



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111482603 B

(45) 授权公告日 2022.04.29

(21) 申请号 202010365642.7

(22) 申请日 2020.04.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111482603 A

(43) 申请公布日 2020.08.04

(73) 专利权人 汕头大学  
地址 515000 广东省汕头市大学路243号  
专利权人 汕头市瑞祥模具有限公司  
汕头市瑞博纳斯增材制造研究院  
有限公司

(72) 发明人 毛忠发 卢向东 张汉瑞 牛小东  
张秋娟 陈滨

(74) 专利代理机构 汕头市潮睿专利事务有限公  
司 44230  
代理人 卢梓雄 丁德轩

(51) Int. Cl.

B22F 3/105 (2006.01)

B22F 5/00 (2006.01)

B29C 45/73 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

审查员 侯玉婷

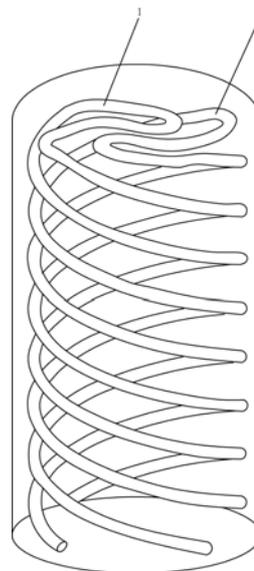
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,包括设计涡流随形冷却水路的三维模型,三维模型包括设置在模具本体上的至少一条冷却水道,冷却水道具有进水口和出水口,冷却水道为螺旋状冷却水道;螺旋状冷却水道的内壁设有向螺旋状冷却水道内腔凸出的条状散热单元,条状散热单元按照螺旋状冷却水道的螺旋方向自所述的进水口延伸至所述的出水口;随后将该三维模型通过3D打印的方式打印成完整的模具本体。这种涡流随形冷却水路能增大冷却水路与冷却液体的接触面积,从而提升散热效果,提高生产效率;同时在金属3D打印的过程中可以对模具的整体起到支撑结构的作用,减少增材制造过程中材料出现塌陷的情况。



1. 基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于包括以下步骤:

(1) 设计涡流随形冷却水路的三维模型,包括设置在模具本体上的至少一条冷却水道,冷却水道具有进水口和出水口,冷却水道为螺旋状冷却水道;螺旋状冷却水道的内壁设有向螺旋状冷却水道内腔凸出的条状散热单元,条状散热单元按照螺旋状冷却水道的螺旋方向自所述的进水口延伸至所述的出水口;

(2) 将三维模型按照设定0.01mm层厚进行切片处理,获得涡流随形冷却水路模具的切片数据,分层后每隔0.03mm获得每层中的轮廓数据作为打印层,且每相邻打印层之间的扫描策略采取旋转67°方式进行;

(3) 将模具及涡流随形冷却水路所用的粉末材料进行筛粉及除湿处理,置于3D打印设备的供粉罐中;

(4) 根据设定的切片数据将供粉罐中的金属粉末均匀铺在成型基板上,预热成型基板至设定温度,通过选区激光熔化进行成型;

(5) 完成一次铺粉并激光熔化后,成型基板下降一个铺粉层厚度,进行第二层的打印,前两层打印层采用同样的工艺参数重复扫描两遍,从第三层打印开始重复铺粉与激光扫描熔化过程直至倒数第三层,最后两层打印层采用同样的工艺参数和相互旋转90°的方式重复扫描两遍,完整成型整个涡流随形冷却水路的模具;

(6) 将整个模具连同基板一起取下,清理残余金属粉末,并通过气枪清洗冷却水路内部的金属粉末;

(7) 将模具与基板一起进行热处理,最后模具从成型基板上分离。

2. 如权利要求1所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述步骤(1)和步骤(2)中设计涡流随形冷却水路的三维模型及获取其切片数据的方法,是先根据实际模具散热需求设计不同孔径的随形冷却水路,根据随形冷却水路的孔径大小设计散热单元样式,完成三维模型的构建,随后将构建的三维模型文件转换成STL格式并导入到Magics软件中进行切片处理,从而获得涡流随形冷却水路模具的切片数据。

3. 如权利要求1所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述步骤(4)中,还需要向所述选区激光熔化增材制造设备中充入惰性气体,直至含氧量低于1000ppm;惰性气体使用氮气或氩气;所述金属粉末采用球形模具钢粉,粒径范围为17-53 $\mu\text{m}$ 。

4. 如权利要求1所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述选区激光熔化增材制造设备中采用的激光器为光纤激光器,光纤激光器的成型工艺参数为波长为1070nm、光斑直径为0.1mm、光功率为260W、扫描速度为1200mm/s、扫描间距为0.08mm和层厚为0.03mm。

5. 如权利要求1所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述螺旋状冷却水道的数量为两条,两条螺旋状冷却水道按相同的螺旋方向并联设置。

6. 如权利要求1所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述条状散热单元包括多条凸起在所述螺旋状冷却水道内壁的膛线,各条膛线沿螺旋状冷却水道的周向分布。

7. 如权利要求6所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征

在于:所述膛线的数量至少为6条;膛线横截面呈扇形、梯形或矩形;横截面呈矩形的所述膛线宽度至少为1mm,高度至多高于所述螺旋状冷却水道的内壁1mm;膛线的旋转角度至少为 $3^{\circ}$ 。

8.如权利要求1所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述螺旋状冷却水道的内腔中设有螺旋通道,螺旋通道的轴线与螺旋状冷却水道的轴线相重合并自条状散热单元的进水口延伸至出水口,螺旋通道将螺旋状冷却水道的内腔分隔为外层流道和内层流道;所述条状散热单元包括多条螺旋散热片,各条螺旋散热片沿螺旋状冷却水道的周向分布,各条螺旋散热片自螺旋状冷却水道的内壁向内腔凸出并与螺旋通道的外壁连接,螺旋散热片将外层流道分隔为多个螺旋分流道。

9.如权利要求8所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述螺旋散热片的数量至少为3条,螺旋散热片的厚度至多为3mm,螺旋散热片的旋转角度至少为 $3^{\circ}$ 。

10.如权利要求8所述的基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于:所述螺旋通道的直径为螺旋状冷却水道直径的一半。

## 基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及模具制造领域,特别涉及一种基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法。

### 背景技术

[0002] 注塑生产过程中,在将原料充填进模具塑形后,需等待原料凝固且温度下降到顶出温度时,注塑过程才基本结束,才能将产品取出。传统模具的冷却系统一般采用直线型冷却水路,当产品的结构和表面形状较为复杂时,传统冷却系统在生产过程中会出现冷却效率不佳,不仅生产效率低下,并且这种注塑产品还发生翘曲或凹陷,产生废品,因此注塑模具的冷却效率对产品的生产质量和效率有着至关重要的作用。为了解决此类问题,目前出现了随形冷却水路的设计,相较于传统直线水路,随形冷却水路设计时会根据产品表面变化进行制造,使随形冷却水路能均匀贴近于模腔表面,增加散热面积,避免模具热量在某一处聚集,从而起到提高冷却效率的作用。然而目前的随形冷却水路也只是采用单一水路进行冷却,冷却时容易发生冷却水路局部过热的现象,同时冷却液体在冷却水路中行程较长,无法及时将热量带离模具。同时随形冷却水路的形状具有多变性,如果采用传统的机械加工方式制造随形冷却水路造成极高的困难度。近些年来随着金属增材制造技术(3D打印)逐渐成熟,出现了运用金属增材制造技术打印成型的随形冷却水路。金属增材制造在成型相对简单的随形冷却水路时具有明显的优点:工序简单,成型迅速,一体性强和可靠度高;但基于金属增材制造的随形冷却水路通常由于形状过于复杂,缺乏足够的支撑可能会对模具的结构强度与精度会受到影响,严重时模具内部会发生坍塌,因此制造难度较高。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是提供一种基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,这种涡流随形冷却水路能增大冷却水路与冷却液体的接触面积,从而提升散热效果,提高生产效率;同时在金属3D打印的过程中可以对模具的整体起到支撑结构的作用,减少增材制造过程中材料出现塌陷的情况。

[0004] 为了解决上述技术问题,采用的技术方案如下:

[0005] 一种基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法,其特征在于包括以下步骤:

[0006] (1)设计涡流随形冷却水路的三维模型,包括设置在模具本体上的至少一条冷却水道,冷却水道具有进水口和出水口,冷却水道为螺旋状冷却水道;螺旋状冷却水道的内壁设有向螺旋状冷却水道内腔凸出的条状散热单元,条状散热单元按照螺旋状冷却水道的螺旋方向自所述的进水口延伸至所述的出水口;

[0007] (2)将三维模型按照设定0.01mm层厚进行切片处理,获得涡流随形冷却水路模具的切片数据,分层后每隔0.03mm获得每层中的轮廓数据作为打印层,且每相邻打印层之间的扫描策略采取旋转67°方式进行;

[0008] (3)将模具及涡流随形冷却水路所用的粉末材料进行筛粉及除湿处理,置于3D打印设备的供粉罐中;

[0009] (4)根据设定的切片数据将供粉罐中的金属粉末均匀铺在成型基板上,预热成型基板至设定温度,通过选区激光熔化进行成型;

[0010] (5)完成一次铺粉并激光熔化后,成型基板下降一个铺粉层厚度,进行第二层的打印,前两层打印层采用同样的工艺参数重复扫描两遍,从第三层打印开始重复铺粉与激光扫描熔化过程直至倒数第三层,最后两层打印层采用同样的工艺参数和相互旋转90°的方式重复扫描两遍,完整成型整个涡流随形冷却水路的模具;

[0011] (6)将整个模具连同基板一起取下,清理残余金属粉末,并通过气枪清洗冷却水路内部的金属粉末;

[0012] (7)将模具与基板一起进行热处理,最后模具从成型基板上分离。

[0013] 上述涡流随形冷却水路中,冷却水道的形状根据产品表面进行设计,与产品的模腔表面贴合,从而具有更好的冷却效果。通过将冷却水道设置为螺旋状,增加了冷却水道与模腔的接触面积,提升冷却效率;通过在螺旋状冷却水道的内壁中设置凸出的条状散热单元,并且条状散热单元按照螺旋状冷却水道的螺旋方向设置,进一步增加了冷却液体与螺旋状冷却水道的接触面积,并能使冷却液体在螺旋状冷却水道内沿条状散热单元流动时产生旋转,从而提升冷却液体吸收模具热量的能力,同时条状散热单元还能够对冷却水道起到支撑作用,在制造过程中能有效减少因悬臂结构过长而导致的坍塌或冷却水道外表面挂渣现象的发生。

[0014] 上述制造方法中,对涡流随形冷却水路根据需要进行三维模型设计后,获得切片数据,并根据数据使用3D打印设备逐层进行激光熔化成型,直至整个模具完整成型。步骤(2)中每层的轮廓数据是指每层的轮廓和与该轮廓对应的材料信息;每相邻打印层之间的扫描策略采取旋转67°方式能避免层间扫描线的重合。由于该涡流随形冷却水路的散热单元为螺旋结构,因此步骤(5)中前两层打印层采用同样的工艺参数重复扫描两遍的策略,能够确认模具与基板之间是否达到预期的结合强度;最后两层采用同样的工艺参数和相互旋转90度的扫描策略重复扫描两遍,从而确保模具表面成形质量。步骤(7)中将模具与成型基板一起进行热处理,能够去除模具内部的残留应力;将模具从成型基板上分离可以采用线切割的方式。通常在模具使用结束后,同样需要通入惰性气体(通常为氮气或氩气),从而排除随形冷却水路内的水汽和氧气,方便进行密封保存,以防生锈,提高该涡流随形冷却水路模具的使用寿命。

[0015] 优选方案中,所述步骤(1)和步骤(2)中设计涡流随形冷却水路的三维模型及获取其切片数据的方法,是先根据实际模具散热需求设计不同孔径的随形冷却水路,根据随形冷却水路的孔径大小设计散热单元样式,完成三维模型的构建,随后将构建的三维模型文件转换成STL格式并导入到Magics软件中进行切片处理,从而获得涡流随形冷却水路模具的切片数据。

[0016] 优选方案中,所述步骤(4)中,还需要向所述选区激光熔化增材制造设备中充入惰性气体,直至含氧量低于1000ppm;惰性气体使用氮气或氩气;所述金属粉末采用球形模具钢粉,粒径范围为17-53 $\mu\text{m}$ 。

[0017] 优选方案中,所述选区激光熔化增材制造设备中采用的激光器为光纤激光器,光

纤激光器的成型工艺参数为波长为1070nm、光斑直径为0.1mm、光功率为260W、扫描速度为1200mm/s、扫描间距为0.08mm和层厚为0.03mm。

[0018] 优选方案中,所述螺旋状冷却水道的数量为两条,两条螺旋状冷却水道按相同的螺旋方向并联设置。采用两条螺旋状冷却水道按相同的螺旋方向并联设置,能缩短冷却液体在螺旋状冷却水道中流动时的行程,使热量能被迅速带走,提升冷却效率。

[0019] 一种优选方案中,所述条状散热单元包括多条凸起在所述螺旋状冷却水道内壁的膛线,各条膛线沿螺旋状冷却水道的周向分布。

[0020] 进一步的优选方案中,所述膛线的数量至少为6条。

[0021] 更进一步的优选方案中,所述膛线横截面呈扇形、梯形或矩形。

[0022] 再进一步的优选方案中,横截面呈矩形的所述膛线宽度至少为1mm,高度至多高于所述螺旋状冷却水道的内壁1mm;膛线的旋转角度至少为3°。

[0023] 另一种优选方案中,所述螺旋状冷却水道的内腔中设有螺旋通道,螺旋通道的轴线与螺旋状冷却水道的轴线相重合并自条状散热单元的进水口延伸至出水口,螺旋通道将螺旋状冷却水道的内腔分隔为外层流道和内层流道;所述条状散热单元包括多条螺旋散热片,各条螺旋散热片沿螺旋状冷却水道的周向分布,各条螺旋散热片自螺旋状冷却水道的内壁向内腔凸出并与螺旋通道的外壁连接,螺旋散热片将外层流道分隔为多个螺旋分流道。

[0024] 进一步的优选方案中,所述螺旋散热片的数量至少为3条,螺旋散热片的厚度至多为3mm,螺旋散热片的旋转角度至少为3°。

[0025] 进一步的优选方案中,所述螺旋通道的直径为螺旋状冷却水道直径的一半。

[0026] 上述涡流随形冷却水路中,当螺旋状冷却水道的直径小于10mm时,条状散热单元可以采用多条凸起膛线的结构,减少加工难度,膛线能起到加厚支撑的作用,增加了冷却液体与螺旋状冷却水道的接触面积,并能使冷却液体在螺旋状冷却水道内沿膛线流动时产生旋转,提升冷却液体吸收模具热量的能力;当螺旋状冷却水道的直径大于10mm时,采用螺旋通道将螺旋状冷却水道分隔为外层流道和内层流道,并且将螺旋散热片对螺旋状冷却水道和螺旋通道的进行连接,将外层流道进一步分隔为多个螺旋分流道,使螺旋状冷却水道的内腔形成多通道,并且处于螺旋分流道中的冷却液体能够进行螺旋流动,进一步提升冷却液体吸收模具热量的能力,同时对于直径大的螺旋状冷却水道,采用这种结构能对螺旋状冷却水道起到更好的支撑作用。

[0027] 本发明的有益效果在于:这种涡流随形冷却水路能增大冷却水路与冷却液体的接触面积,从而提升散热效果,提高生产效率;同时在金属3D打印的过程中可以对模具的整体起到支撑结构的作用,减少增材制造过程中材料出现塌陷的情况。

## 附图说明

[0028] 图1为本发明实施例1中涡流随形冷却水路的结构示意图;

[0029] 图2为本发明实施例1中螺旋状冷却水道的结构示意图;

[0030] 图3为本发明实施例1中螺旋状冷却水道横截面的剖视图;

[0031] 图4为本发明实施例2中螺旋状冷却水道横截面的剖视图;

[0032] 图5为本发明实施例3中螺旋状冷却水道横截面的剖视图;

- [0033] 图6为本发明实施例4中螺旋状冷却水道的结构示意图；  
[0034] 图7为本发明实施例4中螺旋状冷却水道横截面的剖视图；  
[0035] 图8为本发明实施例5中螺旋状冷却水道横截面的剖视图；  
[0036] 图9为本发明实施例6中螺旋状冷却水道横截面的剖视图。

### 具体实施方式

[0037] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步描述：

[0038] 实施例1

[0039] 如图1-3所示的一种基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路，包括设置在模具本体上的两条螺旋状冷却水道1，螺旋状冷却水道1具有进水口和出水口，两条螺旋状冷却水道1按相同的螺旋方向并联设置；螺旋状冷却水道1的内壁设有向螺旋状冷却水道1内腔凸出的条状散热单元，条状散热单元按照螺旋状冷却水道1的螺旋方向自的进水口延伸至的出水口。

[0040] 条状散热单元包括六条凸起在螺旋状冷却水道1内壁的膛线2，各条膛线2沿螺旋状冷却水道1的周向分布。

[0041] 上述涡流随形冷却水路中，冷却水道的形状根据产品表面进行设计，与产品的模腔表面贴合，从而具有更好的冷却效果。采用两条螺旋状冷却水道1按相同的螺旋方向并联设置，能缩短冷却液体在螺旋状冷却水道1中流动时的行程，使热量能被迅速带走，提升冷却效率。通过将冷却水道设置为螺旋状，增加了冷却水道与模腔的接触面积，提升冷却效率；通过在螺旋状冷却水道1的内壁中设置凸出的条状散热单元，并且条状散热单元按照螺旋状冷却水道1的螺旋方向设置，进一步增加了冷却液体与螺旋状冷却水道1的接触面积，并能使冷却液体在螺旋状冷却水道1内沿条状散热单元流动时产生旋转，从而提升冷却液体吸收模具热量的能力，同时条状散热单元还能够对冷却水道起到支撑作用，在制造过程中能有效减少因悬臂结构过长而导致的坍塌或冷却水道外表面挂渣现象的发生。条状散热单元可以采用多条凸起膛线2的结构，减少加工难度，膛线2能起到加厚支撑的作用，增加了冷却液体与螺旋状冷却水道1的接触面积，并能使冷却液体在螺旋状冷却水道1内沿膛线2流动时产生旋转，提升冷却液体吸收模具热量的能力。

[0042] 膛线2横截面呈扇形。

[0043] 上述基于金属3D打印成形的涡流随形冷却水路的制造方法，其特征在于包括以下步骤：

[0044] (1) 设计上述涡流随形冷却水路的三维模型；

[0045] (2) 将三维模型按照设定0.01mm层厚进行切片处理，获得涡流随形冷却水路模具的切片数据，分层后每隔0.03mm获得每层中的轮廓数据作为打印层，且每相邻打印层之间的扫描策略采取旋转67°方式进行；

[0046] (3) 将模具及涡流随形冷却水路所用的粉末材料进行筛粉及除湿处理，置于3D打印设备的供粉罐中；

[0047] (4) 根据设定的切片数据将供粉罐中的金属粉末均匀铺在成型基板上，预热成型基板至设定温度，通过选区激光熔化进行成型；

[0048] (5) 完成一次铺粉并激光熔化后，成型基板下降一个铺粉层厚度，进行第二层的打

印,前两层打印层采用同样的工艺参数重复扫描两遍,从第三层打印开始重复铺粉与激光扫描熔化过程直至倒数第三层,最后两层打印层采用同样的工艺参数和相互旋转90°的方式重复扫描两遍,完整成型整个涡流随形冷却水路的模具;

[0049] (6)将整个模具连同基板一起取下,清理残余金属粉末,并通过气枪清洗冷却水路内部的金属粉末;

[0050] (7)将模具与基板一起进行热处理,最后模具从成型基板上分离。

[0051] 上述制造方法中,对涡流随形冷却水路根据需要进行三维模型设计后,获得切片数据,并根据数据使用3D打印设备逐层进行激光熔化成型,直至整个模具完整成型。步骤(2)中每层的轮廓数据是指每层的轮廓和与该轮廓对应的材料信息;每相邻打印层之间的扫描策略采取旋转67°方式能避免层间扫描线的重合。由于该涡流随形冷却水路的散热单元为螺旋结构,因此步骤(5)中前两层打印层采用同样的工艺参数重复扫描两遍的策略,能够确认模具与基板之间是否达到预期的结合强度;最后两层采用同样的工艺参数和相互旋转90度的扫描策略重复扫描两遍,从而确保模具表面成形质量。步骤(7)中将模具与成型基板一起进行热处理,能够去除模具内部的残留应力;将模具从成型基板上分离可以采用线切割的方式。

[0052] 步骤(1)和步骤(2)中设计涡流随形冷却水路的三维模型及获取其切片数据的方法,是先根据实际模具散热需求设计不同孔径的随形冷却水路,根据随形冷却水路的孔径大小设计散热单元样式,完成三维模型的构建,随后将构建的三维模型文件转换成STL格式并导入到Magics软件中进行切片处理,从而获得涡流随形冷却水路模具的切片数据。

[0053] 步骤(4)中,还需要向所述选区激光熔化增材制造设备中充入惰性气体,直至含氧量低于1000ppm;惰性气体使用氮气;金属粉末采用球形模具钢粉,粒径为17。

[0054] 选区激光熔化增材制造设备中采用的激光器为光纤激光器,光纤激光器的成型工艺参数为波长为1070nm、光斑直径为0.1mm、光功率为260W、扫描速度为1200mm/s、扫描间距为0.08mm和层厚为0.03mm。

[0055] 实施例2

[0056] 本实施例与实施例1的区别在于:如图4所示,膛线2'横截面呈梯形。

[0057] 实施例3

[0058] 本实施例与实施例1的区别在于:如图5所示,膛线2"横截面呈矩形。

[0059] 实施例4

[0060] 本实施例与实施例1的区别在于:如图6-7所示,螺旋状冷却水道的内腔中设有螺旋通道3,螺旋通道3的轴线与螺旋状冷却水道的轴线相重合并自条状散热单元的进水口延伸至出水口,螺旋通道3将螺旋状冷却水道的内腔分隔为外层流道和内层流道4;条状散热单元包括四条螺旋散热片5,各条螺旋散热片5沿螺旋状冷却水道的周向分布,各条螺旋散热片5自螺旋状冷却水道的内壁向内腔凸出并与螺旋通道3的外壁连接,螺旋散热片5将外层流道分隔为多个螺旋分流道6。

[0061] 螺旋通道3的直径为螺旋状冷却水道直径的一半。

[0062] 实施例5

[0063] 本实施例与实施例4的区别在于:如图8所示,螺旋散热片5'的数量为三条。

[0064] 实施例6

[0065] 本实施例与实施例4的区别在于:如图9所示,螺旋散热片5”的数量为六条。

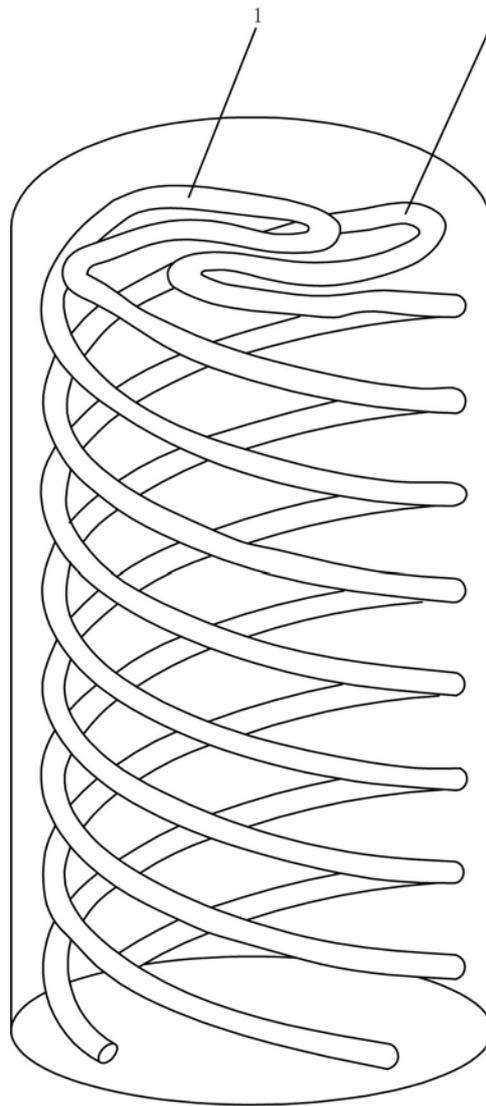


图1

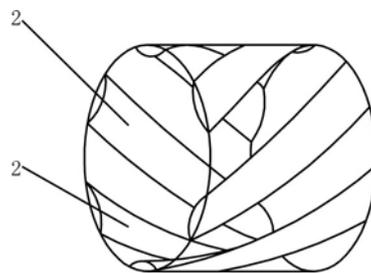


图2

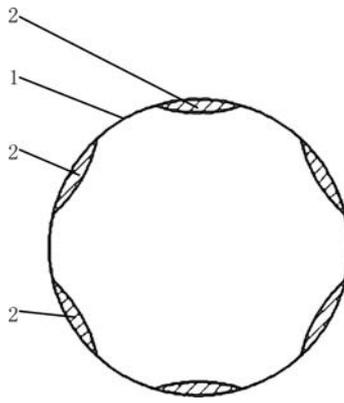


图3

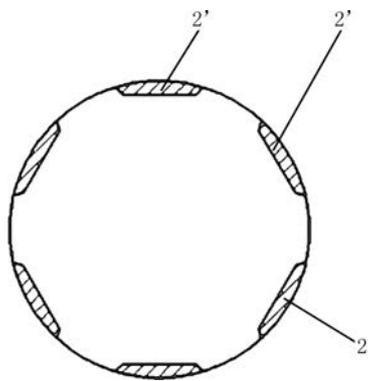


图4

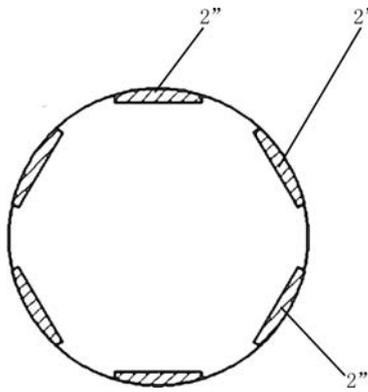


图5

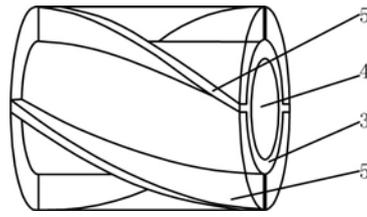


图6

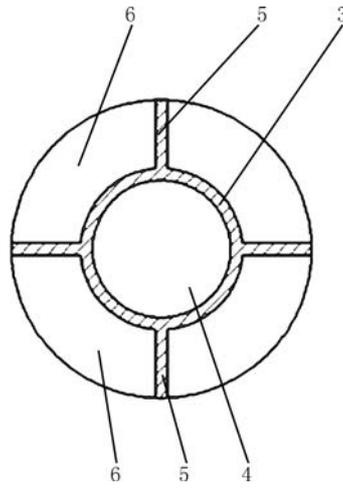


图7

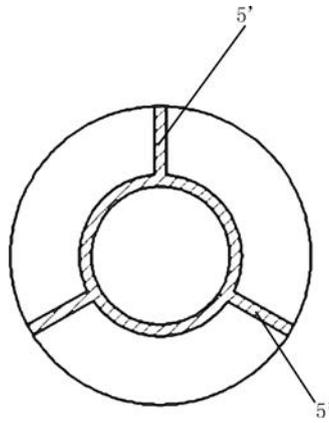


图8

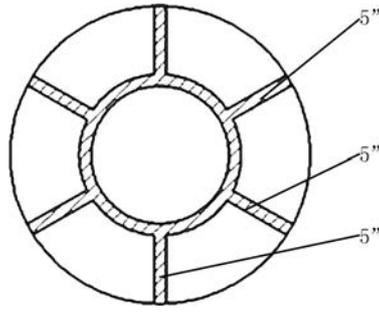


图9