



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106170381 A

(43)申请公布日 2016. 11. 30

(21)申请号 201580012197.3

(22)申请日 2015.03.06

(30)优先权数据

61/949,480 2014.03.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.09.06

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/019302 2015.03.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/134940 EN 2015.09.11

(71)申请人 示罗产业公司

地址 美国俄亥俄州

(72)发明人 亚历山大·雷克赫拉

克利福德·杰森·霍希欧尔

(74)专利代理机构 北京弘权知识产权代理事务所(普通合伙) 11363

代理人 王建国 许伟群

(51)Int.Cl.

B29C 45/73(2006.01)

B29C 45/26(2006.01)

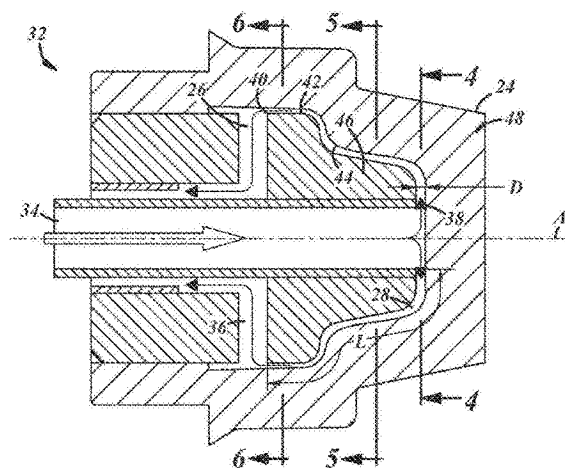
权利要求书3页 说明书9页 附图8页

(54)发明名称

高性能工具冷却系统

(57)摘要

一种成形工具(10,110)包括冷却系统(12),其具有配置用于加强冷却的一个或多个冷却通道(26,126)。冷却通道提供与工具的成形表面(24,124)接触的加热材料的潜热冷却。冷却液以两相流态沿冷却通道流动,其中一部分冷却液是液体,而一部分冷却液是气体。冷却通道的两相部分(28,128)的形状可以跟随成形表面的三维轮廓。冷却通道的相对壁可以由工具的单形成的件的通道表面(42,44,142,144)设置。通过适当配置的冷却通道提供的潜热冷却比传统冷却系统从要在工具中成形的材料提取更多的热量。



1. 一种用于使加热材料成形的工具(10,110),所述工具包括:

工具部分(14,16,18,20),所述工具部分包括在成形过程中接触加热材料的成形表面(24,124),所述成形表面具有三维轮廓;以及

冷却通道(26,126),所述冷却通道形成在所述工具部分中并与所述成形表面间隔开,所述冷却通道的两相部分(28,128)的形状跟随所述成形表面的三维轮廓,并被配置为当从加热材料提取热量时,沿所述冷却通道流动的冷却液经受两相流体流。

2. 如权利要求1所述的工具(10,110),其中,所述工具部分(14,16,18,20)包括第一和第二单独形成的件,所述第一和第二单独形成的件具有第一和第二通道表面(42,44,142,144),第一和第二通道表面(42,44,142,144)跨越所述冷却通道(26,126)彼此面对,并且至少部分地限定所述冷却通道的两相部分(28,128)。

3. 如权利要求2所述的工具(10,110),其中,所述第一和第二通道表面(42,44,142,144)中的每一个都是三维表面,其形状跟随所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)中的成形表面(24,124)的三维轮廓。

4. 如权利要求1所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)被配置为 $Bo^{0.5}Re \leq 160$,其中,Bo是与两相流体流相关的邦德数,并且Re是与两相流体流相关的雷诺数。

5. 如权利要求1所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)被配置为在冷却液中形成的气泡基本上跨越所述冷却通道的相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)。

6. 如权利要求1所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)位于第一开口(38,138)与第二开口(40)之间,并且所述冷却通道的相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)在第一开口与第二开口之间变化。

7. 如权利要求6所述的工具(10,110),其中,在所述第一开口(38,138)处从外部冷却液源接收冷却液,并且冷却液在所述第二开口(40)处从所述冷却通道(26,126)排出,所述相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)在所述第一开口处大于在所述第二开口处。

8. 如权利要求1所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)具有限定在第一开口(38,138)与第二开口(40)之间的长度(L)以及沿横向于长度方向的方向限定的宽度(W),所述冷却通道的相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)比所述冷却通道的长度和宽度二者小至少一个数量级。

9. 如权利要求1所述的工具(10),其中,所述工具是包括型腔(22)的铸造模具,当所述工具在闭合条件下时,所述型腔由所述成形表面(24)部分地限定,所述铸造模具被配置为将熔化金属接收在所述型腔中,并且所述冷却通道(26)被配置为从熔化金属提取热量,以使熔化金属凝固成成形的物品(100)。

10. 如权利要求1所述的工具(110),其中,所述工具是板材成形模具,其配置为当所述工具在打开条件下时接收加热到转变温度之上的金属板材(118),并且当所述工具在闭合条件下时使加热的金属板材成形并淬火。

11. 一种用于使加热材料成形的工具(10,110),所述工具包括:

工具部分(14,16,18,20),所述工具部分包括多个单独形成的件,所述单独形成的件具有通道表面(42,44,142,144)以及在成形过程中接触加热材料的成形表面(24,124);以及

冷却通道(26,126),所述冷却通道形成在所述工具部分中并与所述成形表面间隔开,其中,所述冷却通道的相对壁由单独形成的件的通道表面设置,并且彼此间隔开,以便当从加热材料提取热量时,沿所述冷却通道的两相部分(28,128)流动的冷却液经受两相流体流。

12.如权利要求11所述的工具(10,110),其中,所述相对壁(42,44,142,144)中的每一个在所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)中具有跟随所述成形表面(24,124)的形状的三维形状。

13.如权利要求11所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)被配置为 $Bo^{0.5}Re \leq 160$,其中,Bo是与两相流体流相关的邦德数,并且Re是与两相流体流相关的雷诺数。

14.如权利要求11所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)被配置为在冷却液中形成的气泡基本上跨越所述相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)。

15.如权利要求11所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)位于第一开口(38,138)与第二开口(40)之间,并且所述冷却通道的相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)在第一开口与第二开口之间变化。

16.如权利要求15所述的工具(10,110),其中,在所述第一开口(38,138)处从外部冷却液源接收冷却液,并且冷却液在所述第二开口(40)处从所述冷却通道(26,126)排出,所述相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)在所述第一开口处大于在所述第二开口处。

17.如权利要求11所述的工具(10,110),其中,所述冷却通道(26,126)的两相部分(28,128)具有限定在第一开口(38,138)与第二开口(40)之间的长度(L)以及沿横向于长度方向的方向限定的宽度(W),所述冷却通道的相对壁(42,44,142,144)之间的距离(D)比所述冷却通道的长度和宽度二者小至少一个数量级。

18.如权利要求11所述的工具(10),其中,所述工具是包括型腔(22)的铸造模具,当所述工具在闭合条件下时,所述型腔由所述成形表面(24,124)部分地限定,所述铸造模具被配置为将熔化金属接收在所述型腔中,并且所述冷却通道(26,126)被配置为从熔化金属提取热量,以使熔化金属凝固成成形的物品(100)。

19.如权利要求11所述的工具(110),其中,所述工具是金属板材成形模具,其配置为当所述工具在打开条件下时接收加热到转变温度之上的金属板材(118),并且当所述工具在闭合条件下时使加热的金属板材淬火。

20.一种使加热材料成形为成形的物品(100)的方法,所述方法包括步骤:

(a)将加热材料引入到成形工具(10,110)中;

(b)使加热材料与所述成形工具的成形表面(24,124)接触,以便加热材料符合所述成形表面;并且

(c)在所述成形工具在闭合条件下时经由潜热冷却从加热材料提取热量,其中,提取的热量将沿所述成形工具的冷却通道(26,126)流动的液体冷却液转换成气相。

21.如权利要求20所述的方法,其中,所述成形工具(10)是铸造模具,并且加热材料是当所述工具在闭合条件下时引入到所述成形工具的型腔(22)中的熔化金属,其中,步骤(c)包括从熔化金属提取足够量的热,以使熔化金属凝固成成形的物品(100)。

22. 如权利要求20所述的方法,其中,所述成形工具(110)是金属板材成形模具,并且加热材料是加热到转变温度之上并在所述工具在打开条件下时引入到所述工具中的金属板材(118),其中,步骤(c)包括使加热的金属板材淬火。

23. 如权利要求22所述的方法,其中,金属板材(118)包括钢,并且步骤(c)包括在钢中诱导马氏体转变。

24. 如权利要求20所述的方法,进一步包括以实现双向流体流的方式控制冷却液沿冷却通道(26,126)的流动,其中,液相的冷却液沿冷却通道在一个方向上流动,并且气相的冷却液沿冷却通道在相反方向上流动。

高性能工具冷却系统

[0001] 相关申请的引用

[0002] 本申请要求于2014年3月7日提交的美国临时申请序列号61/949,480的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及在使材料成形的工具中使用的冷却系统以及制造和使用这种冷却系统和工具的方法。

背景技术

[0004] 与热相关的缺陷是加热材料的成形中并且特别是铸造过程中的持续问题。铸造零件的复杂性增加、要求更高的生产率、以及要求更低的报废率都倾向于在模具冷却系统上增加热负荷。典型的冷却系统通常由许多在工具中钻或切成的通道组成,液体冷却剂要通过这些通道流动。这是单相系统,热量从模具表面(其与要成形的材料接触),通过模具的材料,转移到冷却通道的表面,在此液体冷却液吸收热量并将其带离模具。

[0005] 为了保持成形表面处的等温条件,通过冷却液强制对流从冷却通道壁去除热量。但是,由于加热材料与模具之间界面处的高热通量、模具材料(例如,工具钢)的高热扩散阻力、以及冷却液的对流热阻,在过程的成形和冷却部分期间,有时比通过冷却液去除的更多的热量转移到模具材料中。这导致模具的整体温度的增加,其可能会导致一些与热相关的问题,如成形部件的粘模、缩孔、和/或表面裂纹。使用传统的冷却系统,有时在铸造过程的凝固部分之后使用模具喷雾来去除多余热量。这可能延长周期、增加润滑剂的使用、增加液体回收成本、并且由于工具钢的失效降低模具工具的寿命。

发明内容

[0006] 根据一个实施例,用于使加热材料成形的工具包括工具部分和形成在工具部分中的冷却通道。工具部分包括成形表面,所述成形表面具有三维轮廓并且在成形过程中接触加热材料。冷却通道与成形表面间隔开,并包括两相部分,所述两相部分的形状跟随成形表面的三维轮廓。冷却通道的两相部分配置为,当从加热材料提取热量时,沿冷却通道流动的冷却液经受两相流体流。

[0007] 根据另一个实施例,用于使加热材料成形的工具包括工具部分和形成在工具部分中的冷却通道。工具部分包括多个单独形成的件,所述单独形成的件具有通道表面以及在成形过程中接触加热材料的成形表面。冷却通道与成形表面间隔开,并且冷却通道的相对壁由单独形成的件的通道表面设置。相对壁间隔开,以便当从加热材料提取热量时,沿冷却通道的两相部分流动的冷却液经受两相流体流。

[0008] 根据另一个实施例,一种使加热材料成形为成形的物品的方法包括步骤:(a)将加热材料引入到成形工具中;(b)使加热材料与成形工具的成形表面接触,以便加热材料符合成形表面;并且(c)当成形工具在闭合条件下时经由潜热冷却从加热材料提取热量。提取的

热量使沿成形工具的冷却通道流动的液体冷却液转换成气相。

附图说明

[0009] 下文将参考附图描述优选示例性实施例,其中相同符号表示相同元件,并且其中:

[0010] 图1是铸造模具形式的成形工具的实施例的横截面图,其包括具有两相冷却通道的加强的冷却系统;

[0011] 图2是由图1的工具生产的模制物品的横截面立体图;

[0012] 图3是图1的成形工具的工具部分的横截面图,示出了冷却液通过冷却通道的流动;

[0013] 图4是在冷却通道的供给部分接合冷却通道的两相部分的第一开口处截取的图3的工具部分的横截面图;

[0014] 图5是在冷却通道的两相部分处截取的图3的工具部分的横截面图;

[0015] 图6是在沿冷却通道的两相部分长度的不同位置处截取的图3的工具部分的横截面图;

[0016] 图7是板材成形工具形式的成形工具的另一实施例,其包括加强的冷却系统;

[0017] 图8是示出由经受单相流体流动和两相流体流动的冷却液散热的速率的图;

[0018] 图9是冷却液的沸点曲线的实例;

[0019] 图10示意性地描绘了在图9的各个区域I-V处在冷却液中汽泡形成;

[0020] 图11描绘了在冷却通道的两相部分中冷却液的沸点和汽泡形成;

[0021] 图12是沿图11的冷却通道的两相部分的长度的传热系数的图;

[0022] 图13是0.2mm通道中的流体流的数值模拟与已公布数据的比较;

[0023] 图14是冷却通道中的压降作为相对通道壁之间的距离的函数的图;

[0024] 图15是冷却通道中的传热系数作为相对通道壁之间的距离的函数的图;

[0025] 图16是具有加强的冷却系统的图1的工具的型芯部分的热转换图像;并且

[0026] 图17是加强的冷却系统实施之前的同一型芯部分的热转换图像。

具体实施方式

[0027] 下面描述使加热材料成形并冷却以形成制成品的工具。所述工具包括冷却系统,所述冷却系统具有形成在工具中的一个或多个冷却通道。当加热材料与工具的成形表面接触时,冷却液沿冷却通道流动,并从加热材料提取热量,以帮助材料转换成希望的形状和/或状态。可以如以下描述配置冷却通道,以通过将冷却液带到其沸点并利用冷却液蒸发的潜热以冷却加热材料,来极大地提高从加热材料提取热量的速率。

[0028] 现在参见图1,示出了铸造模具形式的示例性成形工具10。铸造模具10包括冷却系统12,并配置为使熔化的材料成形为铸造或模制物品,如,图2所示的壳体100。在一个具体实施例中,工具10适合用在高压铝压铸过程中。所述工具可以是另一类型的成型工具,如,低压金属铸造模具或塑料注射成型工具。替代地,所述工具可以是板材成形工具,如,热金属冲压工具或塑料热成形工具。在此,可以利用冷却系统12的这些和其他工具统称为成形工具。

[0029] 所示的工具10包括多个工具部分14-20,并在图1中以闭合条件示出。当在闭合条

件下时,工具部分14-20一起限定型腔22。每个工具部分14-20具有暴露到型腔22的成形表面24。在该具体实例中是熔化的金属的加热材料被引入到型腔22中,并接触和符合成形表面24。熔化的材料在冷却系统12的帮助下冷却并在型腔22中凝固。然后工具10可以被改变到打开条件,以移除物品100。在该实例中,工具部分14、16是具有相应成形表面24的型芯部分,其限定模制品100的内表面102的形状,并且工具部分18、20是腔部分,其限定模制品的外表面104的形状。所述工具被配置为,型芯部分14、16可以朝向彼此或远离彼此移动,以在相应的闭合或打开条件下放置工具。腔部分18、20也可以朝向彼此或远离彼此移动,以闭合或打开工具10。

[0030] 冷却系统12包括一个或多个冷却通道26,并且可以包括或利用各种组合形式的一个或多个以下特征:微通道、两相流体流动、适形的或三维冷却通道、双向流体流动、潜热冷却、沿它们的长度具有不均匀横截面积的冷却通道、具有不可忽视的表面张力效应的流态、由工具单独形成的件设置的相对壁、或比通道的长度和宽度小至少一个数量级的相对通道壁之间的间隔。这个特征的列表不是详尽的,并且将在下面进一步详细地描述这些特征中的一些特征。

[0031] 在图1的实例中,每个型芯部分14、16包括冷却通道26,所述冷却通道具有为了加强冷却配置的部分28。所示型芯部分14包括基体30和插入件32。插入件32包括冷却通道26,所述冷却通道具有为了加强冷却配置的部分28。在一个实施例中,冷却通道26的部分28是冷却通道的两相部分。当从型腔22中的加热材料提取热量时,沿冷却通道26的两相部分28的冷却液流动经受两相流体流。在两相流体流中,一部分冷却液处于液相,并且一部分冷却液处于气相。

[0032] 两相流体流的特征为潜热冷却。如在此使用的,潜热冷却是冷却过程的类型,其使用冷却液蒸发的潜热来从加热材料提取热量,以在材料与工具10的成形表面24接触时使加热材料凝固或者改变加热材料的相或状态。蒸发的潜热是冷却液从液相改变到气相所需的冷却液每单位质量的热能。因此,潜热冷却经由冷却液在恒温(即,在流体的沸点)下的相变,并且不仅仅依靠仅根据冷却液的比热升高冷却液的温度的转移到液相的热能,从加热材料提取热量。在一定条件下,如在充分配置冷却通道部分的条件下,可能发生双向流体流,此时液相下的冷却液沿一个方向流动,并且至少一些气相下的冷却液沿相反方向流动。

[0033] 图3是图1的工具的型芯部分14的插入件32的放大横截面图,并且示出了通过冷却通道26,包括沿冷却通道的两相部分28的冷却液的流动。所示的冷却通道26包括供给部分34和返回部分36。供给部分34经由第一开口38与两相部分28流体连通,并且与外部冷却液源(未示出)流体连通。返回部分36经由第二开口40与两相部分28流体连通,并且与冷却液返回线(未示出)流体连通。冷却通道26的两相部分28位于第一与第二开口38、40之间。如由图3的箭头所指示的,冷却液从外部冷却液源通过供给部分34流进插入件32中,经由第一开口38进入通道26的两相部分28,沿两相部分流动,并经由第二开口40离开两相部分,在远离插入件处流进返回部分36中。

[0034] 冷却通道26是插入件32的中空内部部分,并且与成形表面24间隔开。在所示的实施例中,成形表面24具有三维轮廓,并且冷却通道26的两相部分28的形状跟随该三维轮廓。所示的通道26的两相部分28限定在相对的壁或通道表面42、44之间。在该实例中,每个通道表面42、44都是三维表面,所述三维表面的形状跟随通道26的两相部分28中的对应成形表

面的三维轮廓。

[0035] 总体上跟随工具的成形表面的轮廓的冷却通道可以被称为保形冷却通道。保形冷却通道可以被配置为在冷却通道与成形表面之间保持工具材料(例如,工具钢)的相对恒定的厚度,在工具内沿它们的长度改变方向,以跟随成形表面的轮廓。

[0036] 如图3所示,工具部分14的插入件32可以由单独形成的内部件和外部件46、48构成,所述内部件和外部件附接在一起,以在它们之间形成通道的两相部分28。该构造能够使冷却通道26包括跟随成形表面的轮廓的部分,并且允许冷却通道的部分具有沿其长度可变的尺寸。传统的冷却通道是钻削或横向钻削在成型工具中的,典型地产生线性的、互连的通道的集合,每个通道具有由用来形成它的钻头钻出的圆形横截面。当冷却通道26的两相和其他部分可以包括圆形横截面和/或线性段时,在此描述的冷却通道以及其部分可以是非线性的、三维的和/或保形的。通道的相对壁不总是圆柱的壁。

[0037] 彼此相对的通道壁42、44横穿冷却通道26,并且彼此间隔开距离D,所述距离可以沿通道的流动方向变化。冷却通道的两相部分28具有长度L,所述长度限定在第一与第二开口38、40之间,并沿所示的通道轮廓测量。沿横向于或垂直于长度方向和测量距离D的方向二者的方向测量通道的宽度。在型芯插入件32是圆形的并关于中心轴线A对称的具体的所示实施例中,沿圆周方向测量通道宽度。这在图4至图6中是明显的,图4至图6是在沿中心轴线A的不同平面处截取的插入件32的横截面视图。

[0038] 图4的横截面是在第一开口38处截取的,在第一开口处,冷却通道的供给部分34接合两相部分28。同样在图4中描绘的是在第一开口38处的冷却液流的方向。离开冷却通道的供给部分的冷却液通过环形第一开口38径向分散。图5的横截面是通过冷却通道的两相部分28截取的。图6的横截面是通过图6的横截面的下游的两相部分截取的。在该实例中,冷却通道的有效宽度W是沿中心轴线的任意给定平面处的周长。如图3至图6的冷却通道的形状,两相部分28的有效宽度W沿通道的长度变化。具体地,宽度W沿通道的长度从第一开口38到第二开口40增加。同样在该具体实例中,通道表面42、44之间的距离D沿通道的长度变化,沿通道的长度从第一开口38到第二开口40减小。

[0039] 如从图4至图6清楚的,冷却液沿板状构造中的冷却通道的两相部分28流动,所述板状构造具有沿通道表面42、44的三维轮廓沿所有方向延伸的相对薄的冷却液层。在所示的实例中,冷却液沿薄的、钟形构造中的冷却通道的两相部分流动,在非常大的表面面积上提供冷却液。

[0040] 在各个实施例中,通道的相对壁之间的距离D比两相部分中的通道的长度L和宽度W二者小至少一个数量级。在某些实施例中,距离D比长度L和宽度W二者小至少两个数量级。例如,距离D可以是在从大约0.5mm至大约4mm的范围内,而长度L和宽度W二者可以是在从5mm至40mm或从50mm至400mm的范围内。这些范围不是限制性的,而是提供用来突出与传统冷却通道的某些结构区别。

[0041] 如在图中所示的,两相部分28可以具有比冷却通道26的其他部分小的尺寸,并且在某些情况下,具有比传统钻削的冷却通道小的尺寸。具体地,通道的相对壁之间的距离D在两相部分28中可以相对小。冷却通道的这些部分可以被称为微通道,其是关于通道大小的非限制性术语。对于给定的冷却液,微通道的横截面可以总体上比现有技术中提供的传统冷却通道小。例如,使用水基冷却液的传统铸造模具冷却通道的直径可以是9mm至10mm,

而对于类似的冷却液,可比较的微通道的大小的范围可以从大约0.5mm至大约4mm。

[0042] 冷却通道的两相部分28的特征同样可以为在其中的流体流。两相部分28可以尺寸设置为或者配置为:与冷却液中形成的气泡相关的表面张力效应在沿通道的流体流中扮演者相对重要的角色。与气泡在冷却通道壁处形成并从冷却通道壁释放的较大的冷却通道相比,冷却通道的两相部分可以被制造得足够小,气泡快速地达到跨越相对通道壁之间的距离D的尺寸,当液相中的冷却液通过充满气泡的通道时使表面张力效应明显。下面给出对于确定冷却通道的两相部分的特征有用的其他参数。通道尺寸也取决于冷却液的性能,并可能因此与例如用于水基冷却液和油基冷却液的非常不同。

[0043] 在某些情况下,冷却通道的两相部分28具有相对壁之间的距离D,所述距离足够小,必须考虑沿通道长度的压降,以保持所需流态的冷却液流。因此,如上面所提到的,两相部分28可以沿其长度具有不均匀的横截面面积、或相对壁之间的距离D,以沿通道保持希望的流体速度和流量。

[0044] 与流体流和表面张力效应相关的某些无量纲量可以组合,并且用来帮助实现冷却通道中的希望的两相流体流态。邦德数(Bo)和雷诺数(Re)是这些量中的两个。在某些实施例中,冷却通道的两相部分配置为满足下面的关系:

[0045] $Bo^{0.5}Re \leq 160$ 。

[0046] 邦德数定义为:

$$[0047] \quad Bo = \left[\frac{g(\rho_f - \rho_g)}{\sigma} \right] D^2,$$

[0048] 其中g是重力加速度, ρ_f 是流体密度, ρ_g 是气体密度, σ 是表面张力,并且D是通道的深度(即,相对通道壁之间的距离)。

[0049] 雷诺数定义为:

$$[0050] \quad Re = \frac{m' L}{\mu_f}$$

[0051] 其中, m' 是质量流率,并且 μ_f 是动态流体粘度。关于邦德数与雷诺数之间的相互作用的重要性在下面有进一步解释。

[0052] 图7是利用上述加强的冷却系统的另一成形工具110的横截面图。所示的成形工具110是板材成形工具,如,塑料热成形工具或金属板冲压或成形工具。冷却系统对于用在热冲压过程中的成形工具是特别有用的,这样的过程将加热材料引入到成形工具,在制成成形物品之后,必须从成形工具去除热量。冷却系统112总体上与关于图1至图6在上述描述的冷却系统相同,并且板材成形工具110包括类似于上述铸造模具10的组件。

[0053] 图7的工具包括第一和第二(即,上部和下部)工具部分114、116,并且以闭合状态示出,其中加热材料118形成在这些工具部分之间。每个工具部分具有成形表面124,所述成形表面接触加热材料,并且加热材料符合所述成形表面。在打开工具以去除成形的物品之前,加热材料118在冷却系统112的帮助下冷却。所述工具被配置为,工具部分114、116可以朝向彼此或远离彼此移动,以在相应的闭合或打开条件下放置工具。

[0054] 在所示实例中,下部工具部分116包括基体130和插入件132。插入件132包括冷却通道126,所述冷却通道具有为了加强冷却配置的部分128。部分128可以是冷却通道的两相

部分。图7示出了冷却液通过冷却通道126,包括沿冷却通道的两相部分128的流动。所示部分的冷却通道126包括供给部分134,所述供给部分经由第一开口138与两相部分128流体连通,并且与外部冷却液源(未示出)流体连通。如由图7的箭头所指示的,冷却液从外部冷却液源通过供给部分134流进插入件132中,经由第一开口138进入通道126的两相部分128,沿两相部分流动,然后经由第二开口(未示出)离开两相部分。

[0055] 如同图1至图6所示的实例,成形表面124具有三维轮廓,并且冷却通道126的两相部分128的形状跟随该三维轮廓。所示的通道126的两相部分128限定在相对的壁或通道表面142、144之间。在该实例中,至少部分的通道表面142、144是三维表面,所述三维表面的形状跟随对应成形表面124的三维轮廓。插入件132由单独形成的内部件和外部件146、148构成,所述内部件和外部件附接在一起,以在它们之间形成通道的两相部分128。彼此相对的通道壁142、144横穿冷却通道126,并且彼此间隔开距离D,所述距离可以沿通道的流动方向变化。如从图7清楚的,冷却液沿板状构造中的冷却通道的两相部分128流动,所述板状构造具有沿通道表面42、44沿所有方向延伸的相对薄的冷却液层。

[0056] 当应用到热冲压过程时,加强的冷却系统对于使加热的板材淬火和/或改变或控制金属的显微结构可以是有用的。所述过程可以包括将材料加热到转变温度之上,在加热同时使材料成形,并且使材料淬火以实现特殊的显微结构。在淬火步骤中冷却速率可以是急速的,以实现所希望的显微结构。例如,某些硼基钢可以被加热到奥氏体转变温度附近的温度、奥氏体转变温度或奥氏体转变温度之上的温度,用于成形,然后以足以形成马氏体显微结构的速率淬火。如果淬火过程中的冷却速率太慢,则在完成的物品中可能无法实现所希望的机械性能。

[0057] 在一个具体实例中,加热材料是钢板,钢板被加热到从650°C至850°C范围中的温度,或者被加热到钢板具有提高的成形性由此允许在一个冲程中形成复杂形状的其他合适温度。加热材料在工具部分之间被挤压,在上述冷却系统112的帮助下在压力下冷却特定的时间。冷却所需的时间可以基于达到全部成型深度之后板的厚度来变化。在冷却期间,成形的部件以至少50°C/s的冷却速率,或以从大约50°C/s至100°C/s范围内的冷却速率在闭合的工具中淬火,导致在材料中至少有一些马氏体转变。转移、冲压和冷却的总循环时间的范围可以从15秒至25秒。成形物品在大致150°C离开热冲压工具。具有两相冷却通道并且水作为冷却液的上述加强的冷却系统已经确定,与传统冷却线的大致90,000W/m²K相比,从加热材料并通过成形表面到冷却通道的传热系数增加到1,000,000W/m²K。

[0058] 实验

[0059] 剩下的图和描述与对用在铝压铸过程中的钢铸造模具中的图示加强冷却系统的成功实施和设计的描述一起概述了加强的冷却系统设计的一些原理。本领域技术人员将认可冷却系统的附加特征的具体实例和在该非限制性实例中使用冷却系统的方法。意图是,这些特征也可以各种方式与上述特征组合,以实现这些技术的优点。

[0060] 通过上述加强(即,高性能)冷却系统的设计和实施,已经实现了在金属铸造过程中成功防止高温聚集。冷却系统利用沿压铸工具的冷却通道的一部分的两相流体流,并且实现了比简单液相冷却更高的散热率。两相流体流利用冷却液蒸发的潜热来提供相对高的传热速率。如下所述,高性能冷却系统已经模式化有商业软件(例如, **FLOW3D**[®])。在生产铸造模具和与数值分析相关的结果中实施冷却系统的工作实例。

[0061] 冷却系统的效率通常可以通过以下方式提高:通过移动冷却通道或线更接近铸造表面或通过使用具有更高传热系数的铸造模具材料,降低模具的热阻;增加冷却通道壁与冷却液之间的对流传热系数;和/或降低冷却液的温度。

[0062] 在诸如高压铝铸造的一些加热材料成形过程中,高压力和高熔化金属速度造成铸造过程中多余热量的问题。例如,机械和热应力是可以限制模具的冷却通道与铸造表面之间所需的最小距离的因素。

[0063] 单相系统(在此液体冷却剂保持在液相沸点之下)中的热通量可以表示为:

$$[0064] \quad q_{s-p} = \dot{m} C_p (T_f - T_w) \quad (1)$$

[0065] 其中, \dot{m} 、 C_p 、 T_f 和 T_w 分别是冷却液的质量流率、比热、温度,以及冷却通道壁的温度。改变冷却液的温度对冷却系统的效率具有有限的影响。

[0066] 两相系统(在此冷却液保持在其沸点处或之上,作为液相和气相的混合物)中的热通量可以表示为:

$$[0067] \quad q_{m-p} = \dot{m} x h_{lg} \quad (2)$$

[0068] 其中, x 和 h_{lg} 分别是蒸发的质量和潜热。

[0069] 图8是等式(1)和(2)的图,示出了两相系统可以比单相系统多散热几乎一个数量级。两相系统的更高效率是至少部分地由于大多数流体蒸发的潜热比显热大至少一个数量级,这样,更多的热量可以相同的冷却液流速被转移。两相系统的另一优点在于,冷却液的蒸发总是在相同的沸腾温度发生,其可以帮助防止系统的过度冷却。

[0070] 沸腾是当流体达到其饱和温度时发生的相变过程,并且是相对有效的传热方式。图9和图10描绘了沸腾的不同阶段。图9示出了典型的沸腾曲线,示意性的表示图10中的气相配置。在邻近过热的通道壁的层中开始沸腾,形成独立的蒸发(例如,蒸汽)气泡。在该第一阶段(区域I),气泡的生长受表面张力抑制,并且马朗戈尼热流是占主导地位的传热机制(图10(a))。当壁温度升高时,气泡继续生长,并且在某一时刻克服表面张力的抑制而与壁分离(图10(b))。这种气泡从通道壁形成和分离对流体的热边界层有显著的影响。该阶段的热量转移对应于图9中的区域II。

[0071] 如图9所示,从对流热传递(I)到泡核沸腾(II)的改变对应于传热系数的大幅增加。当壁的温度进一步升高时,形成的气泡在它们沿垂直方向移动时开始合并在一起,形成气体或蒸汽喷射流(图10(c))。该阶段的沸腾对应于图9中的区域III。在该阶段,邻近的蒸汽喷射流合并成更大的结构(图10(d)),并且加热的壁的大部分表面被蒸汽覆盖。壁的表面变得与液体隔离,使其难以用液体润湿加热壁的表面。在该阶段结束前,达到临界热通量(CHF),并且壁的温度非常快速地升高。

[0072] 当壁的表面变得被隔离时,热量不能有效地转移到液体冷却液中。这导致热通量的减少,如图9的区域IV所示。如果壁的温度继续升高,则热通量超过CHF,并且大量的流体开始沸腾(图10(e))。这意味着偏离泡核沸腾,并且特征为大气泡的形成。该阶段的沸腾(IV)可以被称为过渡沸腾或部分膜态沸腾。由于过程的动态性质,条件可能在膜与泡核沸腾之间摆动。当壁的温度继续升高时,沸腾过程转移到膜沸腾,如图9中的区域V和图10(f)表示的。

[0073] 两相冷却系统的优点是能够结合高传热系数沿流体流动方向保持准稳定态的通道壁温度。在成形过程的冷却或凝固部分的过程中,在冷却液到达其沸点的任何时间,在模具的冷却通道中可能发生两相流。但是,在特别配置的冷却通道部分中的受控制的两相流与传统模具冷却通道中的沸腾冷却液之间存在某些差异。在在此描述的加强冷却系统中,一部分的冷却通道可以被配置为表面张力对流体流动特征具有更明显的影响。因为气泡生长和快速达到通道的大小,在微通道中可以很少观察到气泡流。在相对小尺寸的通道中,通常不存在泰勒不稳定性。

[0074] 在图11中示出了微通道中的沸腾过程的典型阶段。阶段I表示冷却液的单相(液体)流。强制对流是阶段I的主要传热方式。阶段II的特征为气泡流—短暂而不稳定的流态。当更多的热量转移到冷却液中时,气泡生长得更大,合并成更大的块(阶段III),并且占据了相对通道壁之间的距离D的大部分或全部。进一步扩张的气泡减少了流体中的压力,并且表面张力沿相反的方向向前推动流体。这导致了反向流动,液体冷却液的膜邻近通道壁(阶段IV)。当液体继续沿通道的长度流动时,薄层流体继续蒸发,并且如果在通道中没有足够的流体供给可以导致干燥的条件(阶段V)。在图12中绘制了沿两相通道长度的传热系数。如所示的,在阶段II结束的附近达到传热系数的最高值。

[0075] 在过程的冷却阶段过程中,在从加热材料(例如,熔化的金属)提取转移到整个工具材料中的热量中,铸造模具或其他成形工具的冷却通道扮演了重要的角色。冷却通道的增强的能力可以帮助减少或防止上述许多铸造问题。消散更大热通量的能力还可以减少加热材料的冷却时间。已经尝试通过基于计算的热负荷,即,工具表面的预测热区域具有例如相关的更高冷却剂流速,设置特定通道的形状或大小,优化模具冷却通道。但是,在这些努力中,冷却通道位置和间隔被保持得与传统钻削冷却通道设计一致。

[0076] 在概念验证实验中,可以利用三维冷却通道和/或微通道的在此描述的高效冷却系统已经模式化有商业CFD软件(例如, **FLOW3D®**)。在图13中示出了对于在 $D=0.2\text{mm}$ 通道中流动的水,无量纲量Nu与Re数之间的实验得到的(公开的)与数值近似关系之间的结果的比较。数值结果与实验结果彼此之间相差5%以内。

[0077] 当利用相对通道壁之间的相对小的距离D时,当设计冷却系统时应该考虑沿通道长度L的压降。作为相对通道壁之间的距离D的函数,在图14中绘制了冷却通道中的压力变化。在所示实例中,对于 0.4mm 或更大的通道尺寸D,压降明显降低。在图15中绘制了相对通道壁之间的距离D对传热系数的影响。在该实例中,传热系数基本上独立于 0.4mm 或更大值的距离D。

[0078] 在某些情况下,无限制的气泡流是优选的流态,以使冷却通道中的传热系数最大。微通道中有限制的与无限制的气泡流之间的转变如下表示:

$$[0079] \quad Bo^{0.5}Re = 160. \quad (3)$$

[0080] 其中,Bo是邦德数,并且Re是雷诺数。图11的区域IV与V之间的转变由等式(3)表示,大于160的数表示区域V流,并且小于160的数表示区域IV流。

[0081] 选择在门的前方具有型芯部分的金属压铸工具,以验证加强冷却系统的有效性。图1至图6中描绘的实施例是代表性的验证工具。该铸造工具用在高压压铸过程中,以由铝A380生产部件。铸造物品的重量是 4.1kg ,具有 6mm 的平均壁厚度。在铸造过程中在门处的熔化的材料的速度是 40m/s 。传统的型芯由层叠式水喷水冷却。传统的型芯具有持续的焊接问

题,并且具有专用的外部喷雾冷却线,以在每个循环之后进一步冷却型芯。在此讨论的具体的型芯部分是图1和图3的插入件32,其包括形成图2的铸造物品的内部表面部分的成形表面。

[0082] 在图1和图3中描绘的包括两相部分28的冷却通道26被实现为由H13工具钢制成的两件式插入件32。冷却通道26的两相部分28形成在单独形成的内部件与外部件46、48之间,所述内部件和外部件焊接在一起或以其他方式附接在一起。为了使外部件48的扩散阻力最小,考虑到模具填充部分的过程中的高速熔化金属的压力,冷却通道被定位为尽可能接近成形表面,所述外部件包括在铸造过程中接触熔化的铸造材料的成形表面24。进行有限元分析,以验证在压铸操作过程中与熔化的金属相互作用的型芯部分中产生的应力不超过H13钢的疲劳应力。

[0083] 在通过仿真验证应力不超过工具钢的疲劳应力之后,制造插入件32并实施在图1的铸造模具10的型芯部分14中。在2000个铸造循环之后,使用FLIR红外热成像相机测量型芯部分的温度,结果在图16中示出。将具有加强的冷却系统的型芯部分的各个部分的温度与使用传统冷却的原始型芯的温度进行比较(图17)。在预先与原始传统冷却系统实施的辅助冷却喷雾之前测量温度。如可以在图16中看到的,具有包括两相冷却通道的加强冷却系统的型芯可能不需要任何辅助后循环冷却,如在部件凝固之后的冷却喷雾。具有加强冷却系统的型芯插入件在6000次铸造循环之后经受目测检查并且不表现出任何焊接证据。

[0084] 应该理解,上述描述不是本发明的限定,而是本发明的一个或多个优选示例性实施例的描述。本发明不限于在此公开的具体实施例,而是仅由下面的权利要求来限定。此外,上述描述中包含的声明涉及具体实施例,并且不认为是对本发明的范围或在权利要求中所使用的术语的定义的限制,除非在上面明确地定义了术语或短语。本领域技术人员将变得清楚各个其他实施例和对所公开的实施例的各种变化和修改。所有这些其他实施例、变化和修改都要在所附权利要求的范围内。

[0085] 如在说明书和权利要求中所使用的,术语“例如”、“如”、“举例来说”、“诸如”和“像”,以及动词“包含”、“具有”、“包括”以及它们的其他动词形式,当结合一个或多个组件或其他物品的清单使用时,各自被认为是开放式的,意味着该清单不被认为排除其他额外的组件或物品。其他术语使用它们的最广泛的合理意义来解释,除非他们被用在要求不同解释的上下文中。

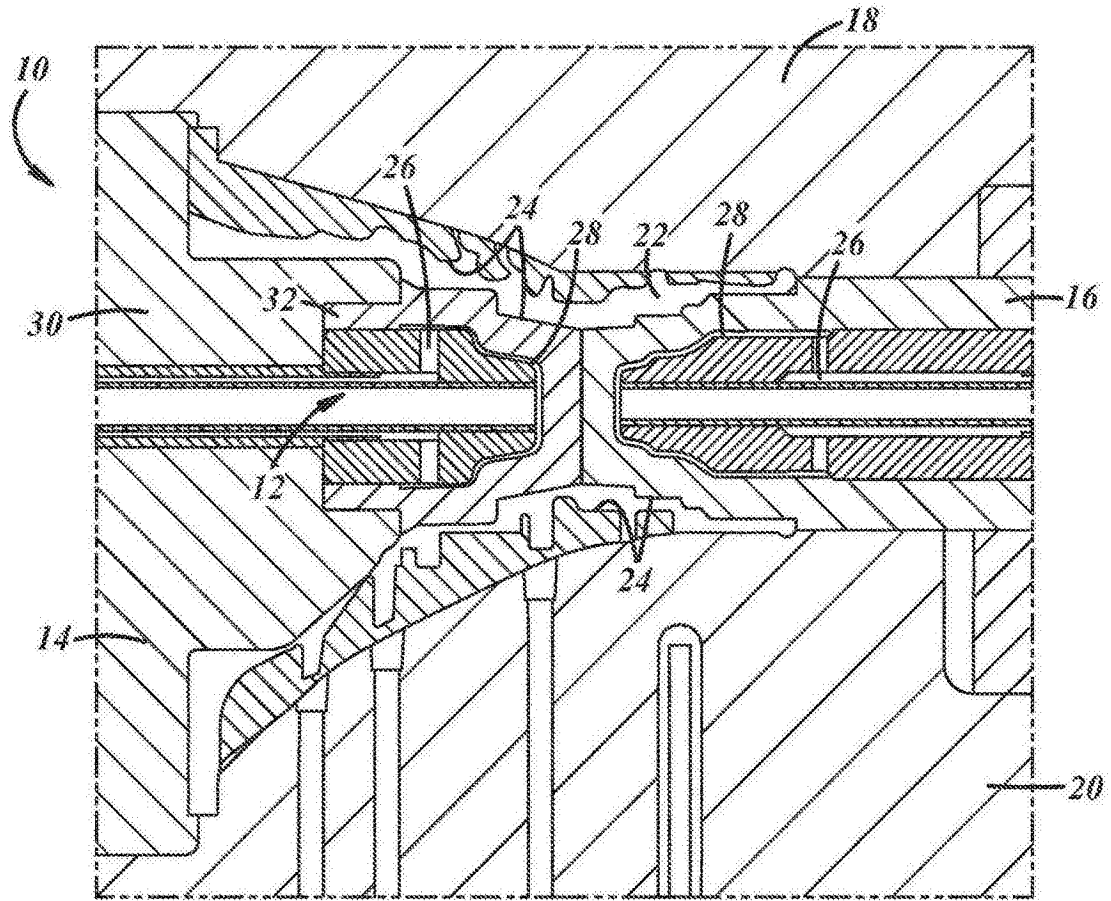


图1

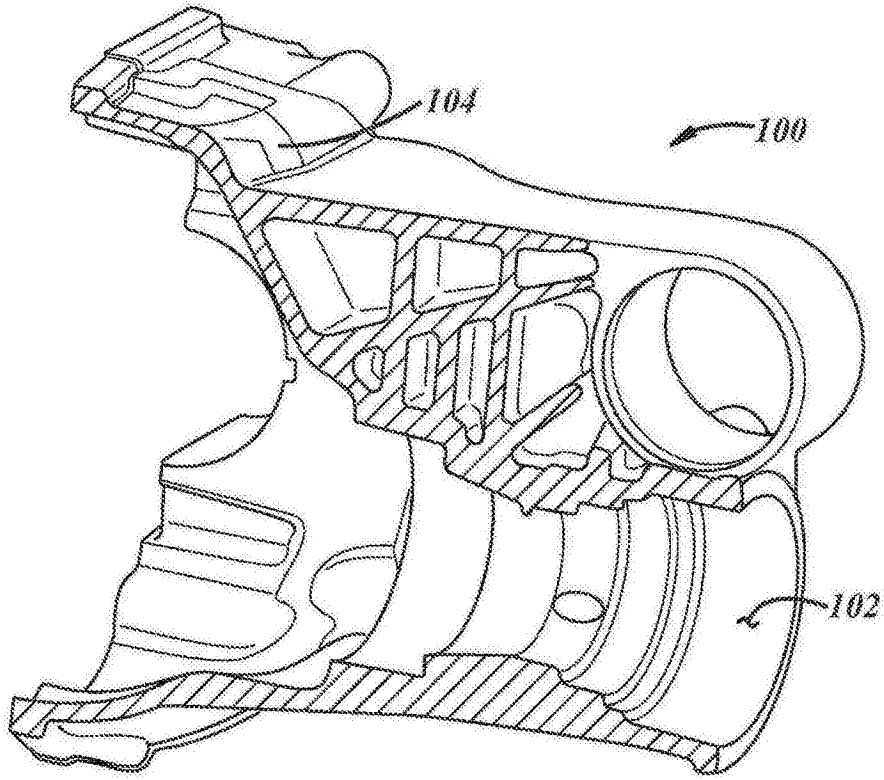


图2

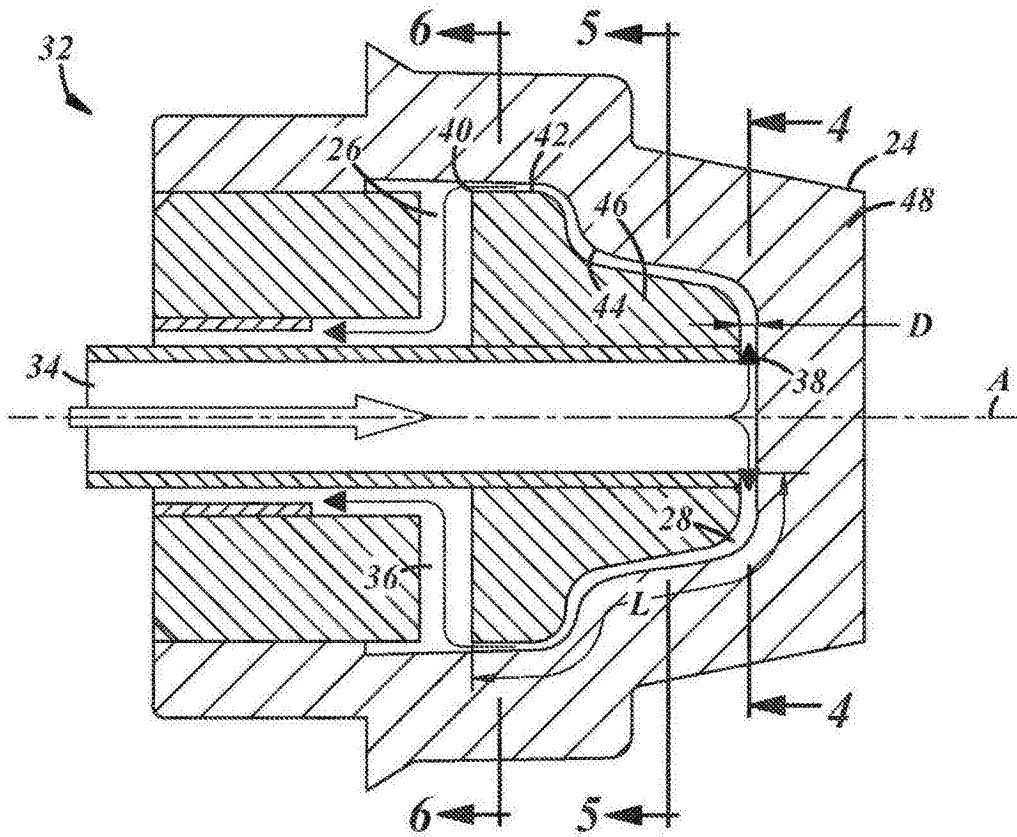


图3

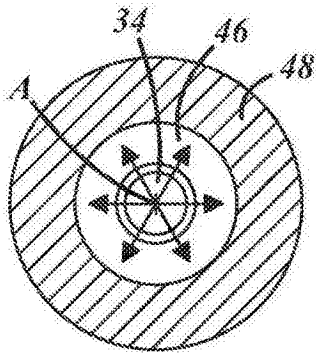


图4

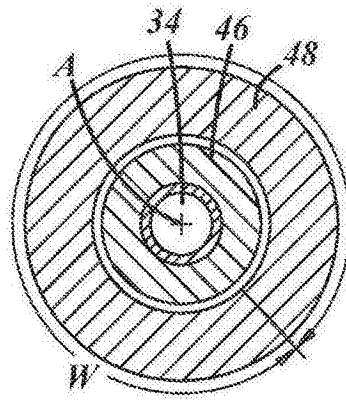


图5

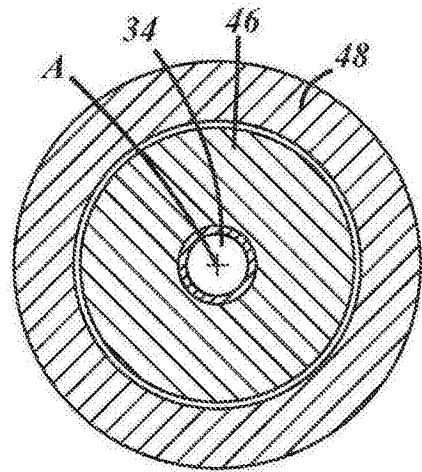


图6

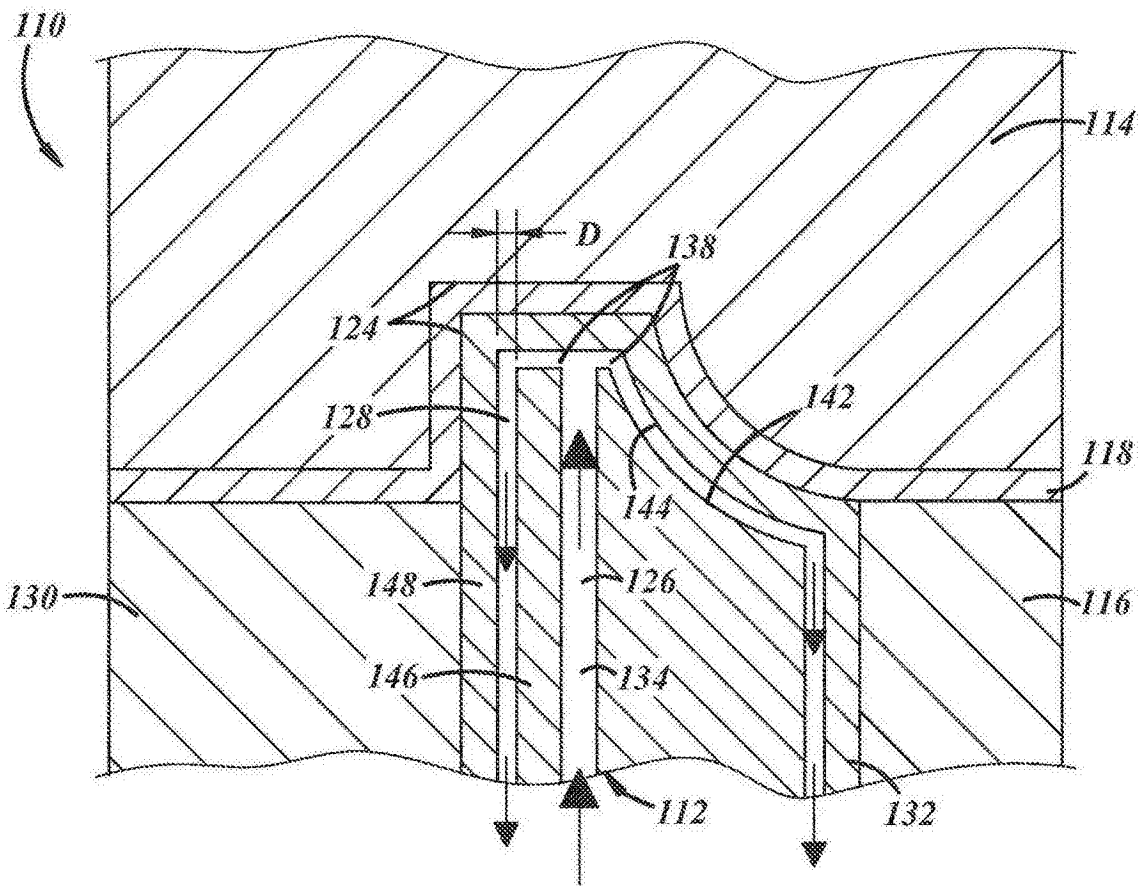


图7

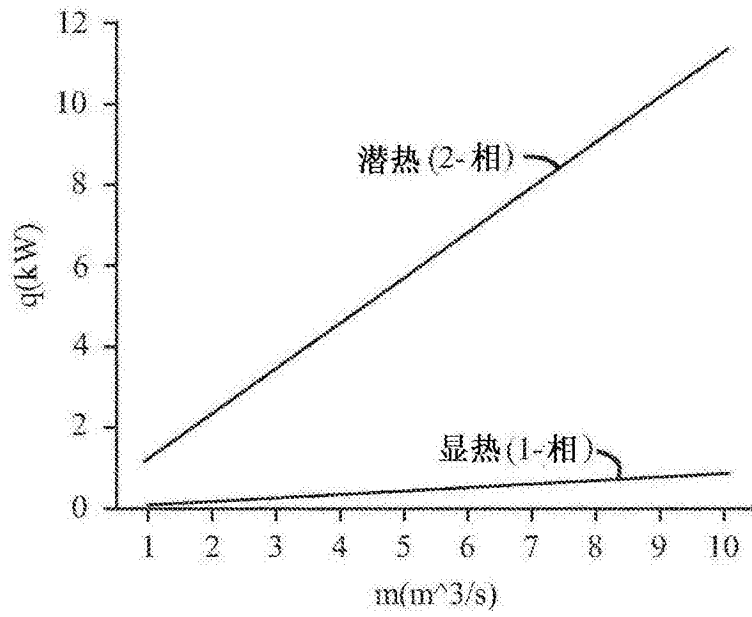


图8

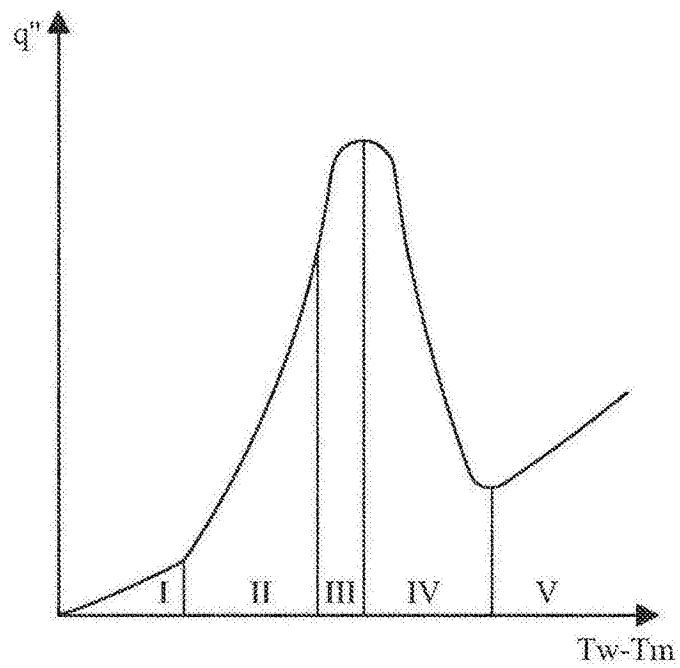


图9

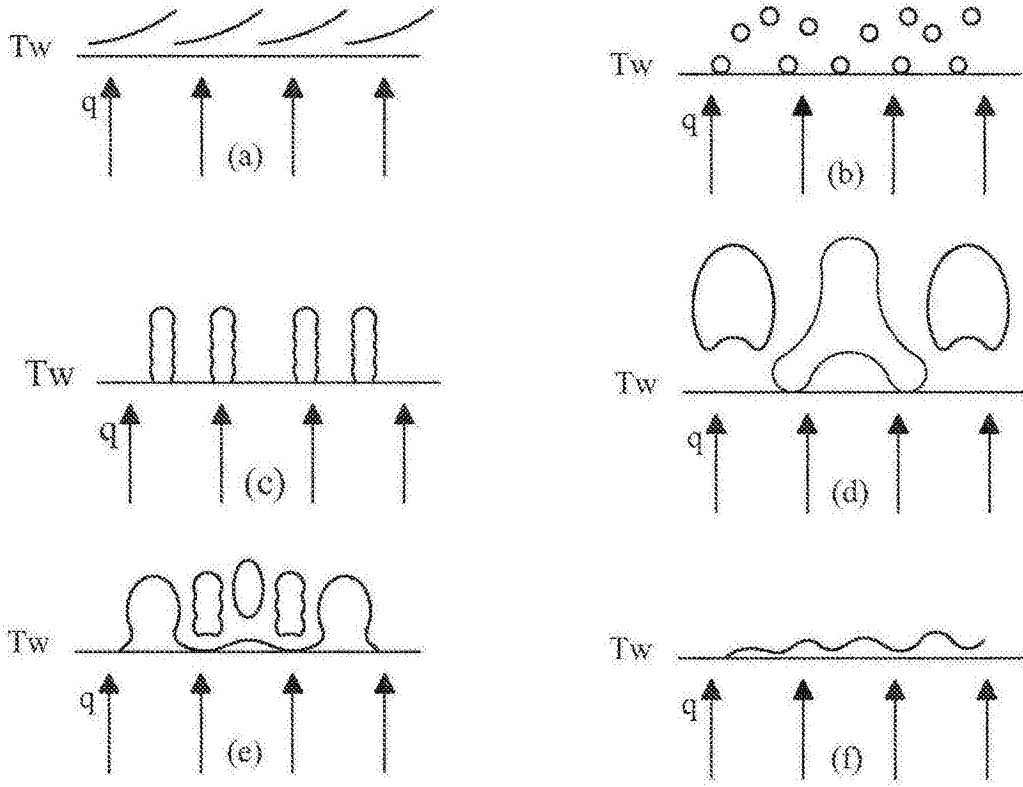


图10

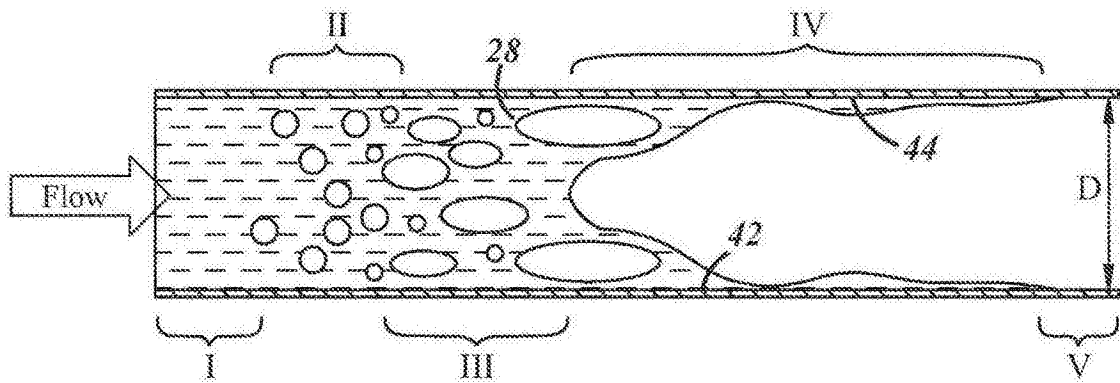


图11

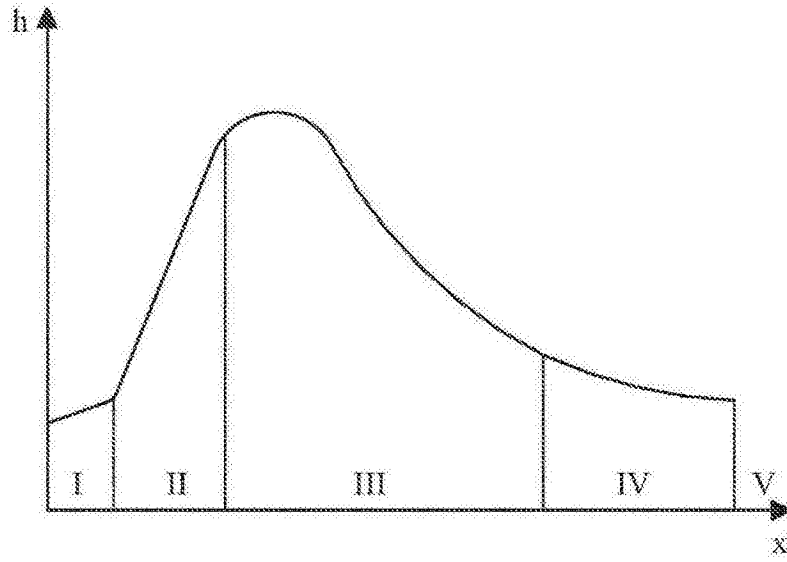


图12

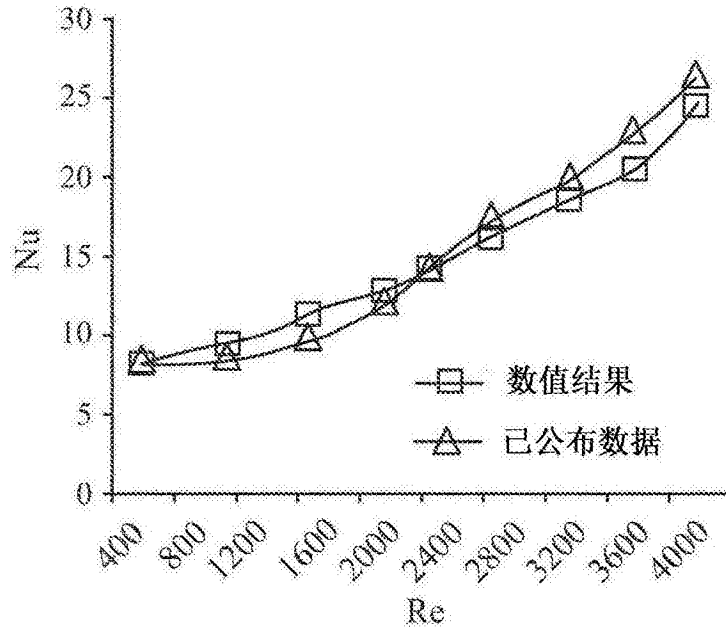


图13

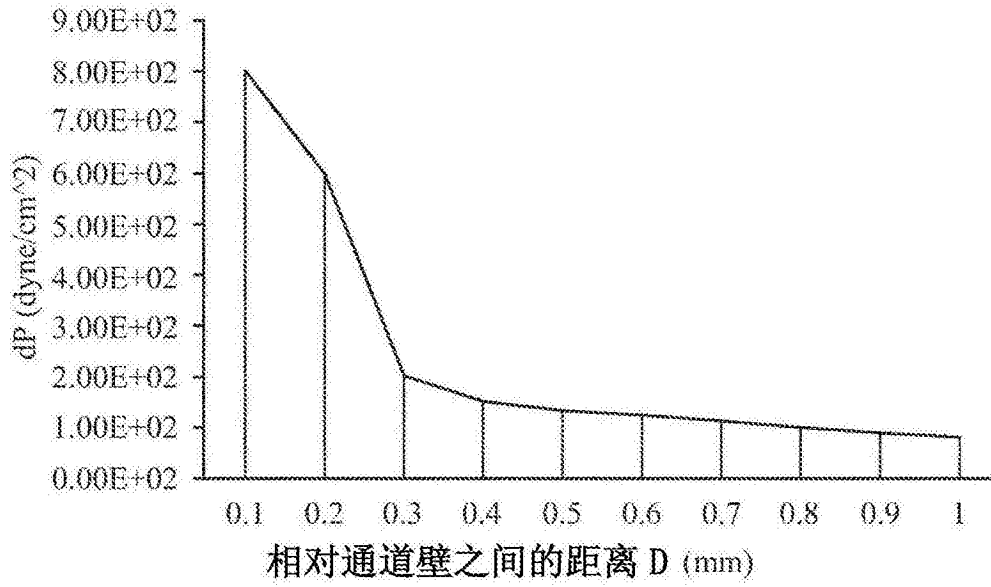


图14

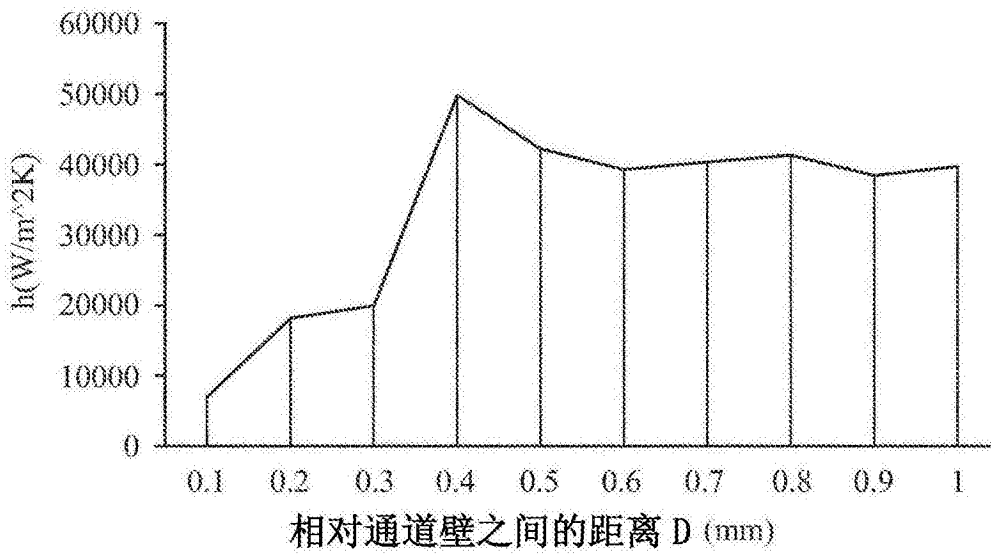


图15

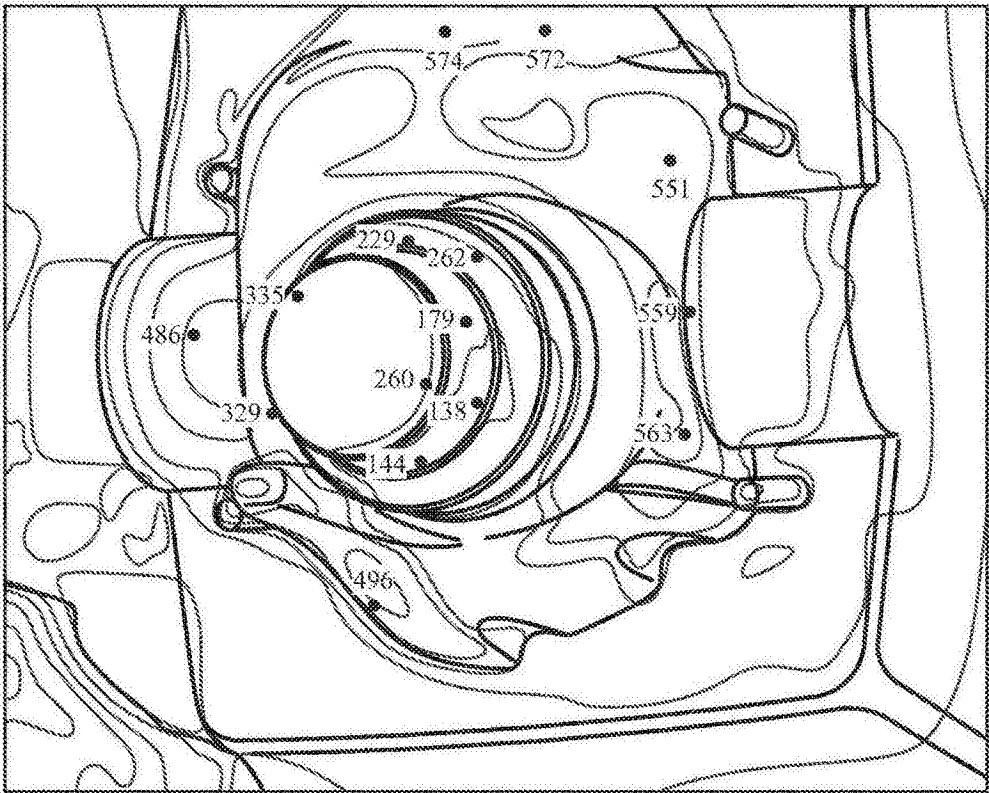


图16

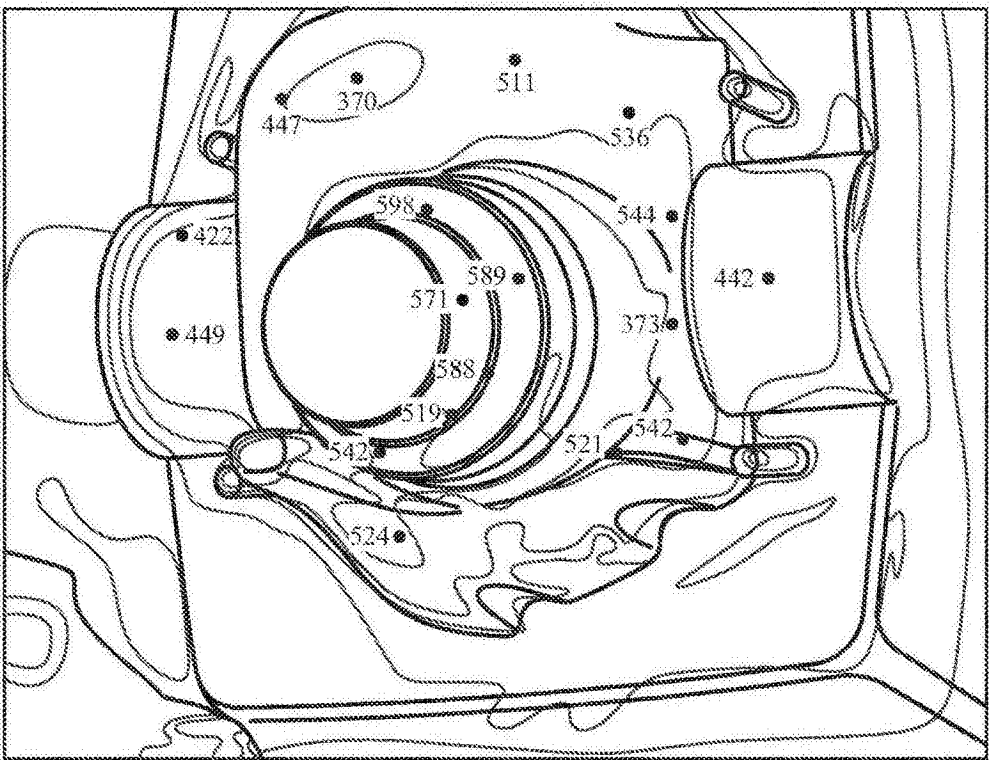


图17