



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108421898 B

(45) 授权公告日 2024. 05. 03

(21) 申请号 201810373039.6

(22) 申请日 2018.04.24

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108421898 A

(43) 申请公布日 2018.08.21

(73) 专利权人 大连理工大学  
地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工  
路2号

(72) 发明人 盈亮 高天涵 戴明华 胡平  
韩啸

(74) 专利代理机构 大连东方专利代理有限责任  
公司 21212  
专利代理师 李馨

(51) Int. Cl.

B21D 37/10 (2006.01)

B21D 37/16 (2006.01)

B21D 37/01 (2006.01)

B29C 45/73 (2006.01)

B29C 33/38 (2006.01)

B29C 33/40 (2006.01)

B29C 64/10 (2017.01)

B22F 3/105 (2006.01)

B22C 9/10 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 80/00 (2015.01)

(56) 对比文件

CN 102029310 A, 2011.04.27

CN 102744328 A, 2012.10.24

CN 105665541 A, 2016.06.15

CN 105855819 A, 2016.08.17

CN 206185702 U, 2017.05.24

CN 104129050 A, 2014.11.05

CN 208195422 U, 2018.12.07

CN 106346705 A, 2017.01.25

CN 103895178 A, 2014.07.02

CN 103587005 A, 2014.02.19

CN 105268846 A, 2016.01.27

CN 104707940 A, 2015.06.17

CN 104493163 A, 2015.04.08

CN 103495734 A, 2014.01.08

US 2016039005 A1, 2016.02.11

US 2016339546 A1, 2016.11.24

审查员 陈香伟

权利要求书1页 说明书8页 附图10页

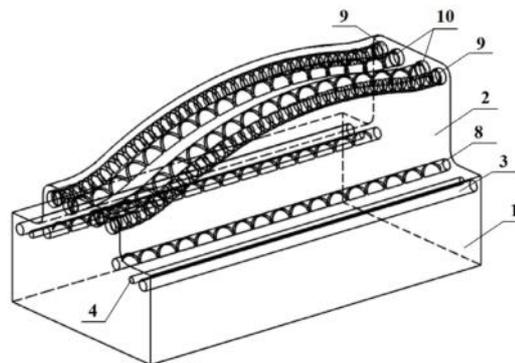
(54) 发明名称

一种带有内螺纹的随形冷却管道模具及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种带有内螺纹的随形冷却管道模具及其制造方法,其中结构为:模具内部冷却管道的形状与模具的加工表面形状相同或相近,即具有与模具表面相同或相近的曲率分布,冷却管道内壁有凸起的螺纹牙口,冷却管道直径、螺纹的截面形状及尺寸、螺距值以及管道之间的距离按照模具表面冷却温度场最优得出,并与实际生产工艺参数相关;带有内螺纹的随形冷却管道模具通过选择性激光熔敷金属3D打印技术,将模具基体部分与模具镶嵌随形冷却管道部

分依次制造而成。本发明具有冷却效率高、均匀性好,零件产品质量好,模具制造精度高、成本低、制造环境良好等优点,该技术可广泛应用于注塑及热冲压等相关行业领域。



1. 一种带有内螺纹的随形冷却管道模具,其特征在于,所述模具为金属板材热冲压模具;所述热冲压模具包括热冲压模具底座部分和热冲压模具凸起部分,所述模具底座部分包括模具底座法兰面、模具底座凹圆角、底座法兰面下的随形冷水管道A和随形水冷管道B,模具底座凹圆角下的随形水冷管道I,模具凸起部分包括凸模模面、凸模圆角、凸模模面下的随形水冷管道III、凸模圆角下的随形水冷管道II;

所述随形水冷管道A和随形水冷管道B和随形水冷管道I的轴线为直线;所述随形水冷管道III与随形水冷管道II的轴线为曲线,轴线的形状与曲率与凸模模面相同;

所述随形水冷管道I、随形水冷管道II和随形水冷管道III添加内螺纹结构,所述随形水冷管道A、随形水冷管道B仍采用光滑内壁结构;

所述随形水冷管道II和随形水冷管道III采用变螺距设计;所述随形水冷管道II和随形水冷管道III采用变截面直径设计。

2. 根据权利要求1所述的带有内螺纹的随形冷却管道模具,其特征在于,根据加工产品的硬度要求不同,所述冷却管道的内螺纹的截面形状分为渐开线齿形、梯形、半圆形、半椭圆形、矩形或三角形。

3. 根据权利要求1所述的带有内螺纹的随形冷却管道模具,其特征在于,所述随形水冷管道II和随形水冷管道III的内螺纹的螺距值的变值形式是指从所述随形水冷管道II和随形水冷管道III的入口处到出口处的螺纹值沿轴线呈函数分布。

4. 根据权利要求3所述的带有内螺纹的随形冷却管道模具,其特征在于,从所述随形水冷管道II和随形水冷管道III的入口处到出口处的螺纹值沿轴线呈三次函数分布或线性函数分布。

5. 根据权利要求1所述的带有内螺纹的随形冷却管道模具,其特征在于,从所述随形水冷管道II和随形水冷管道III的入口处到出口处的截面直径沿轴线呈函数分布,所述函数分布为三次函数分布或线性函数分布。

6. 一种权利要求1-5任意一项权利要求所述的带有内螺纹的随形冷却管道模具的制造方法,其特征在于,将模具的基体部分与镶嵌随形冷却管道部分依次制造而成,采用金属选择性激光熔敷技术SLM,将具有随形冷却管道部分的模面逐层堆积打印在已制备好的基体部分上;或者采用SLM技术进行整个模具的3D打印或通过陶瓷芯打印、覆膜砂打印获得具有随形冷却管道部分的型芯进而进行间接3D打印制造。

## 一种带有内螺纹的随形冷却管道模具及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及注塑及热冲压等相关领域,尤其涉及一种带有内螺纹的随形冷却管道模具及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 金属模具是制造业中加工成形零件的工具,广泛应用于冲压、压铸、模锻、注塑,吹塑等领域,被誉为工业之母。模具的结构与制造精度是现目前模具设计所关注的问题,在一些热加工的领域,模具的散热能力对于获得零件的质量至关重要,尤其针对汽车零件热冲压成形与塑料产品的注塑成型,热加工过程中工件散热效率的高低,以及散热的均匀性将直接影响到产品的质量和生产效率。现目前,热加工模具的冷却方式主要为在模具内部添加冷却管道,使用液体、气体等方式带走模具热量,强迫模具降温,冷却管道的内壁因机加工限制,多为光滑无凸凹的结构。然而,这种内壁光滑无凸凹的冷却管道很难进一步提升模具的散热能力。若将冷却管道的中轴线无限靠近模具表面,模具的结构强度与疲劳寿命也会因此受到削减。

[0003] 另外,传统铸造、对钻及CNC数控铣削等方式难以有效制造出带有复杂截面形状的冷却管道模具:采用传统铸造方法制造随形冷却管道的热加工模具需要精密的铸模,而加工这类精确的铸模依赖于更加精密的制造及装配技术,并且在铸造过程中精密的管道内壁很容易由于高温与冷却不均匀所产生的残余应力而发生变形;采用对钻的机加工方式只能加工长度较小的模具镶块,且无法实现内部螺纹管道的加工。公开号CN102744328A还公开了一种高强钢板热冲压模具制造方法,首先弯曲预制并连接冷却水道管路,然后分体加工放置水道的模具凹槽,并最终组装固定形成内置随形冷却水道。该方法实质是通过一种组合式的冷却管路的设计加工方法。同时,上述方法使用CNC数控铣削加工相应结构虽可以较精确地制造出带有复杂管路的模具底座,但通常需要对模具进行分体制造后组装而成,会存在渗水密封与连接零件疲劳错位等问题,进而影响模具的尺寸精度和使用寿命。而对于截面形状特殊的冷却管路结构,在铣削加工的时候需要经常换刀与变换工件装夹位置与角度,从而导致加工难度增大,进而导致制造成本昂贵。

[0004] 综上,有必要提供一种利于模具散热的冷却水道结构及加工该结构的制造方法,以解决上述问题。

### 发明内容

[0005] 根据上述提出的技术问题,而提供一种带有内螺纹的随形冷却管道模具及其制造方法。本发明主要利用在模具内部设置冷却管道的形状与模具的表面形状相同或相近,冷却管道内壁设有凸起的螺纹形状,管道的直径、螺纹的截面形状及尺寸、螺距值以及管道之间的距离经过优化后设计得出;并通过选择性激光熔敷金属3D打印技术制备模具,从而达到结构适应性强、散热效率高、制造简单等效果。

[0006] 本发明采用的技术手段如下:

[0007] 一种带有内螺纹的随形冷却管道模具,其特征在于,设置在模具内部的冷却水道由多根随形走向或交替缠绕形式的冷却管道组成,每根所述冷却管道的轴线为曲线,该曲线具有与所述模具表面相同或相近的曲率分布;

[0008] 所述冷却管道内壁设有凸起的内螺纹,以确保内部管道介质为湍流形式,提升冷却介质与模具管道内壁(冷却管道内表面)之间的换热效率;所述冷却管道的直径、螺纹的截面形状及尺寸、螺距值以及冷却管道之间的距离根据预设的优化设计值呈规律性变化。

[0009] 模具内部的随形冷却管道的数目、随形冷却管道各个局部之间的间距以及管道各个局部的中轴线距离模具表面的法向距离参数通过优化设计得出,以针对不同的模具工艺参数得到最佳的换热效率;优化参数与实际加工参数相关。

[0010] 进一步地,根据加工产品的硬度要求不同,所述冷却管道的内螺纹的截面形状分为渐开线齿形、梯形、半圆形、半椭圆形、矩形或三角形,冷却管道的总直径、螺纹截面的几何参数以螺纹的螺距值由优化设计得出,以针对不同的模具工艺参数得到最佳的换热效率和温度场均匀性。

[0011] 进一步地,所述冷却管道的内螺纹的螺距值包括等值、变值以及等值与变值等组合形式,螺距参数也由工艺及温度场优化设计得出,以针对不同类型的模具工艺参数得到最佳的换热效率。

[0012] 进一步地,所述冷却管道的内螺纹的螺距值的变值形式是指从所述冷却管道的入口处到出口处的螺纹值沿轴线呈函数分布。

[0013] 进一步地,从所述冷却管道的入口处到出口处的螺纹值沿轴线呈三次函数分布或线性函数分布。

[0014] 进一步地,从所述冷却管道的入口处到出口处的截面直径沿轴线呈函数分布或等值分布,所述函数分布为三次函数分布或线性函数分布。

[0015] 进一步地,所述模具的材质为金属或树脂。

[0016] 本发明还公开了上述带有内螺纹的随形冷却管道模具的制造方法,其特征在于,将模具的基体部分与镶嵌随形冷却管道部分依次制造而成,采用金属选择性激光熔敷技术 SLM,首先基于铸造等方式制备好模具基体部分,再将具有随形冷却管道部分的模面通过3D打印逐层堆积的方式打印在已制备好的基体部分上,3D打印的金属粉末与模具基体部分为同一种材料;或者采用SLM技术进行整个模具的3D打印或通过陶瓷芯打印、覆膜砂打印获得具有随形冷却管道部分的型芯进而进行间接3D打印制造。

[0017] 本发明所涉及到的设计结构与制造方法适用于所有采用流体介质(包括液体、气体类)相关的冷却模具,包括且不局限于汽车结构件热冲压模具的设计与制造以及树脂注塑模具的设计与制造等过程。

[0018] 较现有技术相比,本发明通过将模具内部随形冷却管道设计为带螺纹的内壁结构,可以提升冷却介质的湍流强度以及与模具内壁的接触面积,具体体现在使得层流流入的冷却介质分成了沿着螺纹小径而运动的螺旋流以及受到螺纹凸起部分阻力作用而生成的旋流与扰流,使得冷却水与管壁的换热能力得到提升,因而进一步地提升热加工模具的冷却能力。不同的螺纹截面形状与尺寸参数对冷却水的扰动效果能力不同,此外,不同的螺纹螺距值也可以导致冷却介质与管道内壁的实际接触面积不同,这些影响进而导致模具的冷却能力不同。此外,带有内螺纹结构的随形冷却管道之间的间距也可以影响到模具的冷

却能力,综上,这些参数均可以依据实际热加工对模具的指标性能需求进而优化得到。

[0019] 另外,对于本发明所述带有内螺纹的随形冷却管道模具,可以通过选择性激光熔化金属3D打印技术(SLM:Selective Laser Melting)加工制造或者特种铸造方式(如陶瓷芯打印铸造)得到。相比而言,使用金属3D打印的SLM技术或者特种铸造方式可以制造出高精度的随形内螺纹冷却管道模具,使得模具的冷却效率较容易地达到模具的设计冷却效率,不存在密封漏水等相关问题,对提升被加工零件的质量有着显著的帮助。

[0020] 综上,本发明将模具中的冷却管道设计为随形分布的,随形冷却管道的内壁设计有凸起的螺纹形状,螺纹的参数,如螺纹截面形状及参数、螺距参数,以及随形冷却管道的数目、位置与间距均基于热加工的需求进行优化得到,以使得模具达到最佳的冷却效果;带有内螺纹随形冷却管道的模具通过选择性激光熔敷金属3D打印技术制造,可更便捷地精确制造带有复杂结构的相关模具。本发明具有结构适应性强、散热效率高均匀性好,制造简单,零件产品质量好,模具制造精度高、成本低、制造环境良好等优点,该技术可广泛应用于注塑及热冲压等相关行业领域。

## 附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做以简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1为本发明的实施例1中带有内螺纹的随形冷却管道模具的外部结构示意图。

[0023] 图2为本发明的实施例1中带有内螺纹(内螺纹结构设计前)的随形冷却管道模具内部随形冷却管道分布示意图。

[0024] 图3为本发明的实施例1中带有内螺纹(内螺纹结构设计后)的随形冷却管道模具内部随形冷却管道的分布示意图。

[0025] 图4为本发明的实施例1中高强度钢热冲压结构件的示意图。

[0026] 图5为本发明的实施例1中带有内螺纹的随形冷却管道模具随形冷却管道中的内螺纹结构设计图I(实施例1-1)。

[0027] 图6为本发明的实施例1中带有内螺纹的随形冷却管道模具随形冷却管道中的内螺纹结构设计图II(实施例1-2)。

[0028] 图7为本发明的实施例1中带有内螺纹的随形冷却管道模具随形冷却管道中的内螺纹结构设计图III(实施例1-2)。

[0029] 图8为本发明的实施例2中内部带有内螺纹(内螺纹结构设计后)随形冷却管道的注塑模具内部随形冷却管道的分布示意图。

[0030] 图9为本发明的实施例2中树脂产品的示意图。

[0031] 图10为本发明的实施例2中内部带有内螺纹(内螺纹结构设计后)随形冷却管道的注塑模具随形冷却管道I的剖面结构示意图。

[0032] 图11为本发明的实施例2中内部带有内螺纹(内螺纹结构设计后)随形冷却管道的注塑模具随形冷却管道II的剖面结构示意图。

[0033] 图12为本发明的实施例3中带有内螺纹(内螺纹结构设计后)的随形冷却管道注塑

模具随形冷却管道的分布示意图。

[0034] 图13为本发明的实施例3中树脂产品的示意图。

[0035] 图14为本发明的一种带有内螺纹随形冷却管道的热冲压模具(实施例1)的制造过程示意图。

[0036] 图15为本发明带有内螺纹随形冷却管道模具(a)与不带内螺纹结构的随形冷却管道模具(b)及不带内螺纹结构的非随形冷却管道模具(c)的结构对比示意图。

[0037] 图16为图15中三种不同模具进行温度场分布仿真的对比示意图。

[0038] 图中:1、模具底座部分;2、模具凸起部分;3、随形水冷管道A;4、随形水冷管道B;5、随形水冷管道I;6、随形水冷管道II;7、随形水冷管道III;8、水冷管道I;9、水冷管道II;10、水冷管道III;11、模具底座法兰面;12、模具底座凹圆角;13、凸模圆角;14、凸模模面;15、高强度硼钢热冲压结构件;16、凸起前半部分;17、凸起后半部分;18、弯曲圆角凸面;19、凸面;20、法兰圆角凹面;21、零件法兰面;22、模具后半部分;23、模具前半部分;24、轴线II;25、轴线III;26、轴线I;27、入口II;28、入口III;29、入口I;30、出口II;31、出口III;32、出口I;33、螺纹截面II;34、螺纹截面III;35、螺纹截面I;36、螺距值II;37、螺距值III;38、螺距值I;39、螺纹截面II';40、螺纹截面III';41、螺距值II';42、螺距值III';43、螺纹牙高II;44、螺纹牙高III;45、直径II;46、直径III;47、直径II';48、直径III';49、模具装夹台;50、模具主体;51、模具型腔;52、随形水冷管道I;53、随形水冷管道II;54、随形水冷管道III;55、树脂产品;56、中心区域;57、过渡区域;58、边缘区域;59、轴线I';60、轴线II';61、模具装夹台I;62、模具主体I;63、模具型腔I;64、随形水冷管道;65、树脂产品I;66、基体部分;67、增材打印部分;68、金属粉末;69、激光发射器。

## 具体实施方式

[0039] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0040] 一种带有内螺纹的随形冷却管道模具,所述模具的材质为金属或树脂,设置在模具内部的冷却水道由多根随形走向或交替缠绕形式的冷却管道组成,每根所述冷却管道的轴线为曲线,该曲线具有与所述模具表面相同或相近的曲率分布;

[0041] 所述冷却管道内壁设有凸起的内螺纹,所述冷却管道的直径、螺纹的截面形状及尺寸、螺距值以及冷却管道之间的距离根据预设的优化设计值呈规律性变化。

[0042] 根据加工产品的硬度要求不同,所述冷却管道的内螺纹的截面形状分为渐开线齿形、梯形、半圆形、半椭圆形、矩形或三角形。

[0043] 所述冷却管道的内螺纹的螺距值包括等值、变值以及等值与变值的组合形式。变值形式是指从所述冷却管道的入口处到出口处的螺纹值沿轴线呈函数分布,可呈三次函数分布或线性函数分布。

[0044] 从所述冷却管道的入口处到出口处的截面直径沿轴线呈函数分布或等值分布,所述函数分布为线性函数分布或非线性函数分布。

[0045] 本发明还公开了带有内螺纹的随形冷却管道模具的制造方法,将模具的基体部分

与镶嵌随形冷却管道部分依次制造而成,采用金属选择性激光熔敷技术SLM,将具有随形冷却管道部分的模面逐层堆积打印在已制备好的基体部分上;或者采用SLM技术进行整个模具的3D打印或通过陶瓷芯打印、覆膜砂打印获得具有随形冷却管道部分的型芯进而进行间接3D打印制造。

[0046] 下面结合具体实施例阐述上述模具的设计方法以及制造方法。

[0047] 实施例1

[0048] 实施例1所述模具为金属板材热冲压模具(凸模部分),该模具采用冷却水作为冷却介质。具体应用在高强度22MnB5硼钢板材的热冲压成形过程,以获得具有变强度性能分布的高强度汽车硼钢结构件15,结合图1-图7进行说明。

[0049] 如图1所示,高强钢热冲压模具分为两个部分组成,即热冲压模具底座部分1、热冲压模具凸起部分2,模具底座部分1包括模具底座法兰面11、模具底座凹圆角12、底座法兰面11下的随形水冷管道A3和随形水冷管道B4,模具底座凹圆角12下的随形水冷管道I5,模具凸起部分2包括凸模模面14、凸模圆角13、凸模模面14下的随形水冷管道III7、凸模圆角13下的随形水冷管道II6。

[0050] 热冲压模具内部的随形水冷管道的布置(在内螺纹结构设计与添加前)如图2所示,热冲压模具为中心面对称结构(轴对称结构),其中热冲压模具底座部分1的法兰面11设计成为平面,底座凹圆角12的轴线设计成为直线,所以随形水冷管道A3和随形水冷管道B4和随形水冷管道I5的轴线设计成为直线;热冲压模具凸起部分2的凸模模面14与凸模圆角13下的随形水冷管道III7与随形水冷管道II6的轴线设计成为曲线,轴线的形状与曲率均与凸模模面14相同。

[0051] 在实际生产的过程中,高强度硼钢热冲压结构件15上凸面19(如图4所示)的硬度要求较高,弯曲圆角凸面18的硬度要求最高,而高强度硼钢热冲压结构件15的法兰圆角凹面20的硬度要求较低,而零件法兰面21的硬度要求最低,所以在随形水冷管道的设计中,随形水冷管道I5、随形水冷管道II6和随形水冷管道III7设计时需要添加内螺纹结构,如图3所示,添加内螺纹结构后的随形水冷管道由水冷管道I8、水冷管道II9与水冷管道III10表示,而随形水冷管道A3、随形水冷管道B4仍采用光滑内壁结构。基于实施例1,带有内螺纹的随形水冷管道具体的截面几何参数设计由实施例1-1至实施例1-3具体的展开说明。

[0052] 实施例1-1

[0053] 实施例1-1为实施例1热冲压模具内部的带有内螺纹的水冷管道I8、水冷管道II9与水冷管道III10的第一种设计方案,适用于均匀强度的热冲压零件制备。如图5所示,其中水冷管道II9的轴线II24、水冷管道III10的轴线III25均与热冲压模具凸起部分2的凸模模面14的形状与曲率一致,水冷管道I8的轴线I26仍然设计为直线。由于高强度硼钢热冲压结构件15上凸面19(如图4所示)的硬度要求较高,弯曲圆角凸面18的硬度要求最高,而高强度钢热冲压结构件15的法兰圆角凹面20的硬度要求较低,所以水冷管道II9的螺纹截面II33使用三角形,水冷管道III10的螺纹截面III34使用等腰梯形,水冷管道I8的螺纹截面I35使用半圆形,如图5所示;水冷管道I8、水冷管道II9和水冷管道III10的螺纹螺距设计为定值,其中水冷管道II9的螺距值II36最小,水冷管道I8的螺距值I38最大,水冷管道III10的螺距值III37介于前两者之间,每根水冷管道的螺距值与几何尺寸均通过高强度硼钢板材热冲压条件与参数优化得到。通过上述设计,当每一根水冷管道入口的冷却水流量相等时,随形水冷管

道Ⅱ9具有最大的换热效率,而水冷管道I8在所有的螺纹水道中具有最低的换热效率;相比带有内螺纹结构的随形水冷管道而言,光滑壁面的圆形截面随形水冷管道I3和随形水冷管道Ⅱ4的换热效率明显更低,这种设计方法可以达到高强度硼钢热冲压结构件15在实施例1-1中所需的硬度分布要求。

#### [0054] 实施例1-2

[0055] 实施例1-2为实施例1常规热冲压模具内部的带有内螺纹的水冷管道I8、水冷管道Ⅱ9和水冷管道Ⅲ10的第二种设计方案,适用于变强度热冲压零件制备。其中,水冷管道I8的轴线I26、水冷管道Ⅱ9的轴线Ⅱ24和水冷管道Ⅲ10的轴线Ⅲ25的形状与曲率均与实施例1-1中所述相同。在本实施例中,高强度硼钢热冲压结构件15的凸面19(如图4所示)的硬度要求较高,弯曲圆角凸面18的硬度要求最高,法兰圆角凹面20的硬度要求较低,并且零件的凸起后半部分17的硬度分布要求高于凸起前半部分16的硬度分布要求,热冲压结构件法兰圆角凹面20的硬度要求与实施例1-1中的相同。所以水冷管道Ⅱ9的螺纹截面Ⅱ'39使用半圆形,水冷管道Ⅲ10的螺纹截面Ⅲ'40使用螺纹牙高Ⅲ44略小于螺纹截面Ⅱ'39的螺纹牙高Ⅱ43的半圆形,水冷管道Ⅱ9和水冷管道Ⅲ10采用变螺距设计,如图6所示。从水冷管道Ⅱ9的入口Ⅱ27到出口Ⅱ30,螺纹的螺距值Ⅱ'41沿着轴线Ⅱ24呈三次函数分布,并且入口Ⅱ27处的螺纹螺距值较大,出口Ⅱ30处的螺距值较小;从水冷管道Ⅲ10的入口Ⅲ28到出口Ⅲ31,螺纹的螺距值Ⅲ'42沿着轴线Ⅲ25呈线性函数分布,如图6所示,并且入口Ⅲ28处的螺纹螺距值较大,同时也等于水冷管道Ⅱ9入口Ⅱ27处的螺距值,出口Ⅲ31处的螺距值较小,并且螺距值大于水冷管道Ⅱ9在出口Ⅱ30处的螺距值;水冷管道Ⅱ9与水冷管道Ⅲ10的螺纹螺距值及其变化规律(沿着轴线的函数参数值)通过高强度硼钢板材热冲压条件与参数优化得到;从水冷管道I8的入口I29到出口I32,水冷管道I8的螺距值I38仍然为定值,螺纹截面I35的几何参数与螺距值I38的设计同实施例1-1中水冷管道I8的内螺纹参数设计。通过上述的设计,当每一根水冷管道入口的冷却水流量相等时,水冷管道Ⅱ9和水冷管道Ⅲ10在模具后半部分22中的换热效率可以大于在模具前半部分23中的换热效率,并且水冷管道Ⅱ9的整体换热效率大于水冷管道Ⅲ10的整体换热效率,而水冷管道I8的整体换热效率等于实施例1-1中水冷管道I8的换热效率,这种设计方法可以达到高强度硼钢热冲压结构件15在实施例1-2中所需的硬度分布要求。

#### [0056] 实施例1-3

[0057] 实施例1-3为实施例1热冲压模具内部的带有内螺纹的水冷管道I8、水冷管道Ⅱ9与水冷管道Ⅲ10的第三种设计方案,适用于变强度热冲压零件制备。其中,水冷管道I8的轴线I26、水冷管道Ⅱ9的轴线Ⅱ24和水冷管道Ⅲ10的轴线Ⅲ25的形状与曲率均与实施例1-1中所述相同。在本实施例中,高强度硼钢热冲压结构件15上凸面19(如图4所示)的硬度要求较高,弯曲圆角凸面18的硬度要求最高,法兰圆角凹面20的硬度要求较低,并且高强度硼钢热冲压结构件15的凸起后半部分17的硬度分布要求更加高于凸起前半部分16的硬度分布要求,热冲压结构件法兰圆角凹面20的硬度要求与

[0058] 实施例1-1中的相同,所以在本实施例中,水冷管道Ⅱ9和水冷管道Ⅲ10不仅仍然采用变螺距设计,而且采用变截面直径设计,如图7所示。水冷管道Ⅱ9的截面直径沿着轴线Ⅱ24呈三次函数分布,并且水冷管道Ⅱ9入口Ⅱ27处的直径Ⅱ45大于出口Ⅱ30处的直径Ⅱ'47;水冷管道Ⅲ10的截面直径沿着轴线Ⅲ25呈线性函数分布,并且水冷管道Ⅲ10入口Ⅲ28

处的直径Ⅲ46大于出口Ⅲ31处的直径Ⅲ' 48,直径Ⅲ' 48的值大于直径Ⅱ' 47的值,直径Ⅲ46的值等于直径Ⅱ45的值;水冷管道Ⅱ9与水冷管道Ⅲ10的螺纹截面形状及其几何尺寸、螺距值及其变化规律与实施例1-2中水冷管道Ⅱ9与水冷管道Ⅲ10的螺纹截面形状及其几何尺寸、螺距值及其变化规律相同;水冷管道Ⅱ9与水冷管道Ⅲ10的截面直径值及其变化规律(沿着轴线的函数参数值)通过高强度硼钢板材热冲压条件与参数优化得到;水冷管道Ⅱ8的螺距值I38仍然为定值,螺纹截面I35的几何参数与螺距值I38的设计同实施例1-1中水冷管道Ⅱ8的内螺纹参数设计。通过上述的设计,当每一根水冷管道入口的冷却水流量相等时,水冷管道Ⅱ9与水冷管道Ⅲ10在模具后半部分22中的换热效率可以更加大于在模具前半部分23中的换热效率,并且水冷管道Ⅱ9的整体换热效率也可以大于水冷管道Ⅲ10的整体换热效率,而水冷管道Ⅱ8的整体换热效率等于实施例1-1中水冷管道Ⅱ8的换热效率,这种设计方法可以达到高强度硼钢热冲压结构件15在实施例1-3中所需的硬度分布要求。

#### [0059] 实施例2

[0060] 实施例2所述的模具为树脂注塑模具(凹模部分),该模具采用冷却水作为冷却介质。具体应用在树脂产品的加工过程中,以使树脂得以在模具型腔中迅速冷却形成产品,结合图8-图11进行说明。

[0061] 如图8所示,注塑模具分为模具装夹台49、模具主体50、模具型腔51、随形水冷管道I52、随形水冷管道Ⅱ53以及随形水冷管道Ⅲ54组成(省略其他结构,如进料口、脱模机构等)。由注塑模具生产出的树脂产品55如图9所示,其中树脂产品55分为三个部分,包括平均厚度最大的中心区域56、平均厚度适中的过渡区域57以及平均厚度最小的边缘区域58。

[0062] 为了使得树脂产品得以迅速而均匀地在模具型腔被冷却,模具主体50中的随形水冷管道设计如图8、图10和图11所示,由于树脂产品55的边缘区域58的平均厚度较薄,所以此区域的散热速度比较快,此区域下面的随形水冷管道Ⅲ54设计为光滑水冷管道,并且随形水冷管道Ⅲ54的轴线设计成为直线,因为边缘区域58不需要很高的换热效率;由于树脂产品的过渡区域57的平均厚度较大,此区域对水冷管道的换热效率的要求高于边缘区域58对水冷管道的换热效率要求,所以此区域下面的随形水冷管道Ⅱ53设计成为螺纹管,以增大水冷管道的换热效率;同时,由于树脂产品55的中心区域56的平均厚度最大,此区域对水冷管道的换热效率的要求最高,所以此区域下面的随形水冷管道I52也设计成为螺纹管,并且随形水冷管道I52的螺距值小于随形水冷管道Ⅱ53的螺距值;随形水冷管道I52与随形水冷管道Ⅱ53的轴线I' 59与轴线Ⅱ' 60的形状与曲率与模面的形状与曲率相同,并且两根水冷管道的螺纹横截面均设计成等直径的半圆形,同时每根水冷管道的螺距值均通过树脂注塑后的冷却过程参数优化得到。通过上述的设计,当每一根水冷管道入口的冷却水流量相等时,树脂产品55几乎所有的区域的冷却速率迅速而且相同,从而保证树脂产品的生产效率与生产质量。

#### [0063] 实施例3

[0064] 实施例3所述的模具为树脂注塑模具(凹模部分),具体应用在树脂产品的加工过程中,以使树脂得以在模具型腔中迅速冷却形成产品,冷却管道采用螺旋缠绕形式,结合图12、图13进行说明。

[0065] 如图12所示,注塑模具分为模具装夹台I61、模具主体I62、模具型腔I63、随形水冷管道64组成(省略其他结构,如进料口、脱模机构等)。由注塑模具生产出的树脂产品I65如

图13所示。由于树脂产品I65的圆锥形状,以及树脂产品所需的高散热效率,注塑模具主体I62中的随形水冷管道64的轴线形状呈现螺旋状,并且水冷管道64的内壁也设计有内螺纹结构,内螺纹的截面形状设计成为三角形,并且截面三角形的高度以及牙根宽度、内螺纹的螺距值及其变化规律均通过树脂注塑后的冷却过程参数优化得到。相比光滑随形水冷管道的设计,树脂产品I65的冷却效率可以得到提升,并且产品的各部分冷却速率可以得到同步,从而降低了冷却过程中残余应力的大小,保证树脂产品的生产效率与生产质量。

[0066] 实施例1中热冲压模具的制造过程

[0067] 如图14所示,热冲压模具在制造的过程中可以分为两个部分组成,模具的基体部分66以及增材打印部分67。基体部分66由于不存在曲面以及内螺纹结构,所以结构简单,因此可以通过常规的铸造技术大批量得到,以降低制造成本;增材打印部分67由于模面的曲率参数以及随形水冷管道的复杂而精密的内部螺纹结构,无法通过铸造等其他传统机械加工的方法得到,因此可以通过SLM金属3D打印技术得到,以保证制造的精度与整体模具结构的强度。如图14所示,在制造热冲压模具的过程中,首先将热冲压模具的基体部分66固定,然后在基体部分的上表面铺上第一层金属粉末68,金属粉末的材料种类与铸造得到的基体部分66相同,然后使用SLM设备中的激光发射器69将金属粉末层68选择性融化,使得第一层金属粉末68与模具基体部分表面熔覆在一起,以保证结构的强度,然后重复进行金属粉末铺层与激光融化,直至增材打印部分67制造完成。通过这样的制造过程,热冲压模具的制造成本可以降低,并且加工质量以及制造效率也将得到提升。对于具有其他结构的冷却模具,制造方法也可采用SLM技术进行整个模具的3D打印制造或者采用特种铸造方式(如陶瓷芯打印铸造)生产,已得到最低的制造成本以及最高的生产质量与效率。

[0068] 为了详细的描述带有内螺纹的随型冷却管道模具的冷却能力,此处引入三类不同的冷却模具进行仿真分析,即带有螺纹结构随型水冷管道的冷却模具(如图15a所示)、不带有内螺纹结构随型水冷管道的冷却模具(如图15b所示)以及不带有内螺纹结构的非随型水冷管道的冷却模具(如图15c所示)。仿真时,模具的上模面均添加相同的向内热流密度,仿真结果如图16所示。其中,图16a为带有内螺纹结构随型水冷管道的模具的冷却效果,图16b为不带有内螺纹结构随型水冷管道的模具的冷却效果,图16c为不带有内螺纹结构的非随型水冷管道的冷却效果,仿真云图中,温度的单位为开氏温度。可以看出,带有内螺纹结构的随型冷却管道的模具具有最低的温度,证明冷却效果最好。

[0069] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

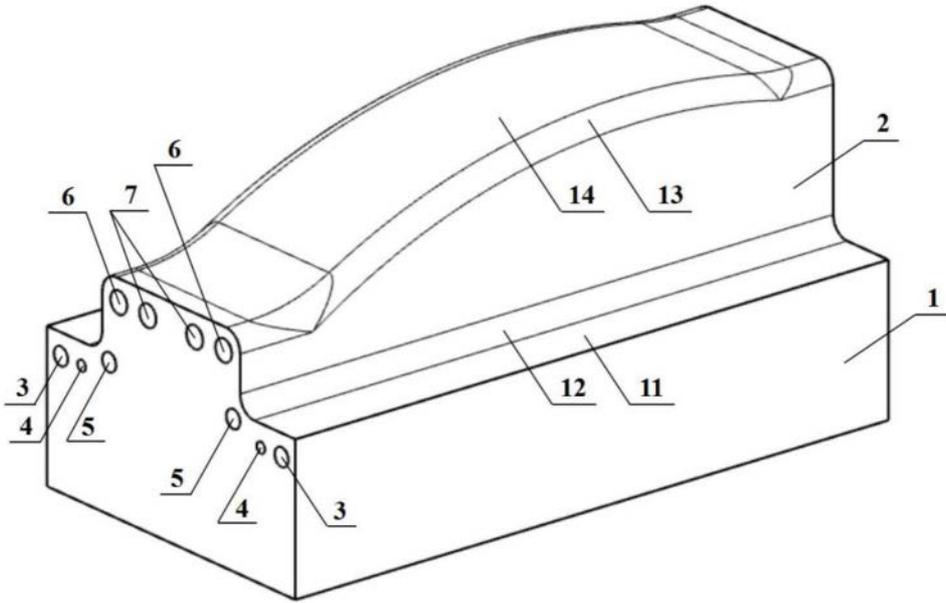


图1

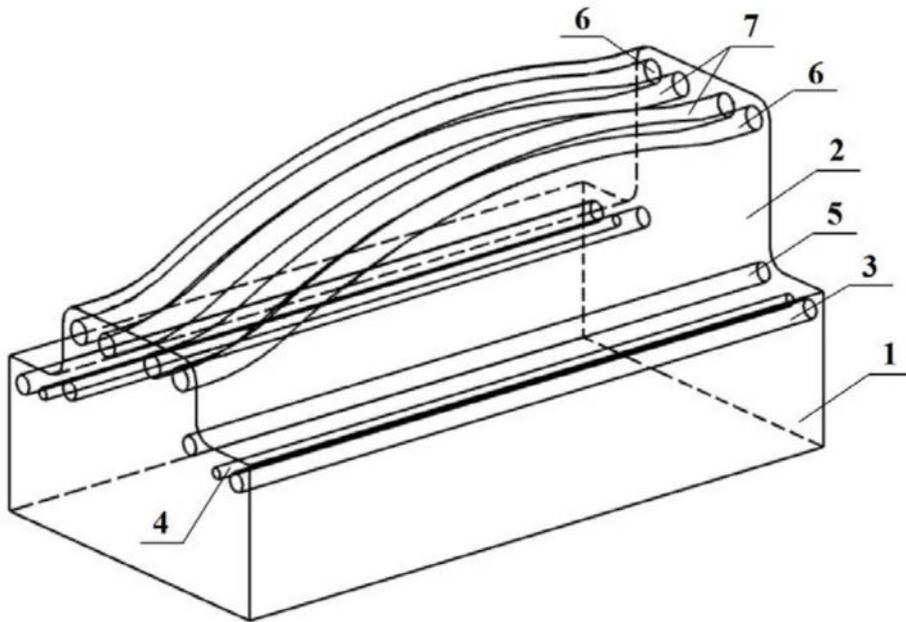


图2

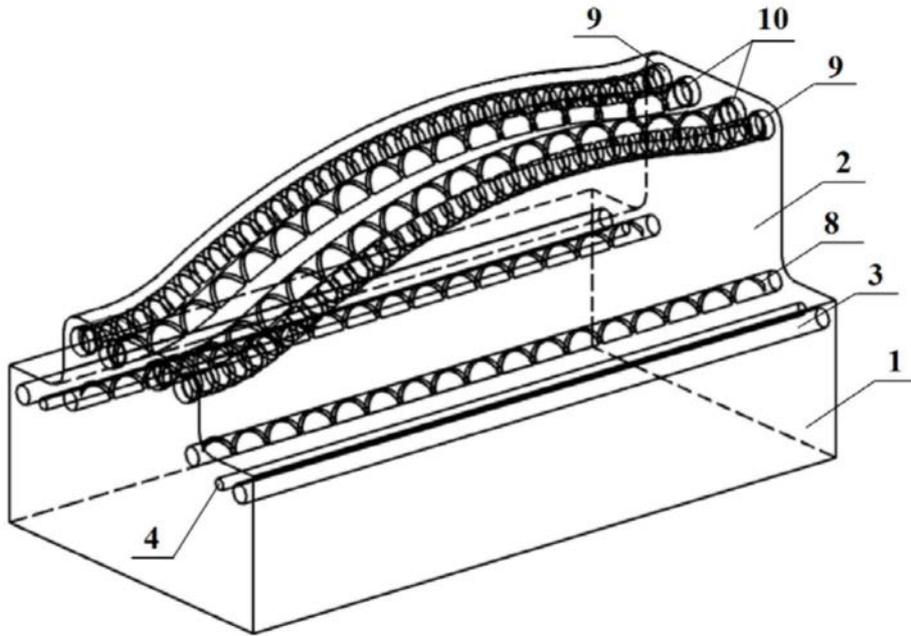


图3

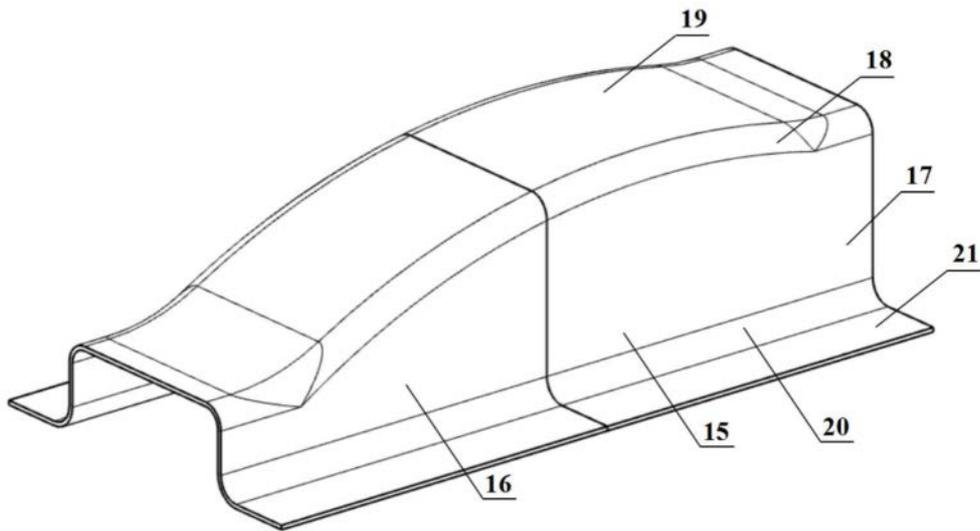


图4

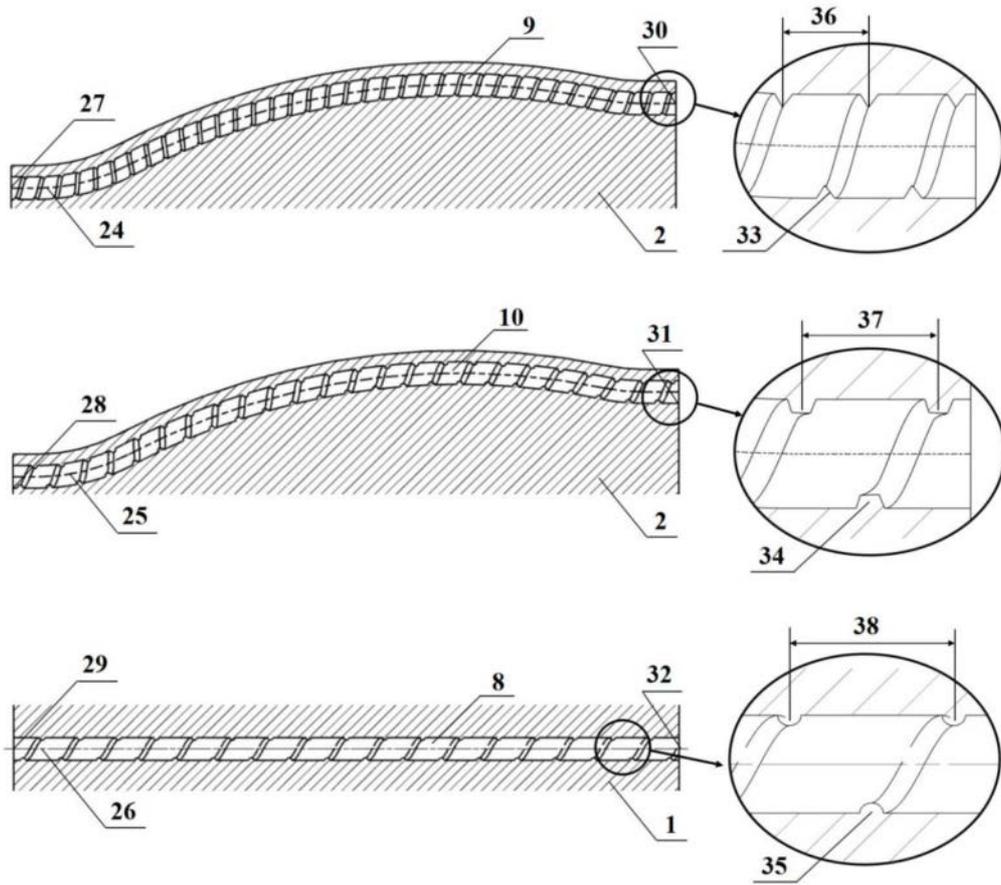


图5

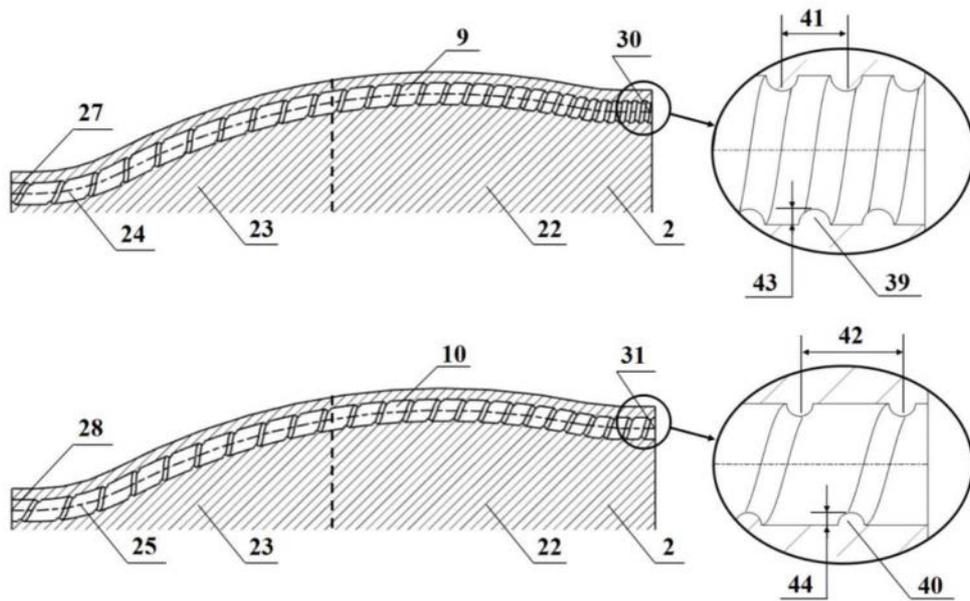


图6

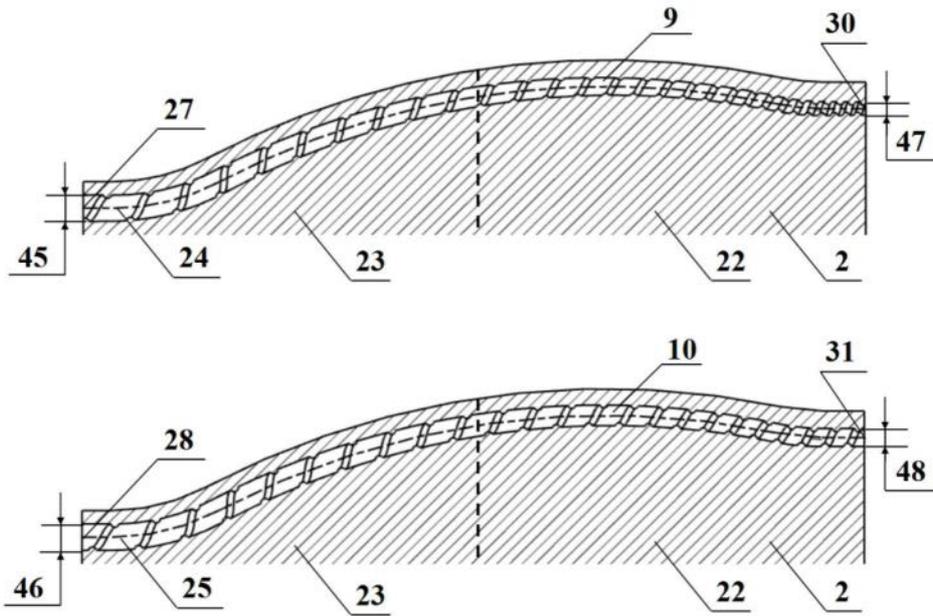


图7

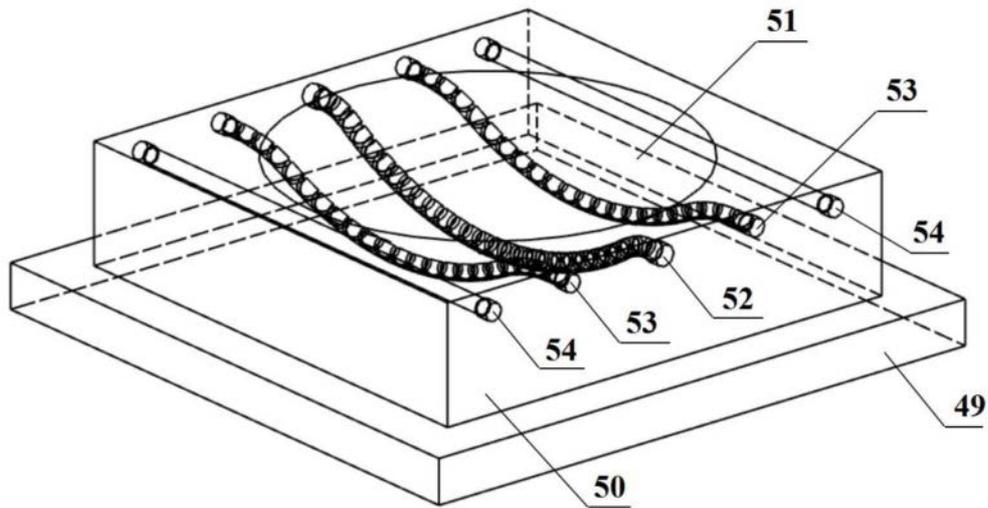


图8

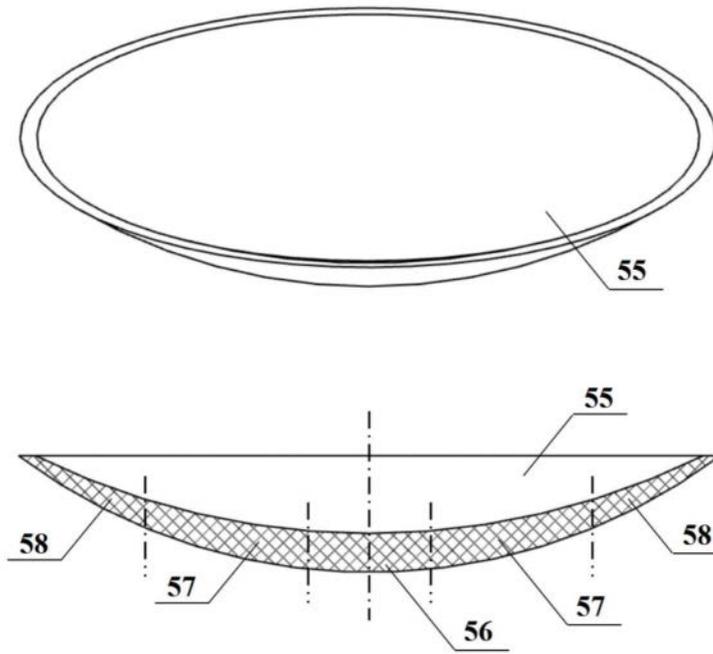


图9

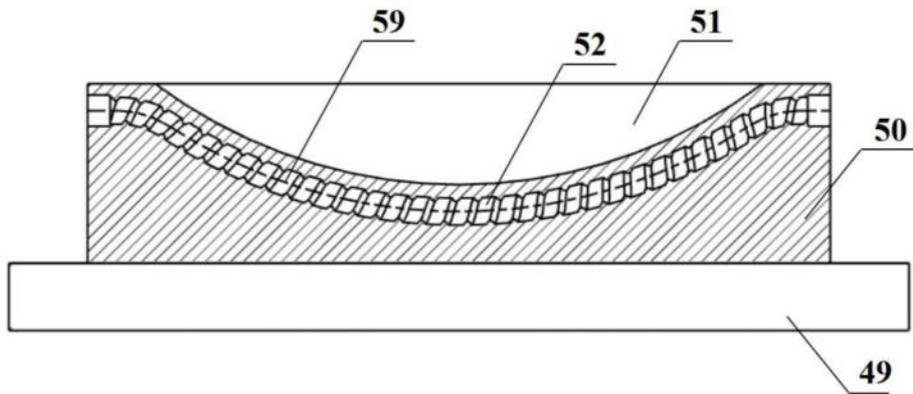


图10

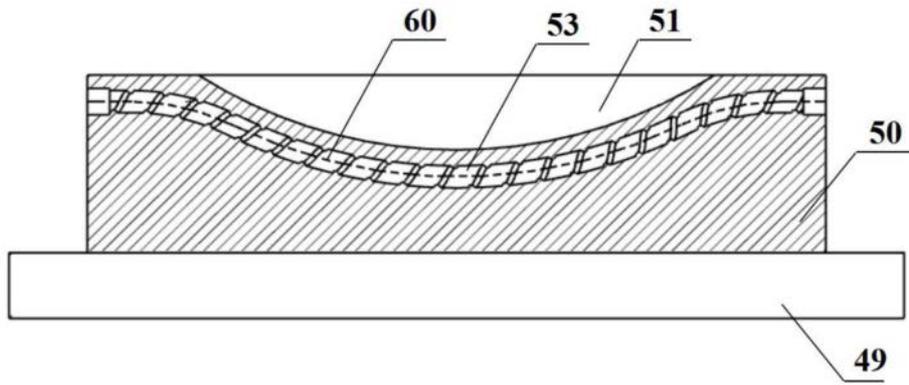


图11

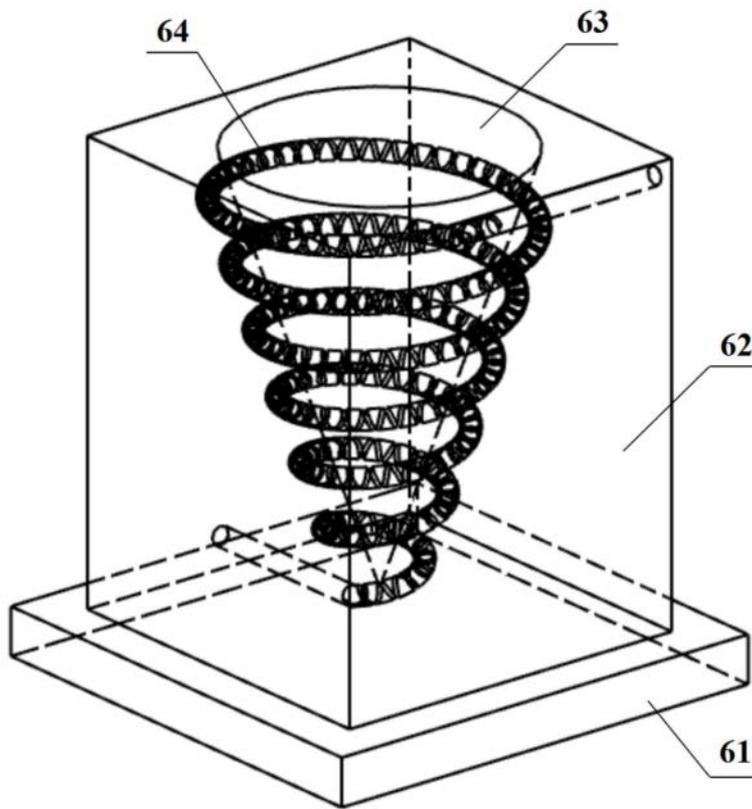


图12

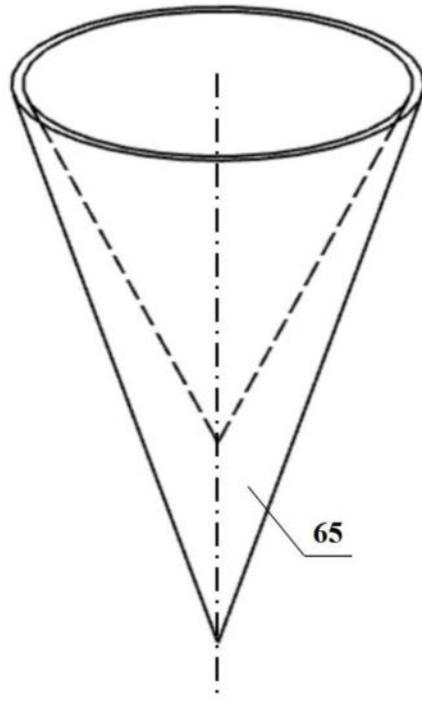


图13

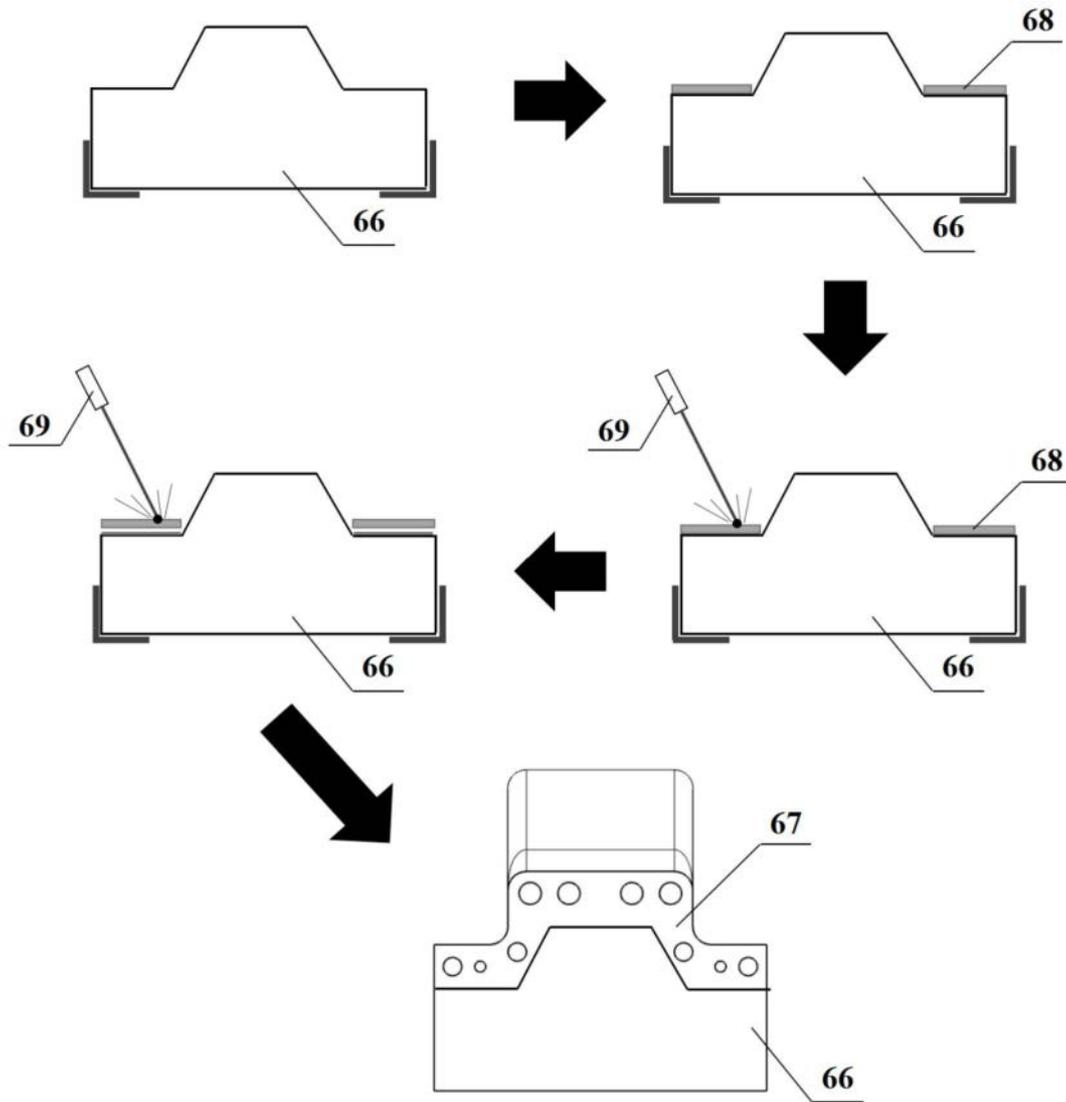


图14

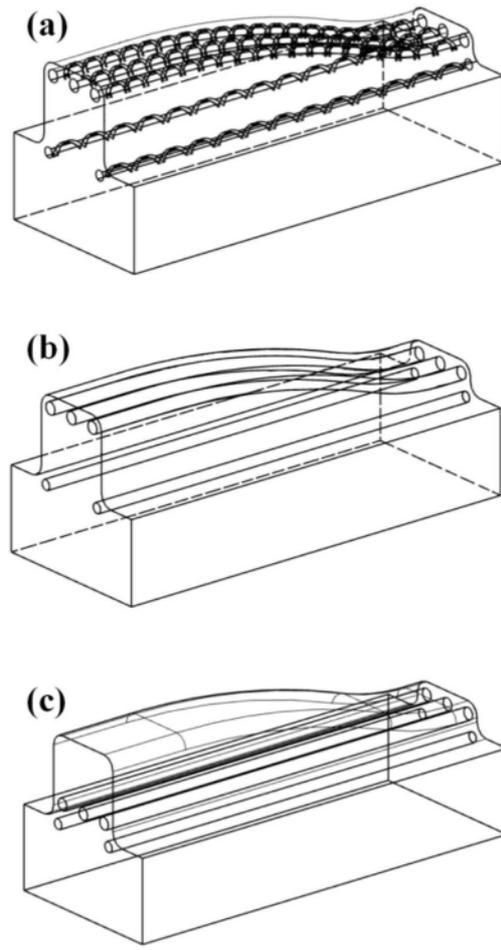


图15

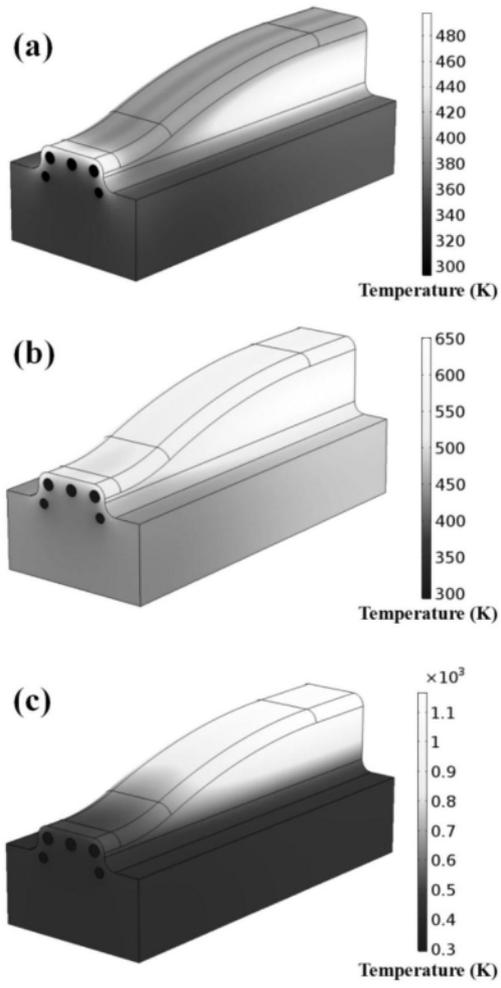


图16