规则弯曲柱形形状等,如在图2C和图2H中使用大致与纵向轴线正交的代表性周向截面图所示出的。这些代表性形式仅仅是示例性的,多种其他多面和弯曲周向截面形式及其组合是可行的。中空铸口12可由铸口壁14限定,该铸口壁是完全闭合的,使得其完全封闭纵向轴线16,如在图2A-图2G中所示出的,或者可为大致闭合的,使得其大致封闭纵向轴线16,如在图2H的实例中所示出的。中空铸口12和铸口壁14具有预定的厚度18、长度20以及外周界22和内周界24,它们相对于或相较于彼此可为恒定的或可变的。在一个示例性实施例中,如在例如图2A-图2G中所示出的,厚度18、长度20以及外周界22和内周界24相对于彼此是大致恒定的。在其他实施例中,厚度18可为恒定的(图2A-图2G,图3A),或者以如由图2A-图2H和图3A-图3C的实例示出的方式沿着长度20(图3B和图3C)或周界22(图2C)或这两者变化。可通过朝向铸口壁14的上端44向上增大厚度(图3C)或者通过向上减小厚度(图3B)而使得厚度18沿着长度改变。类似地,在其他实施例中,长度20可围绕周界22变化,如在图4A(步进式的)和图4B(连续的)中所示出的。所示出的变化仅仅是示例性的;中空铸口12的形状和形式(包括厚度18、长度20、外周界22和内周界24)的多种其他变化是可行的。

[0033] 在一个实施例中,铸口壁14可为连续的壁,使得壁为完全围绕中空铸口12的纵向轴线16的完全闭合形式,如在例如图1中示出的。可替换地,在其他实施例中,铸口壁14可为包括一个或多个开口36的大致闭合形式,所述开口从外表面38穿过铸口壁14延伸至内表面40,如在例如图2H、图5A和图5B中示出的。开口36可从铸口壁14的下端42或上端44中的一者或两者向内延伸(图5A),或者可在下端42与上端44之间整体位于铸口壁14内(图5B)。作为另一可替换实施例,铸口壁14可具有穿过整个长度20从下端42延伸至上端44的开口36(图2H和图6A),使得铸口壁14并非围绕外周界22和内周界24的闭合形式。无论铸口壁14是完全闭合的形式还是包括一个或多个开口36,铸口壁14均可包括从外表面38或内表面40或者该两个表面向内延伸的一个或多个凹口48,或者包括从外表面38或内表面40或者该两个表面向外延伸的一个或多个突起50,或者包括凹口48和突起50的组合。

[0034] 中空铸口12和铸口壁14(包括整体形状形式和预定的厚度18、长度20、外周界22和内周界24以及所结合的开口36、凹口48和突起50)可选择为提供耐火模具,该耐火模具改进在铸造过程中熔融金属在模具内的预定金属动力学流动。这包括在铸造过程中流动至或遍及模具腔体(或多个腔体),特别是限定在铸口壁14内的通路或多个通路以及闸道或多个闸道28和模型或多个模型26腔体内的通路,以填充它们;并且包括在反重力铸造的情况下一旦用于填充模型腔体的压力已被释放,通过模具腔体回流,特别是通过闸道通路和铸口壁通路。这些特征可用于调整在铸造过程中和/或之后模具腔体内的金属动力学流动(包括增大或减小模具腔体的特定部分中的流动速率或流量)以及流动特性(例如层流或湍流)。在反重力铸造的情况下,一旦模型腔体被填充,则非常期望使得尽可能多的熔融金属从模具的其他部分(包括闸道和铸口壁)返回,而不会对模型造成负面影响,即,不会使得模型腔体被完全填充。

[0035] 在一个实施例中,模组10包括径向向外延伸的闸道28,该闸道附接至铸口壁14和模型26并且在其间延伸。对于每一个模型26,这包括至少一个闸道28。在另一实施例中,多个径向向外延伸的闸道28可附接至铸口壁14和模型26并且在其间延伸。闸道28或多个闸道

28从铸口壁14径向向外延伸。它们可以任何方式或定向从铸口壁14径向向外延伸至模型26。在一个实施例中,闸道28或多个闸道28沿着闸道轴线52径向向外延伸,该闸道轴线以大致垂直于纵向轴线16的方式径向向外延伸。在其他实施例中,闸道28或多个闸道28可沿着闸道轴线52径向向外延伸,该闸道轴线以大致非垂直于纵向轴线16的方式径向向外延伸。附接至每一个模型的闸道28的数量以及闸道的其他特性(包括它们的截面形状、截面面积、长度等)可选择为提供足以填充模型腔体的闸道通路。闸道28和对应闸道通路或腔体的设计可考虑多个因素,包括模型和模具内的模型腔体的尺寸、形状、定向、空间布置、热传递和其他特性。在一个实施例中,用于多个相同模型26中的每一个的多个闸道28可为相同的,包括具有附接在每一个模型上的相同位置中的相同数量的闸道,其中,在相应模型上具有相同位置的闸道是相同的,如在图1、图6A和图9中所示。在该实施例中,由于用于模型26的每一个的闸道28或多个闸道28是相同的,因此闸道28/模型26可沿着长度围绕铸口壁14的外表面38以及围绕铸口壁14的外周界22均匀地间隔开,如在图1中所示。多种其他布置是可行的。可替换地,在如上所述的多个闸道28/模型26相同的情况下,闸道28/模型26可以预定的图案沿着外表面38的长度交错,诸如相邻模型26(其可为相同或不同的)的闸道长度交替,使得相邻模型26以更靠近或更远离铸口壁14的外表面38的方式间隔开。在一些情况下可使用这些交替布置,以增加模型26的堆积密度。上述实施例仅仅是示例性的,并且使用中空铸口12的闸道28/模型26的多种其他预定布置是可行的。当多个模型26通过闸道28附接至铸口壁14时,它们可包括如在例如图1中示出的多个相同模型26,或者包括如在例如图13中示出的多个不同模型26,或者包括它们的组合。

[0036] 在一个实施例中,模组10可包括径向向内延伸的第二闸道34或内闸道,该闸道附接至铸口壁14和第二模型32或内模型并且在其间延伸。对于每一个模型32,这包括至少一个第二闸道34。在另一实施例中,多个径向向内延伸的第二闸道34可附接至铸口壁14和每一个第二模型32并且在其间延伸。第二闸道34或多个第二闸道34从铸口壁14朝向纵向轴线16径向向内延伸。它们可以任何方式或定向从铸口壁14径向向内延伸至第二模型32。在一个实施例中,第二闸道34或多个第二闸道34沿着第二闸道轴线54径向向内延伸。第二闸道轴线54可以大致垂直于纵向轴线16的方式或者以与本文中关于闸道轴线52描述的那些类似的其他定向径向向内延伸。附接至每一个第二模型32的第二闸道34的数量以及第二闸道的其他特性(包括它们的截面形状、截面面积、长度等)可选择为提供足以填充第二模型腔体的第二闸道通路。第二闸道34和对应的第二闸道通路或第二腔体的设计可考虑多个因素,包括第二模型32和模具内的第二模型腔体的尺寸、形状、定向、空间布置、热传递和其他特性。在该实施例中,由于用于第二模型32中的每一个的第二闸道34或多个第二闸道34是相同的,因此第二闸道34/第二模型32可沿着长度20围绕铸口壁14的内表面40以及围绕铸口壁14的内周界24均匀地间隔开,如在图10中所示。与以上关于模型26和闸道28的布置描述的那些类似的多种其他布置是可行的,不同之处在于,这些布置位于内周界24内。第二模型32和第二闸道34可在具有或没有模型26和闸道28的情况下使用。在一个实施例中,模型26和第二模型32两者可结合,以相比于单独使用模型26或第二模型32可实现的铸成率进一步提高铸成率。在另一实施例中,第二模型32可在没有模型26的情况下单独使用,使得仅有的模型位于铸口壁14的内周界24内。与模型26的情况一样,给定模组10中的第二模型32在任何布置中可为相同或不同的模型。

[0037] 包括中空铸口12、模型或多个模型26和闸道或多个闸道28、以及任何第二模型或多个第二模型32和第二闸道或多个第二闸道34的模组10由非永久性材料58形成(或者可替换地由多种不同的非永久性材料58形成),该材料为消耗性的或可去除的并且选择为使得其在一旦包括耐火材料92的壳体的耐火模具90已形成在模组10上时可选择性地去除。非永久性材料58还可称为消耗性或可去除材料。非永久性材料58可包括配置成从耐火模具90去除的任何材料,并且可包括蜡、聚合物、金属、陶瓷、粘土、木材或无机材料或者它们的组合。非永久性材料58可配置为通过任何合适的方法或手段选择性地去除,所述方法或手段包括例如通过加热材料以使非永久性材料58热解或熔化。还可使用合适的溶剂溶解非永久性材料来完成去除,所述溶剂包括各种有机或无机溶剂、酸等。在一个实施例中,非永久性材料可包括制模用蜡,包括各种可商业购得的制模用蜡。聚合物可包括例如发泡聚苯乙烯。金属可包括任何合适的非永久性金属,特别是具有相对低熔点的金属,诸如Pb、Sn、Bi或Sb或它们的组合。无机材料可包括例如熟石膏。模组10可由非永久性材料58形成为单个件,包括中空铸口12、模型或多个模型26以及闸道或多个闸道28,或者可形成为组装在一起形成模组10的多个件。当作为多个件组装时,中空闸道12、模型或多个模型26以及闸道28或多个闸道28每一者可单独形成并且以如在本文中所描述的方式组装,或者可替换地,铸口壁14的一个或多个部分15、17或区段,模型或多个模型26以及闸道28或多个闸道28可作为组件的模型段60形成在一起,并且这些区段可连接在一起以形成模组10,如在本文中所描述的以及在例如图1中所示的。无论形成为单个件、单独部件或是段(如在本文中所描述的),模组10的构成部件均以任何合适的方式形成,包括铸造或模制的各种形式,或者用于形成以减成法(subtractively)形成的本体的各种减成工艺(例如机加工),或者用于由三维计算机辅助设计(CAD)数据形成三维物体以形成以加成法形成的本体的加成工艺(例如光固化立体造型(SLA))、激光工程化净成形(LENS)、三维打印或其他快速原型/制造方法,或者它们的组合。

[0038] 径向模组10还可包括紧邻端部(包括中空铸口12的下端42或上端44)设置的流槽62。流槽62用于形成耐火模具90的提供用于将熔融金属从熔融池供给至铸口壁通路的流槽通路的部分。如果将本文中描述的模组10用于常规或重力铸造(其中,模组10定向为形成被设计为使得熔融金属从耐火模具90和流槽62上方供应的耐火模具90),则流槽62将通常紧邻中空铸口12的上端44设置。如果将本文中描述的模组10用于反重力铸造(其中,模组10定向为形成被设计为使得熔融金属从耐火模具90和流槽62下方供应的耐火模具90),则流槽62将通常紧邻中空铸口12的下端44设置。流槽62可包括流槽轴线64,并且流槽轴线可相对于铸口壁14以任何合适的定向定位,包括使得其大体以横向于纵向轴线16的方式延伸,或者例如使得其从纵向轴线16朝向中空铸口12径向向上(或向下)延伸。流槽62由第二非永久性材料66形成,该材料可为与非永久性材料58相同的材料或为不同的非永久性材料。流槽62可具有任何合适的尺寸和形状,并且可包括与本文中关于中空铸口12和铸口壁14描述的那些类似的特征。在一个实施例中,流槽62可为连续的壁,使得该壁为完全封闭中空铸口12的与之附接的端部的完全闭合形式,并且围绕中空铸口12的纵向轴线16设置,如在例如图9中所示。可替换地,在其他实施例中,流槽62可为包括一个或多个开口72或开孔的大致闭合形式,所述开口或开孔穿过流槽62从上表面68延伸至下表面70,如在例如图10和图12中所示。流槽62和开口72可形成中央轮毂82和多个辐条74的形状,如在例如图12中所示。开口72

可具有任何合适的形状或尺寸并且可以包括有任何合适的数量。无论流槽62是完全闭合形式或包括一个或多个开口72,流槽62均可包括从上表面68或下表面70或者该两个表面向内延伸的一个或多个凹口75,或者包括从上表面68或下表面70或者该两个表面向外延伸的一个或多个突起76,或者包括凹口75和突起76的组合,如在图10和图11中示意性示出的。流槽62(包括整体形状形式和预定的厚度78、径向长度80以及所结合的开口72、凹口75和突起76)可选择为提供改进在铸造过程中熔融金属在模具内的预定金属动力学流动的耐火模具。这包括在铸造过程中流动至或遍及模具腔体(或多个腔体),特别是限定在铸口壁14内的通路或多个通路以及闸道或多个闸道28和模型或多个模型26腔体内的通路,以填充它们;并且包括在反重力铸造的情况下一旦用于填充模型腔体的压力已被释放,通过模具腔体回流,特别是通过闸道通路和铸口壁通路。这些特征可用于调整在铸造过程中和/或之后模具腔体内的金属动力学流动(包括增大或减小模具腔体的特定部分中的流动速率或流量)以及流动特性(例如层流或湍流)。在反重力铸造的情况下,一旦模型腔体被填充,则非常期望使得尽可能多的熔融金属从模具的其他部分(包括闸道和铸口壁)返回,而不会对模型造成负面影响,即,不会使得模型腔体被完全填充。

[0039] 流槽62可内设于且附接至中空铸口壁14的内表面40或端部(上端44或下端42),或者它们的组合。在一个实施例中,流槽62包括紧邻铸口壁14的下端42围绕内周界24附接的实心构件,如在例如图9中所示。在另一实施例中,流槽62包括从中央轮毂82向外延伸的多个辐条74,每一个辐条74均紧邻铸口壁14的下端42附接,如在例如图12中所示。

[0040] 如在图1-图13中所示,径向模组10可形成为多个模型段60的组件,其中,模型段60包括至少一个模型26、32和至少一个对应的闸道,诸如径向向外延伸的闸道28或径向向内延伸的闸道34,并且模型段还包括铸口壁14的至少一部分15、17。模型段60还可包括流槽62的一部分。模型段60还可与包括铸口壁14的至少一部分的间隔段61组合。模型段60的闸道28、34和铸口壁14的部分以及间隔段61还可包括本文中描述的特征,诸如开口36、以及外表面38或内表面40中的凹口48和突起50,或者它们的组合。模型段60可包括轴向延伸的模型段60,其中,铸口壁14的轴向延伸部分15大致在纵向轴线16的方向上延伸;或者可包括周向延伸的模型段60,其中,铸口壁14的周向延伸部分17大致横向延伸以包括壁的周界,包括以大致与纵向轴线16正交的方式延伸;或者可包括轴向延伸和周向延伸的段60的组合。周向延伸的模型段60也可被描述为径向延伸的模型段(例如环形区段),其中,铸口壁14为柱形的,或者也可被表述为横向延伸的模型段。模型段60由非永久性材料58形成,如在本文中所描述的。模型段60(包括它们的铸口壁14的部分15、17,模型26、32以及闸道28、34)可依据设计选择由相同的非永久性材料58或由不同的非永久性材料形成,以促进它们的去除以及在其上形成耐火模具,如本文中所描述的。多个模型段60(以及间隔段61,如果使用的话)可组装以提供径向模组10,如本文中所描述的。所使用的模型段60(无论是轴向延伸的段60还是周向延伸的段60)可彼此相同或不同。模型段60可以任何合适的方式组装在一起以形成径向模组10,所述方式包括直接结合(诸如在相邻区段之间形成的焊接,用于将一区段附接至另一区段的各种粘合剂、胶合剂或其他连接材料),以及各种附接装置,包括自身由非永久性材料形成的附接装置。

[0041] 如在图1和图13中所示,包括多个模型32的径向模组10可包括多个相同的模型26(图1)或多个不同的模型32.1-32.4(图13)或者它们的组合,因为图13包括多个相同的模型

(例如26.2和26.3中的每一者均有多个,其中26.2和26.3为不同的模型)。

[0042] 如在例如图1、图6A、图6B、图9、图10和图11中所示,在一个实施例中,径向模组10可形成多个轴向延伸的模型段60的组件,所述多个轴向延伸的模型段中的每一个均包括铸口壁14的轴向延伸部分15(图6B)、闸道或多个闸道28以及模型或多个模型26。如在本文中所讨论的,依据径向模组10的预定设计,轴向延伸的模型段60可选择为相同或不同的。例如,根据设计要求,所使用的闸道或多个闸道28以及模型或多个模型26可为相同或不同的或者它们的组合。此外,根据设计要求,特别是铸口壁14的预定形状,在各种模型段60中采用的铸口壁14的轴向延伸的区段或部分15可选择为相同或不同的或者它们的组合,如在本文中所描述的。例如,相邻部分15、17的多个邻接侧可选择为提供影响铸口壁14预定形状的角度,如在例如图1中所示。轴向延伸的段60可通过以下方式彼此结合:连接件79或紧固装置83,包括设置在铸口壁部分的一个或两个邻接表面上的粘合剂84(图1);焊缝85(图9),包括大头钉86或接缝87焊缝或者它们的组合;以及可附接至或提供用于邻接轴向延伸区段以及它们的相关铸口壁部分的连接装置的各种机械紧固件88,诸如各种销、桩(stake)、条、片、固定装置、框架、带、夹具(cleat)、钉、夹子以及配置成形成机械连接件或将一段紧固至另一段的其他装置。紧固装置或多个紧固装置83也将配置成与模组10一起去除,并且也可由合适的非永久性材料58(诸如本文中所描述的那些)形成。

[0043] 在另一实施例中,径向模组10可形成多个轴向延伸的段60的组件,这多个轴向延伸的段中的每一个均包括附接至形成单独部件的轴向延伸的铸口壁14的闸道或多个闸道28以及模型或多个模型26。这可例如与图6A和图6B的径向模组10相同,不同之处仅仅在于,模型26和对应的闸道28形成每一个模型段60,而铸口壁14形成成为单个件,并且轴向延伸的模型段60(由于其模型26的定向或其相对于铸口壁14的整体定向,其也可被描述为轴向延伸)附接至铸口壁14的外表面38。在另一实施例中,第二模型32和对应的向内延伸闸道34也可形成成为模型段60,并且根据径向模组10的设计要求而与包括模型28和向外延伸的闸道32的模型段60一起或者单独地附接至铸口壁14的内表面40。可通过使用本文中描述的用于将模型段60彼此连接的装置和方法而将该实施例的模型段60附接至铸口壁14。

[0044] 如在图13中所示,径向模组10可包括多个大致周向延伸的模型段(例如60.1-60.6),每一个大致周向延伸的模型段均包括铸口壁14的铸口壁区段或部分17。类似于本文中结合大致轴向延伸的模型段所描述的(例如图1-图11),这些模型段可具有形成成为单个件或形成成为彼此连接的单独件的它们的铸口壁部分17、闸道或多个闸道34以及模型或多个模型32。这可包括多个模型段(60.1-60.3),其中,对应的模型从铸口壁14的区段的外周界22径向向外设置,并且径向向外延伸的闸道28附接至模型和铸口壁的区段(例如60.1/14.1/34.1/32.1、60.2/14.2/34.2/32.2和60.3/14.1/34.1/32.2)并在其间延伸。在这些实例中,段、铸口壁部分、闸道和/或模型的十位数的不同表示不同的段、铸口壁部分、闸道和/或模型。段(例如60.2和60.3)的不同可由于模型(例如60.1和60.2)的类型不同而导致,或者由于相同模型在段(例如60.1和60.3)上的不同位置或布置或者段的包括铸口壁的部分(例如60.2和60.3)的不同而导致,或者由于它们的组合而导致。段的不同还可包括闸道的不同(例如60.2/34.2和60.3/34.1,即使模型是相同的(32.2))。

[0045] 类似地,这可包括多个大致周向延伸的模型段(60.4-60.6),其中,对应的模型径向向内设置在铸口壁部分14.1或14.2的区段的内周界22上,并且径向向内延伸的闸道34.1

或34.2附接至模型和铸口壁的区段(例如60.4/14.1/34.1/32.3、60.5/14.2/34.2/32.2和60.6/14.1/34.1/32.3)并在其间延伸。在这些实例中,段、铸口壁部分、闸道和/或模型的十位数的不同表示不同的段、铸口壁部分、闸道和/或模型。段(例如60.4和60.5)的不同可由于模型(例如60.4和60.5)的类型不同而导致,或者由于相同模型在段(例如60.4和60.6)上的不同位置或布置或者段的包括铸口壁的部分(例如60.5和60.6)的不同而导致,或者由于它们的组合而导致。另外如在图13中所示,铸口壁14还可包括间隔段61或多个间隔段61,所述间隔段包括不包含闸道或模型的铸口壁部分14.7,每一个间隔段61均包括铸口壁14的间隔区段并且用于使铸口壁14或间隔段61从彼此延伸,而无论段或间隔部是大致水平的还是大致轴向延伸的段和/或间隔部。铸口壁14的厚度18可由至少一个大致周向延伸的铸口壁部分形成,但是也可由多个大致周向延伸的铸口壁部分(包括具有图13所示的邻接布置的铸口壁部分)形成。铸口壁14的长度20通过堆叠多个大致周向延伸的铸口壁部分(包括具有图13所示的邻接布置的铸口壁部分)而形成。除了图13所示的邻接布置,可构想各种相邻的铸口壁部分的重叠或邻接布置,包括重叠布置与邻接布置的组合。周向延伸的段60可通过任何合适的紧固装置或多个紧固装置83(包括本文所描述的那些)彼此连接,所述紧固装置已合适地适用于与周向延伸的段60一起使用。

[0046] 可在使用或不适用组装辅助工具的情况下组装径向模组10,所述组装辅助工具诸如为模型固定装置89,如在例如图9中示出的。所示出的模型固定装置89包括用于支撑模组10的滚筒(platen)以及为滚筒提供可旋转支撑的轴。

[0047] 参照附图并且更具体地参照图14,公开了一种制造径向模组10的方法100。该方法包括形成110中空铸口12,该中空铸口包括围绕纵向轴线16设置的铸口壁14,其中,该铸口壁具有厚度18、长度20和周界,该周界在一个实施例中包括如本文所描述的外周界22和内周界23。模组还包括从铸口壁14向外设置的模型26、以及附接至铸口壁14的外表面38和模型26并在其间延伸的向外延伸的闸道28,中空铸口12、模型26和向外延伸的闸道28每一者均由非永久性材料58形成,如在本文中所描述的。形成110包括由非永久性材料58或多种非永久性材料58形成所描述的元件,如在本文中所描述的。在一个实施例中,形成110包括将中空铸口12、模型26和向外延伸的闸道28形成为整体式模组12,其中,这些部分共同形成为单个件。可以任何合适的方式来实现形成110为整体式模组10,这通常将依据所选择的非永久性材料58而定。在其中非永久性材料58包括蜡或低熔点金属的一个实例中,可通过使用常规铸造技术将蜡或金属铸造成单件铸造模型或模具来形成整体式模组10。在其中非永久性材料58包括聚合物(包括发泡聚合物,诸如聚苯乙烯)的另一实例中,可通过使用常规注射成型技术将聚合物注塑成单件模具来形成整体式模组10。在其中非永久性材料58包括聚合物的另一实例中,可通过使用加成制造工艺(诸如3D打印)来形成整体式模组10。加成制造(包括3D打印)从计算机辅助设计(CAD)或动画建模软件获取虚拟原型,并且将它们“切片(slice)”成数字截面,以用于输入至打印机,从而以连续加成的方式放下(即,打印)模型材料的一系列连续的截面。依据所使用的机器和工艺,如本文中所描述的合适的模型材料和/或结合材料沉积在构建床或平台上,直到材料/结合剂分层完成并且最终的3D模型已“打印”。这是其中虚拟(数学)模型和物理(打印)模型几乎相同的工艺。为了执行打印,打印机接收标准文件格式(例如“.stl”、“.ply”或“.wrl”文件)的设计,并且沉积液体、粉末或片状材料的连续层,以由一系列的截面来构建模型。对应于来自CAD模型的虚拟截面的这些层连

接在一起或者自动融合,以形成最终形状。该技术的主要优点在于,其能够形成几乎任何形状或几何特征,包括整体式模组12的所有元件,诸如铸口12、模型或多个模型26和向外延伸的铸口或多个铸口28以及流槽或多个流槽62。

[0048] 在另一实施例中,形成110包括将中空铸口12、模型26和向外延伸的铸口形成为多个部件,诸如,其中每一者均形成为单独部件或件,或者其中这些部件的方面组合成多个部件或件,之后连接这多个部件以形成模组10。依据所选择的非永久性材料58,可以任何合适的方式实现多个部件的形成110,所述合适的方式包括使用各种常规铸造或模制方法。在一个实例中,形成110包括将中空铸口12、模型26和闸道28形成为多个部件,之后连接这多个部件以形成模组10。多个部件每一个均可由非永久性材料58形成。可替换地,多个部件可由不同的非永久性材料58形成,包括由不同的非永久性材料58形成所述多个部件中的每一个。可通过使用任何适当的连接装置或方法或它们的组合来执行连接。在其中非永久性材料为蜡的一个实例中,可通过蜡焊接来完成连接,诸如通过沿着正在连接的部件之间的界面的周界形成焊珠 (bead), 或者通过充分加热待连接的一个或两个表面的全部或一部分以使蜡软化直至且包括熔化,从而使得邻近表面彼此结合并且在冷却之后在它们之间形成连接。在其中非永久性材料58包括本文中描述的任何材料并且特别是其包括蜡的另一实例中,可使用各种销、桩、条、片、固定装置、框架、带、夹具、钉、夹子或者其他装置或构件将部件彼此连接,所述其他装置或构件可用于形成连接件79或用作紧固装置83或者它们的组合,由相同的非永久性材料58或不同的(例如更具刚性的)永久性材料形成,包括本文中列举的配置成将一个部件连接至另一个部件(特别地包括直接相邻的部件)的那些非永久性材料58中的任一者。在其中非永久性材料58包括本文中描述的那些材料中的任一者并且特别是其包括蜡、聚合物或金属的另一实例中,可使用各种粘合剂或胶合剂或其组合将部件彼此连接,所述各种粘合剂或胶合剂配置成将一个部件连接至另一个部件(特别包括直接相邻的部件)。形成110还包括在铸口壁14中形成本文中描述的特征,诸如开口36、凹口48和突起50,无论是直接在铸造或模制操作过程中或是间接地通过二次加工(诸如机加工或用于添加或去除材料的其他已知方法)形成。例如,形成110还能可选地包括去除140铸口壁14的一部分(诸如通过切削或机加工),以在铸口壁14中形成本文中描述的开口36。

[0049] 形成模组10的方法100还可包括形成120从铸口壁14径向向内设置的第二模型32以及附接至铸口壁和第二模型并在其间延伸的径向向内延伸的第二闸道34,第二模型和第二闸道每一者还由本文中描述的第二非永久性材料66形成。形成120可包括完全独立于形成110的用于这些元件的成形工艺,使得这些元件单独由铸口壁14、模型26和闸道28形成。在向内延伸构件的形成120独立于向外延伸构件的形成110的情况下,除了向内延伸的模型32和向内延伸的闸道34之外,径向模组10的正在形成的部分也可包括铸口壁14的一部分,特别是其内表面40。在一个实例中,铸口壁14可形成为内构件和外构件,诸如同心或嵌套的柱体或衬套,例如其中外构件与模型26和闸道28一起形成,而内构件与第二模型32和第二闸道34一起形成。在该实例中,形成120用于形成径向模组的第二部分,该第二部分连接至通过形成110形成的径向模组10的第一部分,以形成径向模组10。可替换地,形成120可包括以本文中描述的方式将第二模型32和第二闸道34与模型26、闸道28和铸口壁14一起形成为一体式或一件式径向模组10。

[0050] 形成径向模组10的方法100还能可选地包括形成130流槽62并且紧邻中空铸口12

和铸口壁14的端部(包括本文中描述的下端42和上端44)连接140流槽62,其中,流槽62围绕纵向轴线16设置并且连接至铸口壁14,如同样在本文中所描述的。在一个实施例中,流槽62还可通过本文中描述的方法与铸口壁14、模型26和闸道28一起形成整体式或一件式模组10,例如,所述方法诸如为铸造或注射成型。在另一实施例中,形成130流槽62可包括通过本文中描述的方法(例如,诸如为铸造或注射成型)连同其他多个部件的形成而单独形成,或者形成成为其他多个部件中的一个的一部分,并且与本文中描述的其他多个部件连接在一起。在这种情况下,形成110进一步包括将流槽62形成为单独部件中的一个,并且连接进一步包括连接流槽62以形成模组10。形成130流槽62还可包括在流槽中形成本文中描述的特征,诸如开口72、凹口75或突起76,无论是直接在铸造或模制操作过程中或是间接地通过二次加工(诸如机加工或用于添加或去除材料的其他已知方法)形成。

[0051] 参照图15,在一个实施例中,径向模组10可通过本文中描述的使用多个模型段60的方法200形成。方法200包括形成210以下部件:多个模型段60,每一个模型段包括铸口壁14的模型区段或部分15、17;模型或多个模型26、32,与铸口壁14的区段或部分间隔开;以及闸道或多个闸道28、34,附接至模型或多个模型和铸口壁的模型段或部分并在其间延伸。每一个模型段60还可包括本文中描述的流槽62或流槽的一部分。多个模型段60由本文中描述的非永久性材料形成。方法200还包括连接220铸口壁14的模型区段或部分15、17以形成铸口壁,其中,铸口壁包括围绕纵向轴线设置的中空铸口12,并且其中,模型26与中空铸口间隔开,并且闸道28在中空铸口与模型之间延伸。在方法200的一个实施例中,闸道28包括向外延伸的闸道26,每一个向外延伸的闸道从铸口壁14的相应部分15、17延伸至模型26中的相应一个。在方法200的另一实施例中,闸道包括向内延伸的闸道34,每一个向内延伸的闸道从铸口壁14向内延伸至模型32中的相应一个。在方法200的另一实施例中,闸道包括向外延伸的闸道28和向内延伸的闸道34,每一个向外延伸的闸道28和向内延伸的闸道34分别从铸口壁14向外和向内延伸至模型26、32中的相应一个。

[0052] 在方法200的一个实施例中,铸口壁14的模型区段或部分15为大致轴向延伸的模型区段,如在本文中所描述的。在该实施例中,连接220可包括在大致轴向延伸的模型区段或部分15之间形成轴向延伸的连接件79。可使用本文描述的任何合适的连接件79或紧固装置83用于连接220。在一个实例中,非永久性材料58可包括蜡,并且轴向延伸的连接件79包括蜡焊缝85。

[0053] 在方法200的另一实施例中,铸口壁14的模型区段或部分17为大致周向延伸的模型区段,如在本文中所描述的。在该实施例中,连接220可包括在大致周向延伸的模型区段或部分17之间形成周向延伸的连接件。在一个实例中,非永久性材料58可包括蜡,并且周向延伸的连接件79包括蜡焊缝85。

[0054] 在方法200的其他实施例中,铸口壁15的模型区段或部分15、17可包括大致轴向延伸和周向延伸的模型区段。在该实施例中,连接220可包括在轴向延伸和周向延伸的模型区段或部分17之间形成轴向延伸和周向延伸的连接件。在一个实例中,非永久性材料58可包括蜡,并且轴向延伸和周向延伸的连接件79包括蜡焊缝85。

[0055] 方法200还可包括形成230包括铸口壁14的至少一个间隔区段或部分的至少一个间隔段61,并且连接模型区段或部分进一步包括连接模型区段与至少一个间隔区段以形成铸口壁14。

[0056] 参照附图且具体参照图16, 径向模组10可用于任何合适的目的, 并且被特别设计成用作制造铸造用耐火模具90的模型。耐火模具90可用于任何合适类型的铸造, 且特别适合用作各种熔模铸造(包括各种重力熔模铸造和反重力熔模铸造)的模具。如本文中描述的, 可通过将耐火材料92沉积在径向模组10的外表面102上来形成耐火模具90, 从而形成耐火模具组件105。这样, 耐火模具组件105包括非永久性径向模组10以及耐火模具90, 该非永久性径向模组包括: 中空铸口12, 该中空铸口包括围绕纵向轴线16设置的铸口壁14; 模型26, 从铸口壁14向外设置; 以及向外延伸的闸道28, 附接至铸口壁14和模型26并在其间延伸, 中空铸口12、模型26和闸道28每一者均由非永久性材料形成, 该耐火模具形成在非永久性径向模组10的外表面102上并且具有由非永久性径向模组的外表面限定的模具腔体103。

[0057] 从耐火模具组件105去除径向模组10的非永久性材料58, 以提供具有模具腔体103的耐火模具90, 该模具腔体由径向模组10的外表面103限定。耐火模具90的模具腔体103包括中空铸口部分112, 该中空铸口部分包括围绕纵向轴线116设置的铸口壁部分114。耐火模具90还包括模具腔体103的从铸口壁部分114向外设置的模型部分126。耐火模具90进一步包括模具腔体103的向外延伸的闸道部分128, 该闸道部分附接至铸口壁部分114和模型部分126并且在其间延伸和提供流体连通。耐火模具90可具有由本文中描述的径向模组10构造的外表面102限定的模具腔体103形状中的任一者, 并且可具有与本文中描述的径向模组10的各个部分对应的模具腔体103的部分, 所述部分包括例如包括各种铸口壁部分114的各种中空铸口部分112以及模型部分126和向外延伸闸道的部分128。例如, 在一个实施例中, 中空铸口部分112可包括模具腔体的中空柱形铸口部分112。在另一实施例中, 模型部分126可包括围绕模具腔体103的中空铸口部分112的外表面部分138设置的多个模型部分126。本文中指出的模具腔体103的部分具有这样的参考标号, 它们由用于形成耐火模具组件105的这些部分的径向模组10的对应构件的参考标号增加100。这还包括例如包括各种铸口壁部分114的各种中空铸口部分112、以及从铸口壁部分114向内设置的第二模型部分(未示出)和附接至铸口壁114和第二模型部分132并在其间延伸和提供流体连通的向内延伸的闸道部分(未示出)。这还可包括耐火模具90和模具腔体103的构造, 该构造包括本文中描述的模具腔体103的向外和向内延伸的部分的各种组合。耐火模具90的模具腔体103的各个部分彼此互连并且提供用于流体在其间流通的流体通路。这包括这样的流体, 该流体包括热气体, 诸如燃烧气体, 以用于使径向模组10从耐火模具90燃尽, 并且包括这样的流体, 该流体包括浇注到耐火模具90和模具腔体103中并固化以形成铸件的熔融材料。

[0058] 如本文中描述的, 非永久性径向模组10还可包括紧邻中空铸口12和铸口壁14的端部(包括下端42或上端44)设置的流槽62, 其中, 耐火模具90还形成在包括流槽62且因此包括模具腔体103的流槽部分162的径向模组的外表面102上。这可包括具有本文中描述的所有流槽62构造的流槽部分162。例如, 在一个实施例中, 流槽62设置在铸口壁14的内表面内并且与之附接, 并且模具腔体103的流槽部分162设置在铸口壁部分114的内表面部分内并与其附接且流体连通。在另一实施例中, 流槽62紧邻铸口壁14的下端42设置, 并且模具腔体103的流槽部分162附接至模具腔体103的下端部分并与其流体连通。在另一实施例中, 流槽62包括从中央轮毂82延伸的多个向外延伸的辐条74, 每一个辐条在外端部上附接至铸口壁14的内表面40且在内端部上附接至轮毂82; 并且模具腔体103的流槽部分162包括多个向外延伸的辐条部分174, 每一个辐条部分附接至模具腔体103的铸口壁部分114的内表面部

分以及模具腔体103的轮毂部分并与之流体连通。

[0059] 耐火模具90和模具腔体103通过由耐火材料92形成的耐火模具壁104的内表面107限定和界定。耐火模具壁104可具有足以形成耐火模具90并限定模具腔体103的任何合适的厚度。壁厚度可依据多种因素而变,这些因素包括模具构造(包括中空铸口部分)的整体尺寸、形状和其他方面,且特别是模型部分和闸道部分的数量、尺寸、形状和间隔。影响模具壁104的耐火材料92的选择的其他因素包括模具90在铸造过程中是自支撑还是布置在支撑介质(例如为耐火颗粒介质,诸如铸造用砂)内并由其部分地支撑。在一个实施例中,模具壁104具有小于大约0.12英寸的厚度。在一个实施例中,模具壁104可包括均质耐火材料92。在另一实施例中,耐火模具90包括模具壁104,该模具壁包括耐火材料92的多层干燥的耐火浆料,这多个层被烧结在一起以形成壁。可使用任何合适的耐火材料92以由浆料或其他形成模具壁104。这些包括锆石、熔融硅石、硅石、硅铝酸盐、莫来石、熔融氧化铝或它们的组合。模具壁的耐火材料92和其他方面(包括其厚度)可选择为提供透气或不透气的模具壁104。

[0060] 可通过制造耐火模具的任何合适方法使用径向模组10来形成耐火模具90。参照图16和图17,在一个实施例中,可通过方法300由耐火材料92的浆料形成耐火模具90。方法300包括形成310非永久性模组10,该模组包括:中空铸口12,该中空铸口包括围绕纵向轴线16设置的铸口壁14;模型26,从铸口壁14向外设置;以及向外延伸的闸道28,附接至铸口壁14的外表面38和模型26并在其间延伸,中空铸口12、模型26和闸道每一者均由非永久性材料形成。根据方法300,模组10可包括本文中描述的径向模组10中的任一者,并且形成300可包括形成模组的任何合适的方法,包括例如本文中描述的方法200。在一个实施例中,形成310模组10进一步包括形成流槽62;以及紧邻中空铸口12的端部42、44连接流槽,流槽62围绕纵向轴线16设置且连接至铸口壁14。

[0061] 方法300还包括将耐火材料90沉积320在非永久性模组10的外表面102上,耐火模具具有由非永久性径向模组10的外表面102限定的模具腔体103并且具有本文中描述的特征和优点。沉积320可包括沉积耐火模具90的任何合适的方法。在一个实施例中,沉积320耐火模具90包括通过以下步骤来形成耐火材料92的多个层:将径向模组10浸渍到包括液体载体介质和耐火材料92颗粒的耐火浆料中,以在径向模组的外表面102上沉积浆料层,并且干燥以去除液体载体介质,从而形成耐火材料92的干燥层;并且然后重复这些步骤,以形成耐火材料的后续干燥层,并且从而形成处于未烧结状态的耐火模具90(即,耐火模具前体)。在一个实施例中,未烧的结耐火模具90可包括单层耐火材料92,并且在其他实施例中,可包括多层耐火材料92,包括两层或更多层,且更特别是2-5层。可使用任何合适的耐火浆料或不同耐火浆料和耐火材料92的组合以形成耐火模具,包括在Chandley等人的美国专利No. 5,069,271中描述的那些,将该专利通过引证整体结合到本文中。

[0062] 在一个实施例中,方法300还可包括加热330耐火模具,以去除非永久性模组10或烧结耐火模具90或它们的组合。加热330以去除非永久性模组10或烧结耐火模具90可通过任何合适的加热装置和方法来完成。在其中非永久性材料58包括蜡的情况下,加热330可包括脱蜡。在一个实施例中,加热330可包括将如本文中描述的已沉积在非永久性模组10上的非烧结的耐火模具前体插入到模具炉(包括各种常规模具炉)中,其中,该炉被控制成提供足以去除非永久性模型材料的温度分布。这可包括使得热可用于将非永久性模型材料58从耐火模具90去除的任何合适的工艺或机构。这包括例如使非永久性模型材料58熔化,使得

其由于重力从模具腔体103中的开口流出,诸如在各种模型用蜡和/或具有低熔点的金属的情况下可有效地使用。这还可包括非永久性模型材料58的热解,使得其从模具腔体103中的开口或穿过模具壁104(在模具壁是透气的情况下)流出,诸如在各种蜡和其他聚合物材料的情况下可有效地使用,所述其他聚合物材料包括例如各种发泡或泡沫聚合物,诸如发泡聚苯乙烯。这还可包括上述的组合,其中,非永久性模型材料58通过例如熔化和热解的组合来去除。在一个实施例中,加热330可使用燃气模具加热器来执行,以去除非永久性材料58,诸如通过热解和熔化的组合。在另一实施例中,加热330可使用蒸汽高压釜来执行,以去除非永久性材料58,诸如通过熔化。

[0063] 除了去除非永久性模型材料58之外,加热330耐火模具还可包括充分加热处于未烧结状态的耐火模具90(即,耐火模具前体),以烧结耐火材料92(包括用在浆料中的任何结合材料),并且形成处于烧结状态的耐火模具,其中,来自浆料的耐火材料92和任何其他组分(例如结合材料)的颗粒结合在一起,从而形成具有足够的强度以保持待浇注到模具中的材料的陶瓷壳体或熔模。可在用于形成熔模的浆料中使用任何合适的耐火材料92,包括硅石、锆石、各种硅铝酸盐、氧化铝或它们的组合。硅石可包括熔融硅石以及石英。在一实施例中,硅铝酸盐可包括氧化铝和硅石的混合物,例如,诸如氧化铝含量为大约42%至大约72%(例如莫来石)。可使用任何合适的结合剂来结合耐火材料或多种耐火材料92,包括硅酸乙酯(例如醇基的且进行化学设定的)、硅胶(例如水基的,也已知为硅溶胶,通过干燥设定)、硅酸钠或它们的组合,包括例如为了pH和粘度而受控的这些组分的混杂物。加热330可包括足以使耐火材料92烧结并形成处于烧结状态的耐火模具90的温度/时间的任何合适的组合,诸如例如,温度处于大约1600°F(871°C)至大约2000°F(1093°C)的范围内,且更特别地处于大约1800°F(982°C)至大约2000°F(1093°C)的范围内。在一个实施例中,可在大约1800°F(982°C)的温度下执行烧结大约90分钟。可在任何合适的气氛(包括氧化、还原或惰性气氛)下执行烧结,包括氧化、还原或惰性气氛,并且更特别地可在空气中执行烧结。

[0064] 可使用制造耐火模具的任何合适的方法形成具有本文中描述形式的耐火模具90。参照图16和图18,在一个实施例中,可通过方法400形成耐火模具90,该方法包括在不使用模型的情况下对包括耐火材料92的处于未烧结状态的模具90(即,模具前体)进行的加成制造410,诸如通过耐火模具组件105的3D打印。加成制造(包括3D打印)从计算机辅助设计(CAD)或动画建模软件获取虚拟原型,如本文中所描述的,并且将它们“切片”成数字截面,以用于输入至打印机,从而以连续加成的方式放下(即,打印)耐火材料92的一系列连续的截面。加成制造可包括耐火材料92的颗粒的3D打印,诸如通过本文中描述的包括结合剂和耐火材料92的浆料以及合适的载体介质(包括液体载体介质)的3D打印,如在本文中所描述的。加成方法可包括例如光固化立体造型(SLA),其包括数字光处理(DLP)打印,其中,合适的3D打印机将填充有耐火材料92的光敏聚合物结合剂暴露于来自数字光处理(DLP)投影机的光。光使得结合剂聚合,以形成所打印的物体的截面层。

[0065] 一旦已形成模具90和模具组件105的前体,方法400还可包括加热420耐火材料92,以形成处于烧结状态的模具90和模具组件105,如在本文中所描述的。可使用任何合适的烧结工艺对模具90和模具组件105进行烧结,如在本文中所描述的。

[0066] 在其他实施例中,方法400可将加成制造410(诸如3D打印)与加热420组合以烧结耐火材料。这些可包括例如选择性激光烧结(SLS),其中,使用高能激光(例如二氧化碳激

光)使耐火材料92或结合剂的小颗粒熔融成具有期望的三维形状的块体。

[0067] 在加成制造的情况下,具有模具腔体103的耐火模具90不再由模组的外表面限定,而是直接通过加成工艺(诸如3D打印)形成。然而,所得到的模具90可包括使用模组制成的模具组件105的所有特征,如在本文中所描述的。

[0068] 尽管已参照示例性实施例描述了本发明,然而本领域技术人员应当理解的是,在不背离本发明的范围的情况下,可进行各种改变并且可用等同物对其元件进行替换。此外,在不背离本发明的实质范围的情况下,可做出多种修改,以使得特定情况或材料适于本发明的教导。因此,旨在使本发明不限于所公开的特定实施例,而是本发明将包括落在本申请的范围内的所有实施例。

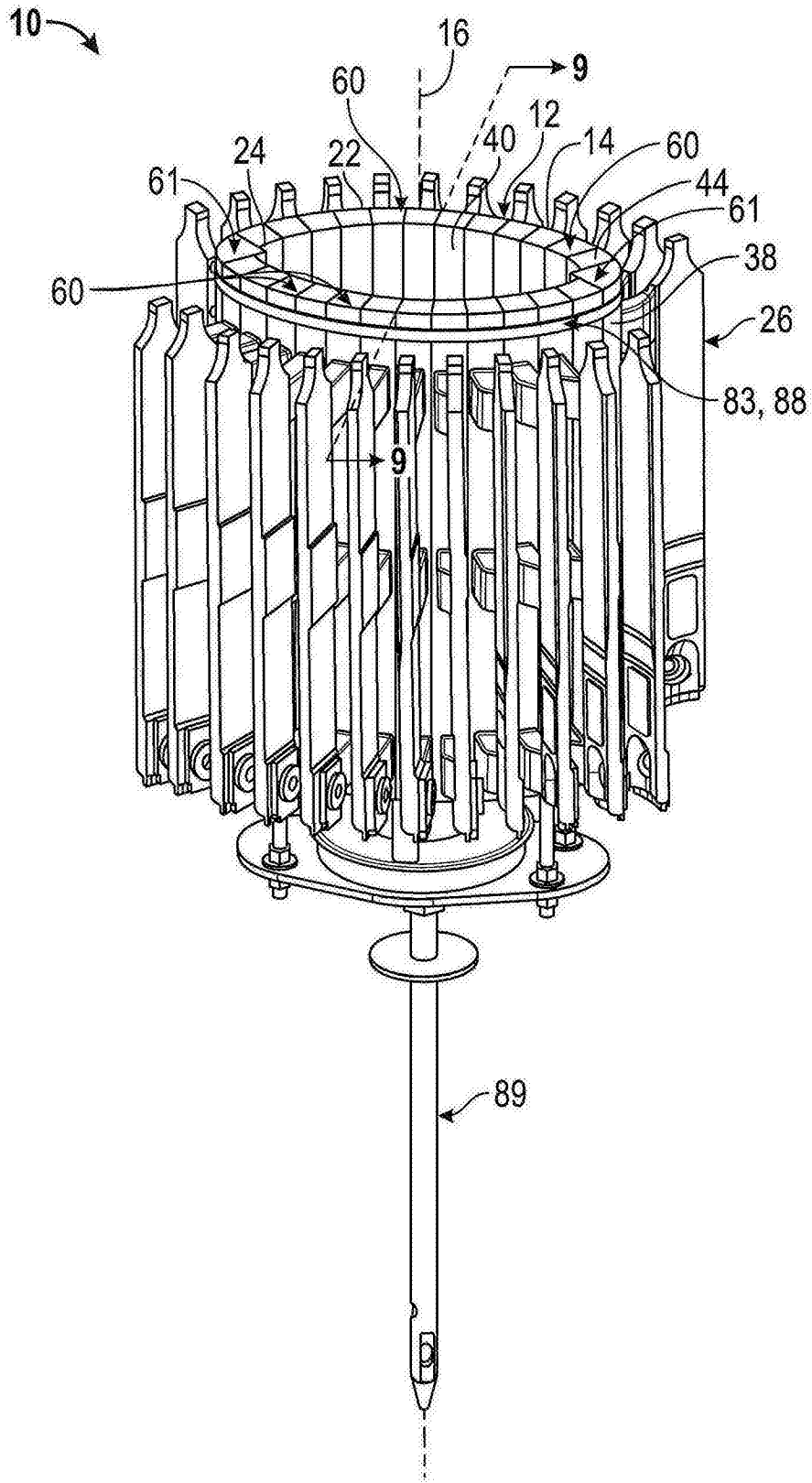


图1

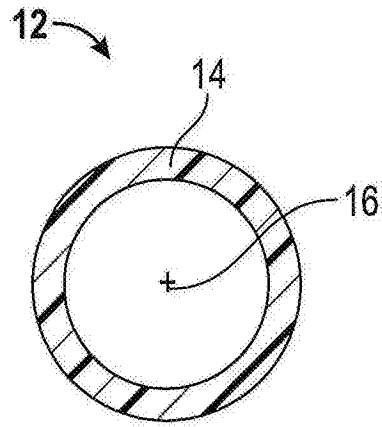


图2A

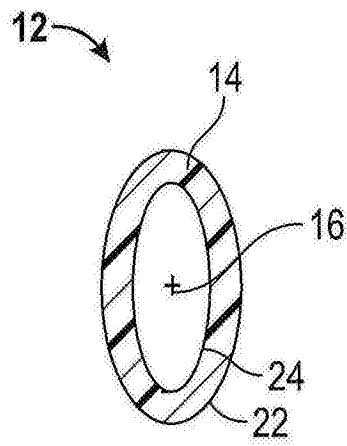


图2B

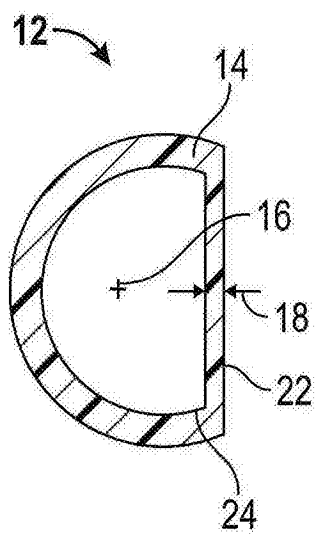


图2C

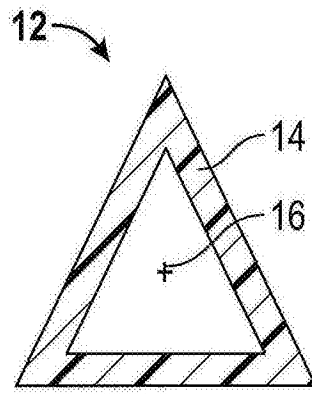


图2D

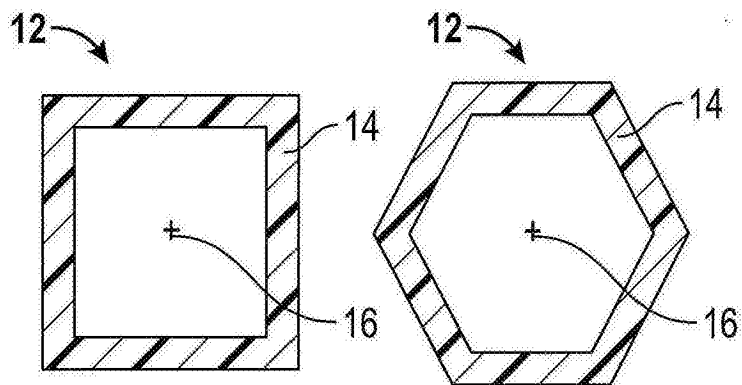


图2E

图2F

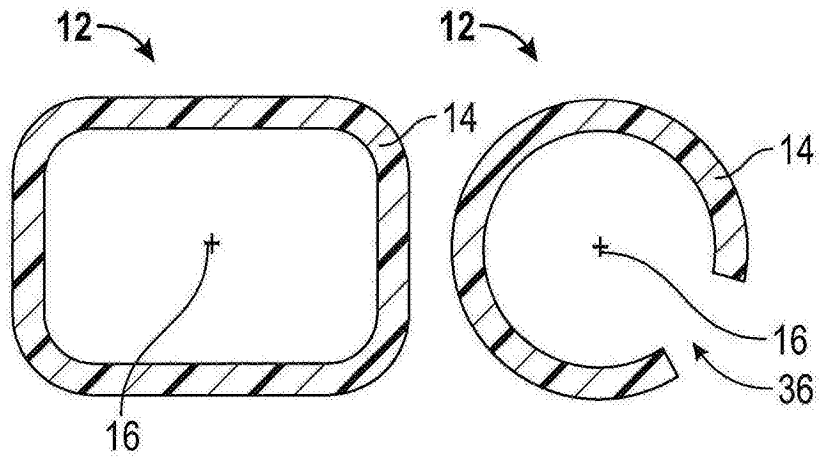


图2G

图2H

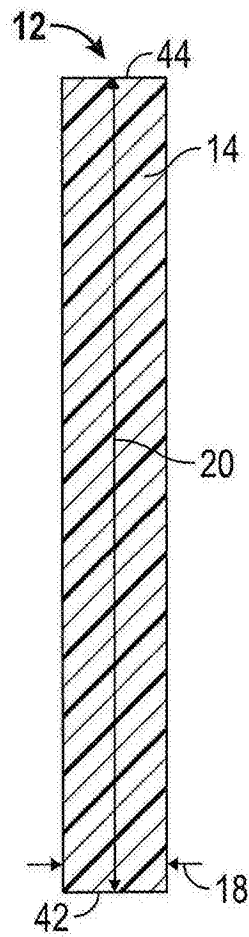


图3A

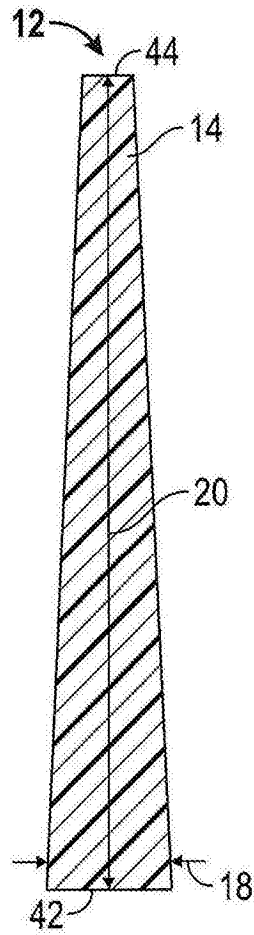


图3B

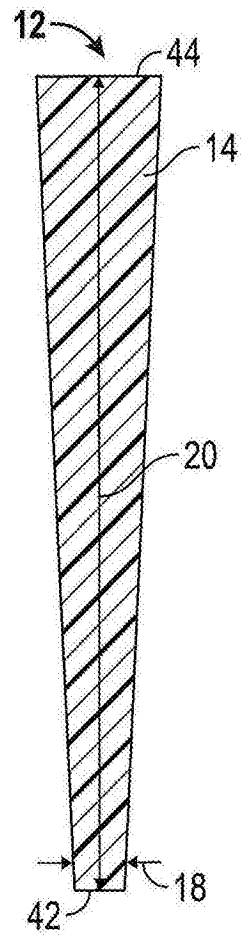


图3C

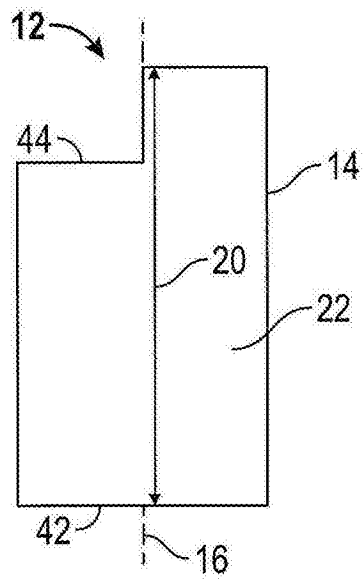


图4A

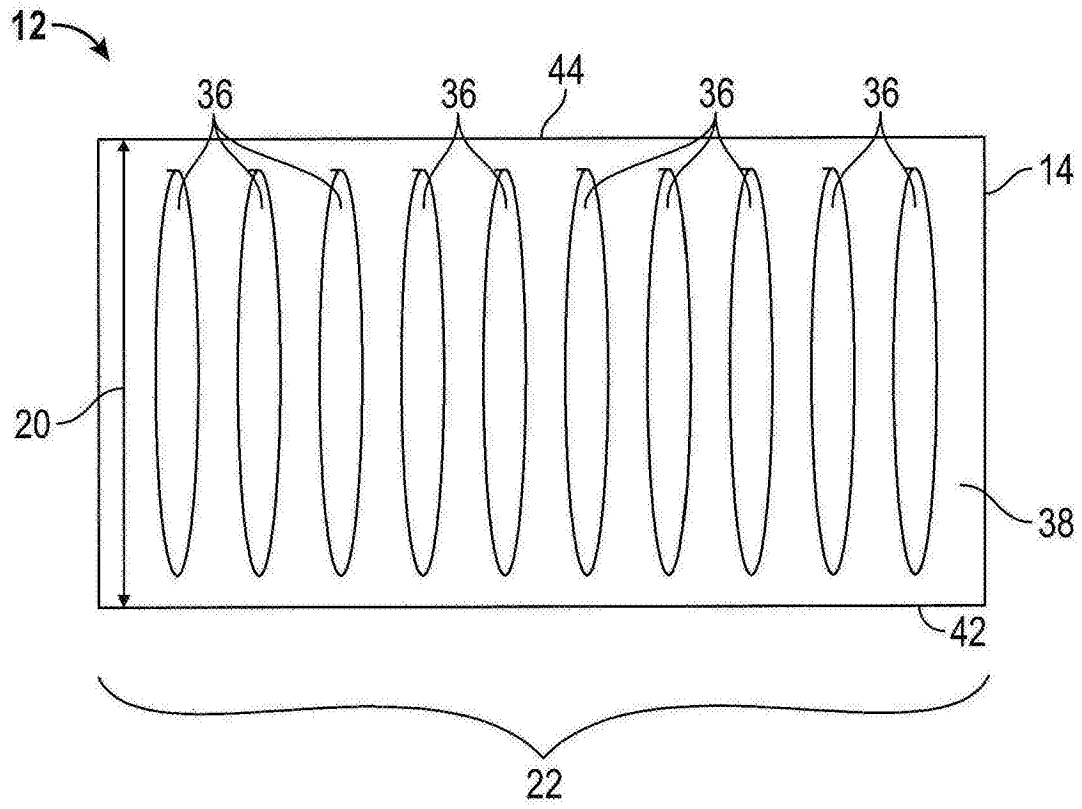


图5B

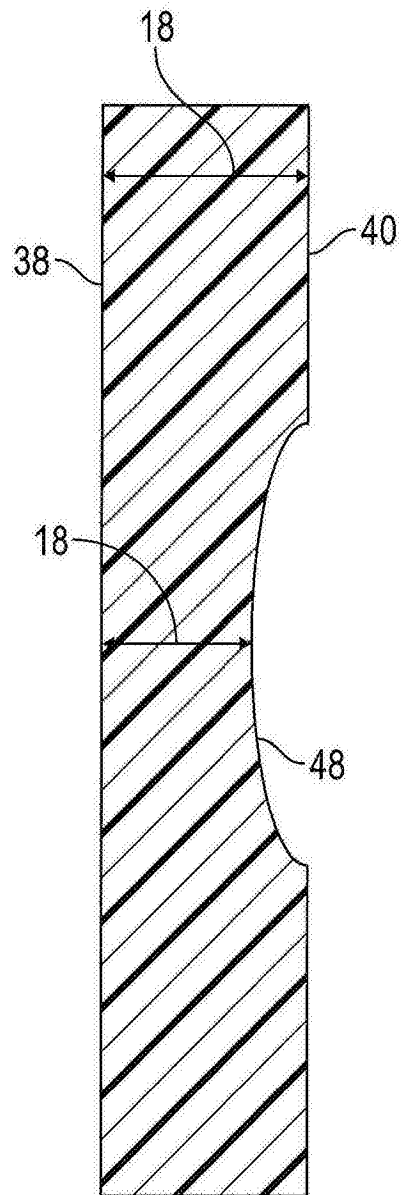


图7

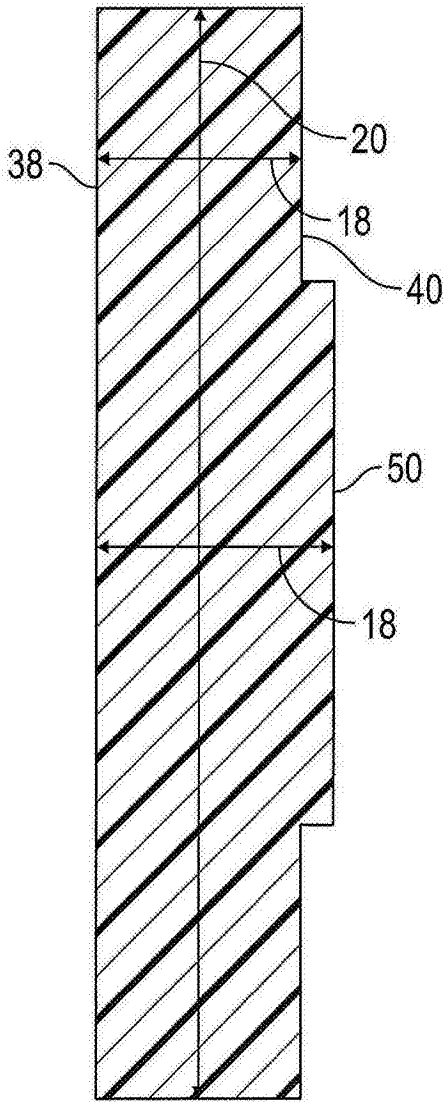


图8

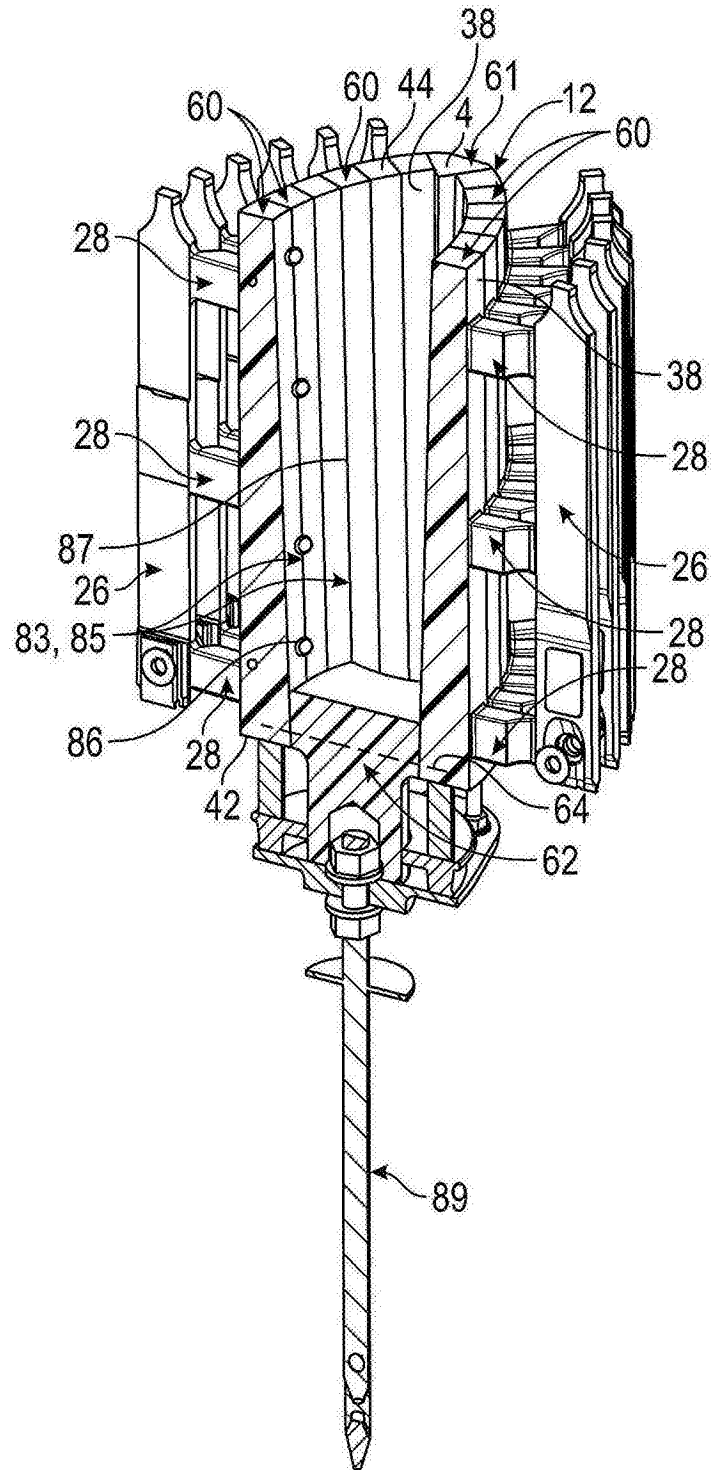


图9

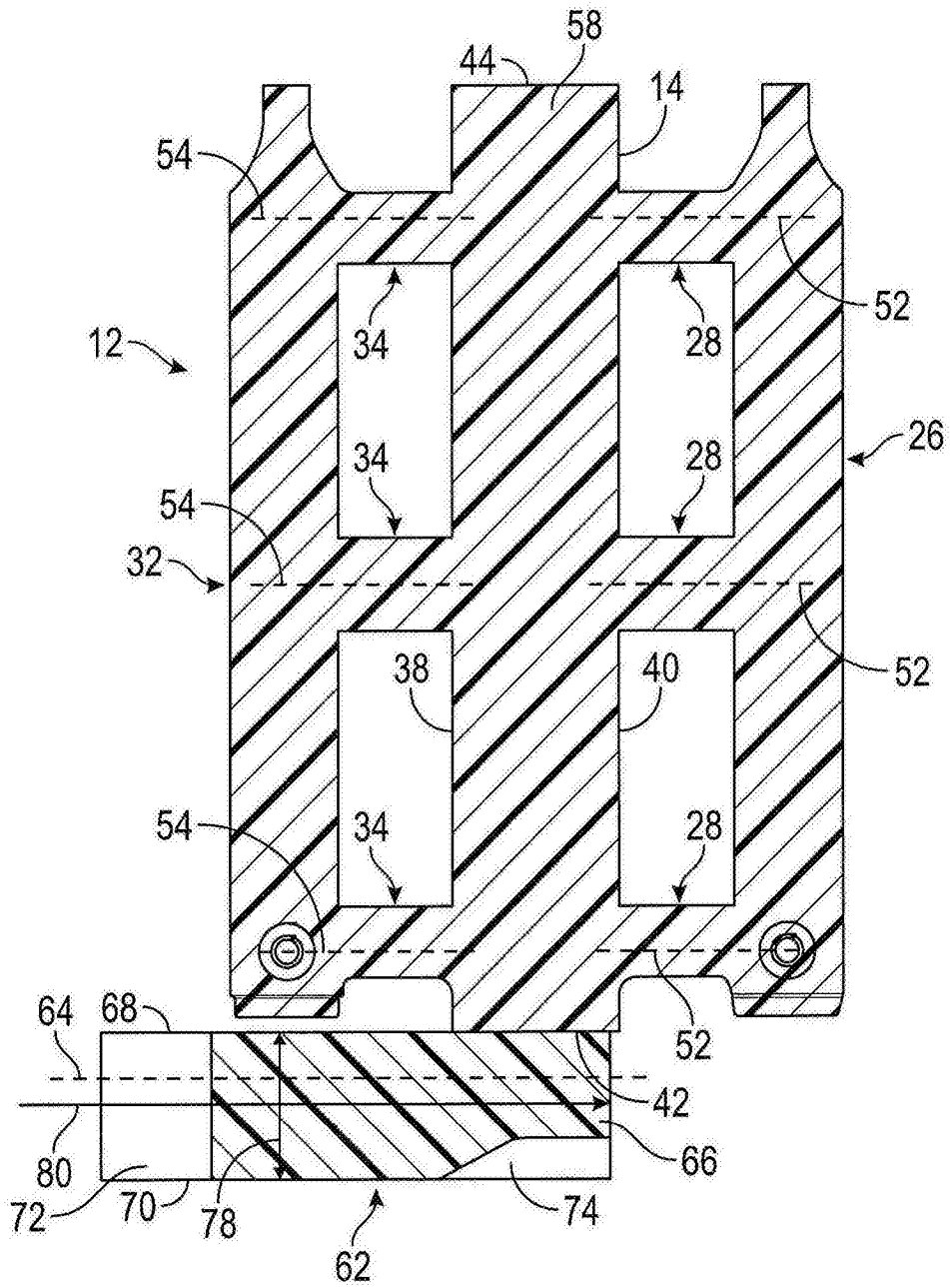


图11

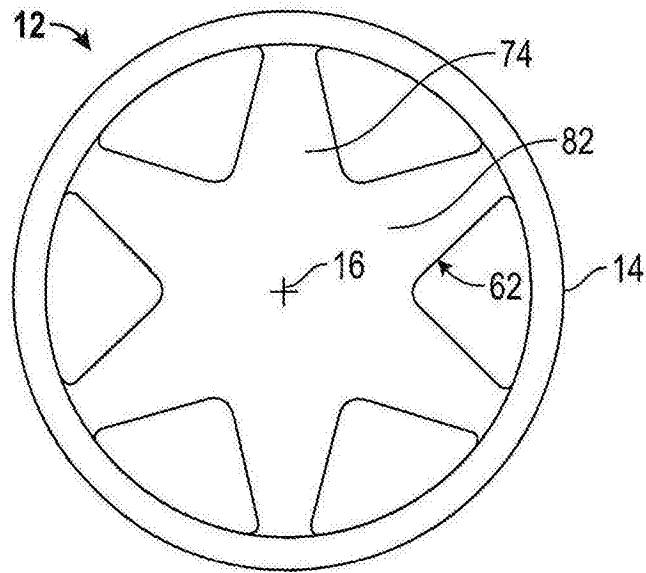


图12

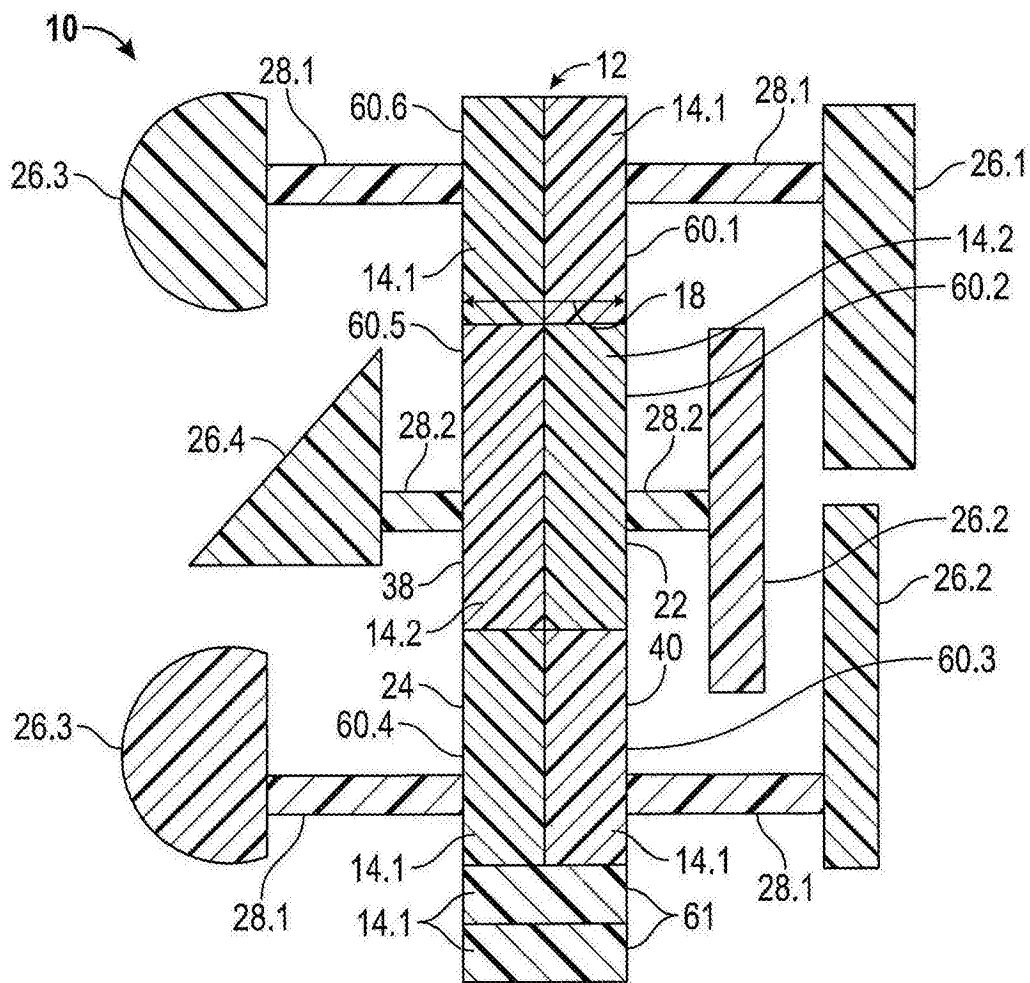


图13

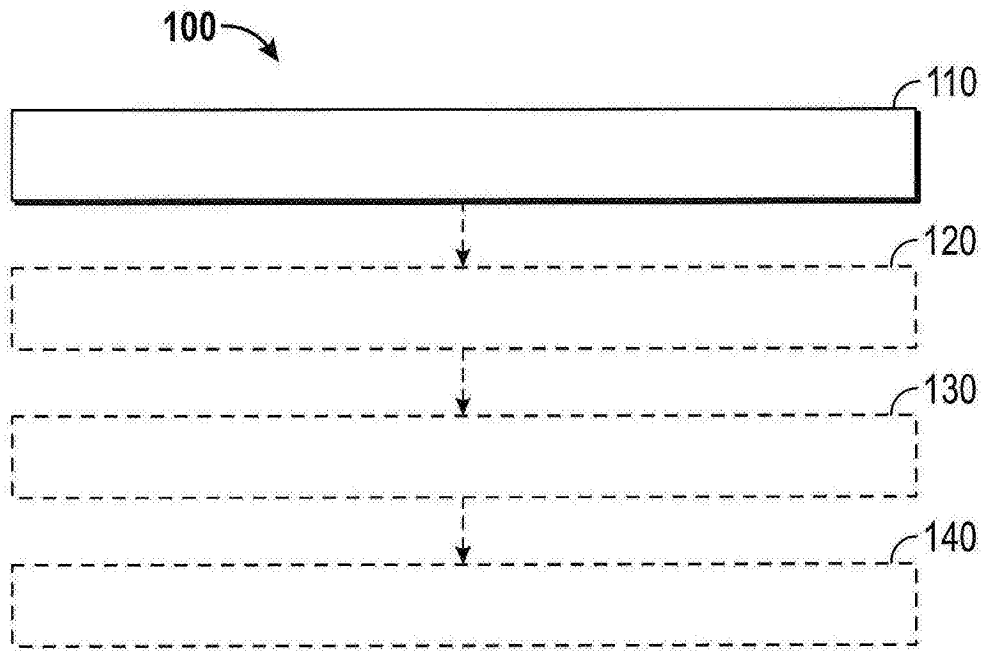


图14

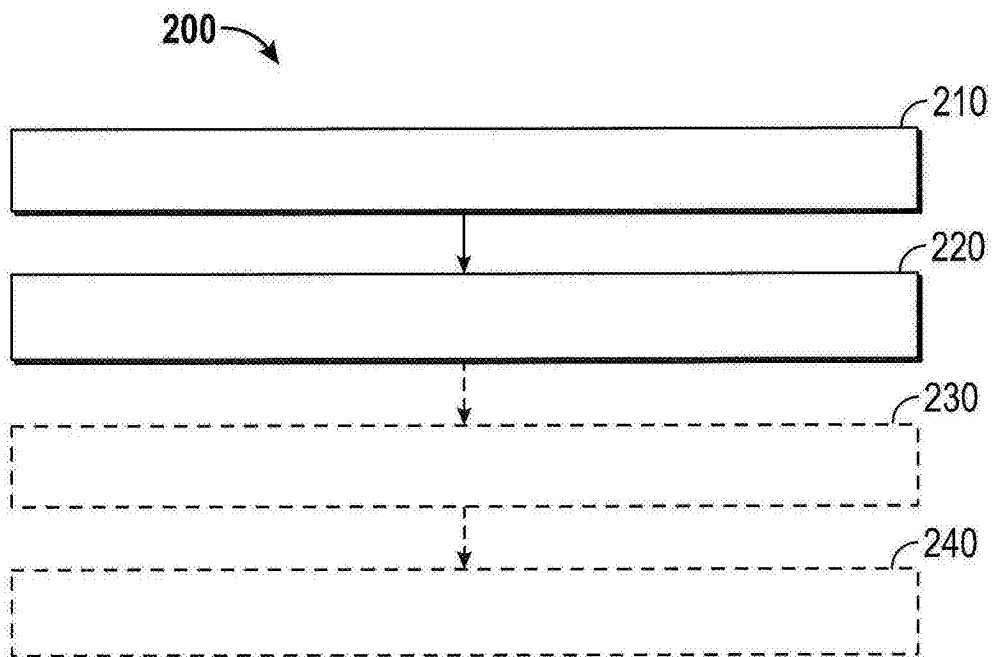


图15

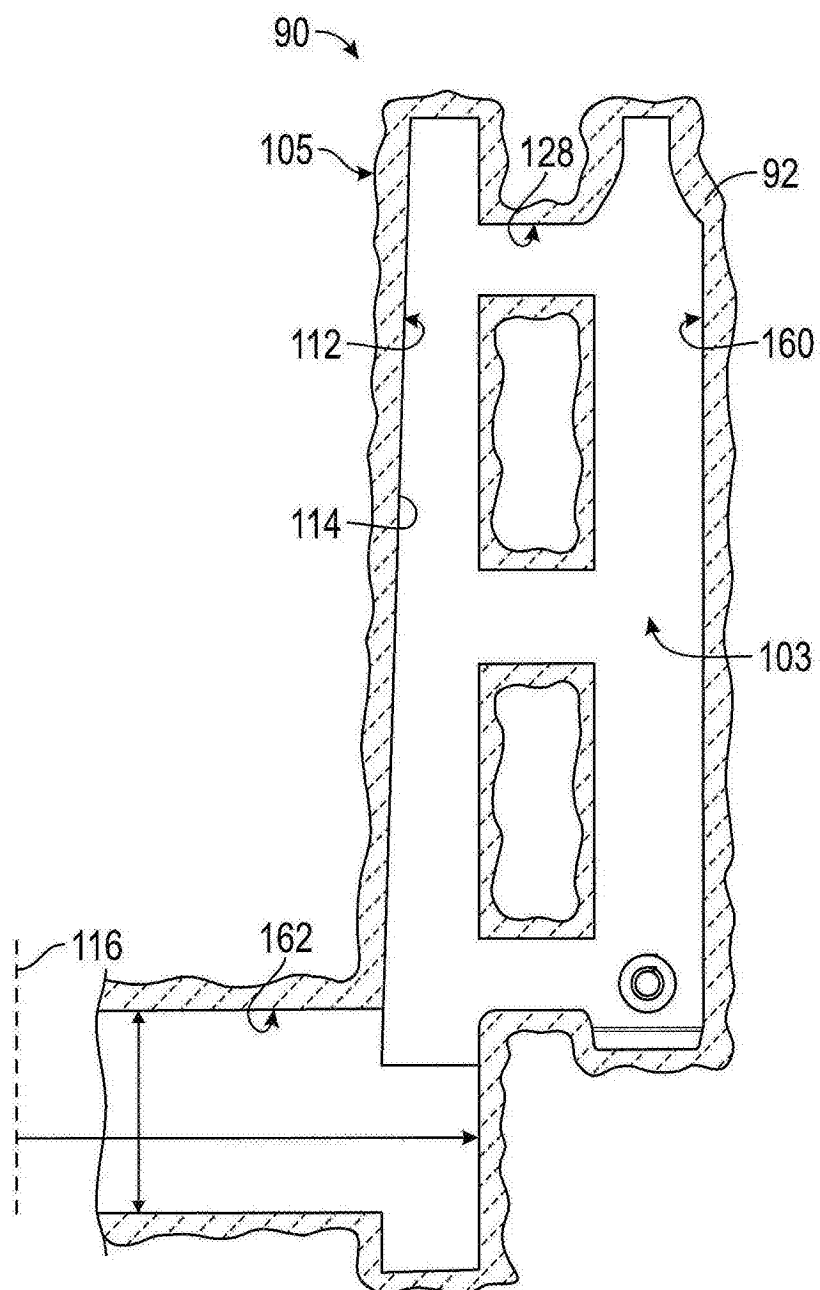


图16

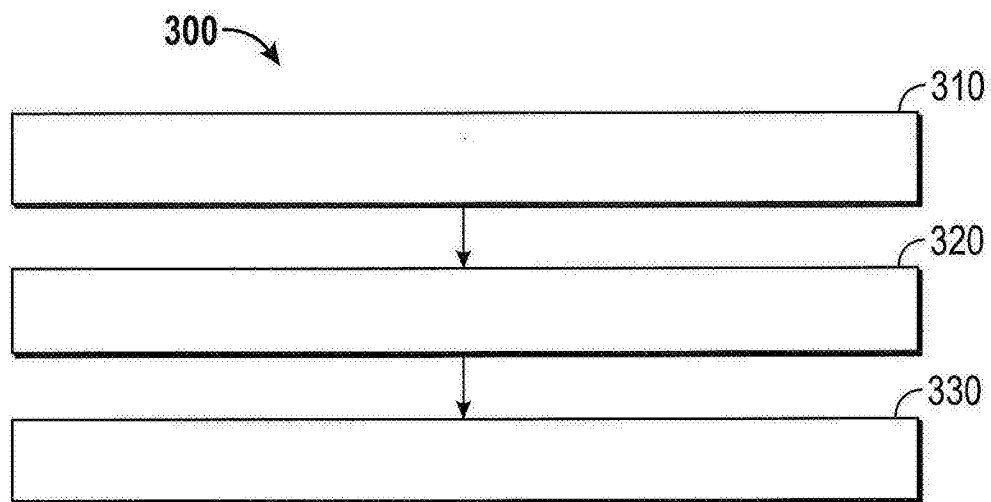


图17

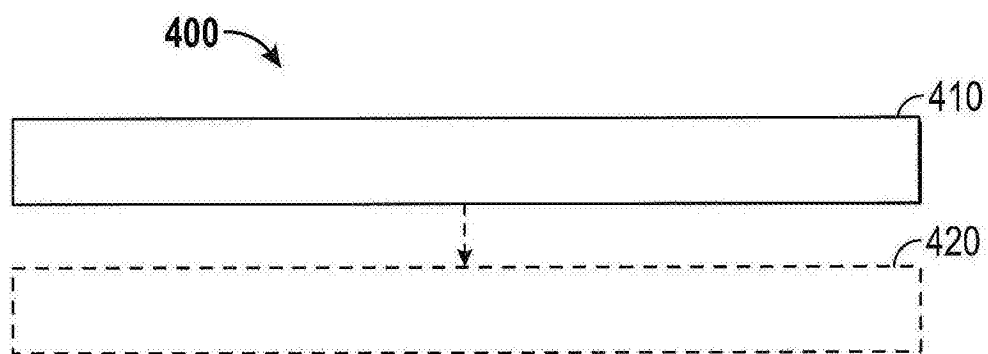


图18