



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103231055 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 07

(21) 申请号 201310173202. 1

(22) 申请日 2013. 05. 13

(71) 申请人 柳岸敏

地址 215636 江苏省苏州市张家港市大新镇  
沿江公路新芳 5 号门

(72) 发明人 柳岸敏 张翀昊 杨健 邵国峰  
黄和芳 黄佳欣

(74) 专利代理机构 张家港市高松专利事务所  
(普通合伙) 32209

代理人 孙高

(51) Int. Cl.

B22F 3/105(2006. 01)

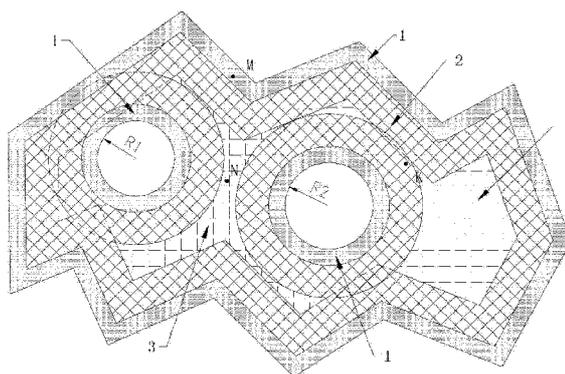
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

## (54) 发明名称

一种差异化激光 3D 打印金属件的方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,该方法将每层打印层划分出外部、中部、内部,并利用激光和合金粉末对每一层打印层的外部低速精修;对每一层打印层的中部中速沉积;对每一层打印层的内部高速堆积,最后对打印得到的金属件进行后期加工,确保外形尺寸符合设计要求。该方法既满足了金属件的机械性能要求,又大大提高了金属件的成型效率。



1. 一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,包括:

A. 在每层打印层上任取一点,该点到打印层边缘的最小距离设为  $H$ ,当  $0 < H \leq I$  时,该点属于打印层的外部;当  $I < H \leq I+5$  时,该点属于打印层的中部,当  $H > I+5$  时,该点属于打印层的内部,其中  $1\text{mm} < I \leq 3\text{mm}$ ;

B. 将预处理好的打印底板、打印底座放置在打印工位,利用激光和合金粉末在预处理好的打印底板上逐层叠加打印金属件,并对打印区域进行惰性气体保护,其中,每一层打印层的外部低速精修,激光速度  $(0-1)\text{m}/\text{min}$ ,送粉速度  $[10-20]\text{g}/\text{min}$ ,扫描宽度为  $[2-4]\text{mm}$ ;每一层打印层的中部中速沉积,激光速度  $(1-3)\text{m}/\text{min}$ ,送粉速度  $(20-40)\text{g}/\text{min}$ ,扫描宽度为  $[2-4]\text{mm}$ ;每一层打印层的内部高速堆积,激光速度  $(3-5)\text{m}/\text{min}$ ,送粉速度  $(40-60)\text{g}/\text{min}$ ,扫描宽度为  $[2-6]\text{mm}$ ,若打印层的内部某区域宽度小于内部设定的扫描宽度,则该区域依照中部的打印参数进行打印;

C. 对金属件进行后期加工。

2. 如权利要求 1 所述的一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,其特征在于:激光在每层打印层的外部、中部、内部的打印厚度均相等,为  $0.5-2\text{mm}$ 。

3. 如权利要求 2 所述的一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,其特征在于:打印外部、中部所采用的激光为光纤激光,功率均为  $2000\text{W}$ ,激光波长为  $1.06\mu\text{m}$ ;打印内部所采用的激光为光纤激光,功率为  $4000\text{W}$ ,激光波长为  $1.06\mu\text{m}$ 。

4. 如权利要求 2 所述的一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,其特征在于:打印外部、中部所采用的激光为二氧化碳激光,功率均为  $3000\text{W}$ ,激光波长为  $10.6\mu\text{m}$ ;打印内部所采用的激光为二氧化碳激光,功率为  $5000\text{W}$ ,激光波长为  $10.6\mu\text{m}$ 。

5. 如权利要求 3 或 4 所述的一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,其特征在于:每层打印层的打印顺序为内部→中部→外部。

6. 如权利要求 5 所述的一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,其特征在于:所述步骤 C 包括

C1、将打印后的金属件连同打印底板从打印底座上取出;

C2、将金属件与打印底板剥离;

C3、对金属件外形尺寸或表面精度未符合设计要求的部位进行后期机加工。

7. 如权利要求 5 所述的一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,其特征在于:所述步骤 C 包括

C11、将打印后的金属件连同打印底板从打印底座上取出;

C12、对金属件外形尺寸或表面精度未符合设计要求的部位进行后期机加工;

C13、将金属件与打印底板剥离;

C14、对金属件上与打印底板连接的连接面进行后期机加工。

8. 如权利要求 1 所述的一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,其特征在于:该方法采用的激光喷头包括三个粉末喷头,每个粉末喷头均连通送气管路和送粉管路,该三个粉末喷头旋转更换分别对打印层外部、中部、内部进行打印。

## 一种差异化激光 3D 打印金属件的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种 3D 打印金属件的方法,特别是指一种差异化激光 3D 打印金属件的方法。

### 背景技术

[0002] 3D 打印技术是一种新兴的成型方法,其核心是将所需成型工件的复杂 3D 形体通过切片处理转化为简单的 2D 截面的组合,因此不必采用传统的加工机床和模具,依据工件的三维计算机辅助设计模型,激光 3D 打印设备在计算机控制下,沿着高度方向逐层沉积材料,并使片层与片层之间相互粘接,最终堆积成三维工件。

[0003] 目前主要的 3D 打印方法有激光固化式方法、激光烧结式方法、激光切纸式方法、三维打印式方法和熔融挤压式方法。传统的 3D 打印中,一般以光敏树脂、尼龙、石蜡、纸箔等有机材料为主要原料,使用金属合金粉末进行 3D 打印的技术还不够成熟,对于打印同一金属件而言,其激光功率、激光扫描速度、喷粉速度等参数都是固定的,因此,成型后的金属件的内部、外部的机械性能几乎相同,而有些金属件要求表面的机械性能比内部的机械性能要高,在打印这类金属件时,往往使用满足金属表面机械性能的激光参数打印整个金属件,这样就造成金属件的成型效率非常低,而大型金属件的成型效率就更低。

[0004] 此外,目前的激光 3D 打印方法所使用的激光头只配置一个粉末喷头,能够满足一般金属件的打印需求。但是对于大型金属件以及需要使用不同金属粉末、不同送粉速度进行 3D 打印时,这种打印方法效率低,粉末浪费严重,而且打印过程中容易存在一定的缺陷,导致金属件的致密性不够。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,该方法对每层打印层划分区域,利用不同的激光参数打印金属件的不同部位,从而既该方法既满足了金属件的机械性能要求,又大大提高了金属件的成型效率。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案是:一种差异化激光 3D 打印金属件的方法,包括:

[0007] A. 在打印层上任取一点,该点到打印层边缘的最小距离设为  $H$ ,当  $0 < H \leq I$  时,该点属于打印层的外部;当  $I < H \leq I+5$  时,该点属于打印层的中部,当  $H > I+5$  时,该点属于打印层的内部,其中  $1 < I \leq 3\text{mm}$ ;

[0008] B. 将预处理好的打印底板、打印底座放置在打印工位,利用激光和合金粉末在预处理好的打印底板上逐层叠加打印金属件,并对打印区域进行惰性气体保护,其中,每一层打印层的外部低速精修,激光速度  $(0-1)\text{m/min}$ ,送粉速度  $[10-20]\text{g/min}$ ,扫描宽度为  $[2-4]\text{mm}$ ;每一层打印层的中部中速沉积,激光速度  $(1-3)\text{m/min}$ ,送粉速度  $(20-40)\text{g/min}$ ,扫描宽度为  $[2-4]\text{mm}$ ;每一层打印层的内部高速堆积,激光速度  $(3-5)\text{m/min}$ ,送粉速度  $(40-60)\text{g/min}$ ,扫描宽度为  $[2-6]\text{mm}$ ,若打印层的内部某区域宽度小于内部设定的扫描宽度,则该区域

依照中部的打印参数进行打印；

[0009] C. 对金属件进行后期加工。

[0010] 作为一种优选的方案,激光在打印层外部、中部、内部的打印厚度均相等,为 0.5-2mm。

[0011] 作为一种优选的方案,打印外部、中部所采用的激光为光纤激光,功率均为 2000W,激光波长为 1.06um;打印内部所采用的激光为光纤激光,功率为 4000W,激光波长为 1.06um。

[0012] 作为一种优选的方案,打印外部、中部所采用的激光为二氧化碳激光,功率均为 3000W,激光波长为 10.6um;打印内部所采用的激光为二氧化碳激光,功率为 5000W,激光波长为 10.6um。

[0013] 作为一种优选的方案,每层打印层的打印顺序为内部→中部→外部。

[0014] 作为一种优选的方案,所述步骤 C 包括

[0015] C1、将打印后的金属件连同打印底板从打印底座上取出；

[0016] C2、将金属件与打印底板剥离；

[0017] C3、对金属件外形尺寸或表面精度未符合设计要求的部位进行后期机加工。

[0018] 作为另一种优选的方案,所述步骤 C 包括

[0019] C11、将打印后的金属件连同打印底板从打印底座上取出；

[0020] C12、对金属件外形尺寸或表面精度未符合设计要求的部位进行后期机加工；

[0021] C13、将金属件与打印底板剥离；

[0022] C14、对金属件上与打印底板连接的连接面进行后期机加工。

[0023] 作为进一步的改进,该方法采用的激光喷头包括三个粉末喷头,每个粉末喷头均连通送气管路和送粉管路,该三个粉末喷头旋转更换分别对打印层外部、中部、内部进行打印。

[0024] 采用了上述技术方案后,本发明的效果是:该方法根据每层打印层中不同点到边缘的最小距离科学的将每层打印层划分外部、中部和内部,并对打印层的外部、中部和内部采用不同的激光速度和送粉速度进行打印,可确保成型金属件的表面机械性能的同时,还提高了金属件的成型效率。

[0025] 又由于激光在打印层外部、中部、内部的打印厚度均相等,为 0.5-2mm,这样可确保打印层与打印层之间更好的粘接,减少打印过程中的误差。

[0026] 又由于该方法采用的激光喷头包括三个粉末喷头,每个粉末喷头均连通送气管路和送粉管路,该三个粉末喷头旋转更换分别对打印层外部、中部、内部的进行打印,因此,该方法可实现不同合金粉末和送粉速度的快速切换,使 3D 打印的效率更高。

#### 附图说明

[0027] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0028] 图 1 是本发明实施例 1 中打印层的区域划分图原理图；

[0029] 图 2 是本发明实施例 1 中打印层的区域划分图；

[0030] 图 3 是本发明实施例 2 中打印层的区域划分图；

[0031] 图 4 是本发明实施例 3 中打印层的区域划分图；

[0032] 图 5 是本发明实施例 1 中最终成型的金属件的立体图；

[0033] 图 6 是发明实施例 1 利用到的激光喷头的立体图；

[0034] 附图中：1. 外部；2. 中部；3. 内部；4. 连接座；5. 转盘；6. 粉末喷头；61. 进气孔；62. 送粉孔；7. 动力装置；8. 连接套管。

### 具体实施方式

[0035] 下面通过具体实施例对本发明作进一步的详细描述。

[0036] 实施例 1

[0037] 如图 1、2、5、6 所示，一种差异化激光 3D 打印金属件的方法，包括：

[0038] A. 预先划分每一层打印层中的任一点所属区域；在打印层上任取一点，该点到打印层边缘的最小距离设为  $H$ ，该打印层边缘包括外边缘，若成型金属件中有孔或腔，那么该边缘还应当包括内边缘，当  $0 < H \leq I$  时，该点属于打印层的外部 1；当  $I < H \leq I+5$  时，该点属于打印层的中部 2，当  $H > I+5$  时，该点属于打印层的内部 3，其中  $1 < I \leq 3\text{mm}$ ，本实施例中  $I$  的选值为  $1\text{mm}$ ；

[0039] B. 将预处理好的打印底板、打印底座放置在打印工位，利用激光和合金粉末在预处理好的打印底板上逐层叠加打印金属件，并对打印区域进行惰性气体保护，该惰性气体一般采用氮气，其中，每一层打印层的外部 1 低速精修，激光速度  $0.5\text{m}/\text{min}$ ，送粉速度  $10\text{g}/\text{min}$ ，扫描宽度为  $2\text{mm}$ ；每一层打印层的中部 2 中速沉积，激光速度  $1\text{m}/\text{min}$ ，送粉速度  $20.5\text{g}/\text{min}$ ，扫描宽度为  $2\text{mm}$ ；每一层打印层的内部 3 高速堆积，激光速度  $3.5\text{m}/\text{min}$ ，送粉速度  $40.5\text{g}/\text{min}$ ，扫描宽度为  $2\text{mm}$ ，若打印层的内部 3 某区域宽度小于内部 3 设定的扫描宽度，则该区域依照中部 2 的打印参数进行打印；

[0040] 由图 1、5 可知，该实施例中，需要打印的金属件外部 1 轮廓并不规则，但是整体为柱状结构，且柱体内有两个圆孔，该两个圆孔的圆心之间的距离大于  $R_1+R_2+2(I+I+5)$ ，因此，在电脑中模拟切片得出形状相同的打印层，由此可知，金属件的外部 1 轮廓即为每层打印层的外边缘，两个圆孔的内孔壁即为每层打印层的内边缘；如图 1 所示，取点 M、N、K 并分别对 M、N、K 划分所属区域。

[0041] 该 M 点靠近打印层的外边缘，M 点与外边缘之间的最小距离为 M 点到外边缘的垂线段长度，测量得到数值  $m_1$ ，M 点到两个圆孔的内边缘之间的最小距离分别为  $m_2$ 、 $m_3$ ，比较  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$  的数值大小发现， $m_1 < m_2 < m_3$ ，那么  $m_1$  即为 M 点到打印层边缘的最小距离  $H$ ，再将  $m_1$  与  $I$ 、 $I+5$  进行比较，本实施例中的  $I$  取值为  $1$ ， $m_1$  就与数值  $1$ 、 $6$  进行比较得出  $m_1 < 1$ ，那么，该 M 点就落入打印层的外部 1。同理，对 N 点进行分析，该 N 点处于两个圆心的连线上，该 N 点到两个圆孔内边缘的最小距离分别为  $n_1$ 、 $n_2$ ，可以明显发现，该 N 点到外边缘的最小距离都大于  $n_1$ 、 $n_2$ ，因此只需比较  $n_1$ 、 $n_2$  的大小，经比较发现， $n_1 < n_2$ ，且  $n_1 > 6$ ，因此，该 N 点落在了打印层的内部 3；再确定 K 点所处区域，测量发现，K 点到其中一个孔的内边缘最小距离为  $k_1$ ，到外边缘的最小距离为  $k_2$ ，而到另一孔的内边缘最小距离远大于  $k_1$ 、 $k_2$ ，此时，只需比较  $k_1$ 、 $k_2$ ，经比较得出以下关系： $k_1 < k_2$ ，且  $1 < k_1 < 6$ ，因此，该 K 点处于打印层的中部 2。

[0042] 按照上述方法将每层打印层的所有点划分区域，每一层打印层均划分出外部 1、中部 2、内部 3，最后得出的区域如图 2 所示，图 2 中利用三种不同形状的填充图案示意性的表

示出了打印层的外部 1、中部 2、和内部 3。

[0043] 划分出区域后可按照预先设定的外部 1、中部 2 和内部 3 的打印参数进行打印,在打印过程中发现,当内部 3 的某个区域宽度小于内部 3 激光扫描宽度 2mm 时,该区域根本无法适用内部 3 的激光参数进行打印,此时该区域就用中部 2 的激光速度和送粉速度以及扫描宽度进行打印。

[0044] 本实施例中,内、中、外部 3、2、1 采用的激光均为光纤激光,外部 1 和中部 2 采用的激光功率为 2000W,激光波长为 1.06um;打印内部 3 所采用的激光功率为 4000W,激光波长为 1.06um。该方法使用带三个粉末喷头 6 的激光喷头进行打印,每个粉末喷头 6 均连通送气管路和送粉管路,每个送粉管路的送粉速度不同,该三个粉末喷头 6 旋转更换实现打印层外部 1、中部 2、内部 3 的打印。如图 6 所示,该激光喷头包括激光头和粉末喷头 6 组件,该粉末喷头 6 组件包括连接座 4、转盘 5、以及三个粉末喷头 6,该连接座 4 上设有连接套管 8,该连接套管 8 与激光头连接,所述转盘 5 转动套装在连接座 4 的外周,所述连接座 4 设有激光通过孔,该激光通过孔与激光头的激光喷射孔同轴连通,三个粉末喷头 6 可拆卸安装于转盘 5 上,该粉末喷头 6 相对于转盘 5 的旋转中心圆周均布,任一粉末喷头 6 旋转至工作工位上时均与所述的激光喷射孔同轴连通,所述转盘 5 与连接座 4 之间设有锁定粉末喷头 6 与激光喷射孔同轴的定位装置,每个粉末喷头 6 上均设有进气孔 61 和送粉孔 62。其中,所述粉末喷头 6 与转盘 5 之间的可拆卸安装方式为螺栓连接。所述连接座 4 上设有安装腔,所述安装腔内转动安装有主动齿轮;所述转盘 5 的内周面上设有一圈内齿,所述主动齿轮与一圈内齿啮合,所述主动齿轮由安装于连接座 4 上的动力装置 7 驱动。

[0045] 打印时,激光喷头固定在机械臂上,机械臂在电脑的智能控制下优先将打印层的内部 3 全部打印完成,然后动力装置 7 旋转更换粉末喷头 6 再打印中部 2 区域,最后再次更换粉末喷头 6 后对外部 1 区域进行精修,从而完成该打印层,然后再重复打印下一层打印层。由于金属件是由若干片打印层叠加而成,一旦出现打印层的打印厚度不均,那么这个误差会一层层累积,最终该误差会放大,导致打印得到的金属件严重变形。因此,激光在打印层外部 1、中部 2、内部 3 的打印厚度均相等,为 0.5-2mm。

[0046] 经过上述方法在打印工位上打印出了金属件初坯,然后再进行步骤 C,对金属件初坯进行后期加工。该步骤 C 包括 C1、将打印后的金属件连同打印底板从打印底座上取出;C2、将金属件与打印底板剥离;C3、对金属件外形尺寸或表面精度未符合设计要求的部位进行后期机加工。最终金属件的外部 1 轮廓尺寸、表面机械性能、以及内部 3 机械性能均符合设计要求。

[0047] 实施例 2

[0048] 如图 3 所示,该实施例与实施例 1 的方法基本相同,只是打印层稍有差别,图中,金属件的内孔之间的距离小于  $R1+R2+2(I+I+5)$  而大于  $R1+R2+2I$ ,其中, I 取值为 3mm,同样,按照实施例 1 中方法对图 3 中打印层划分区域,图 3 中也以三种不同图案示意性的表示了打印层的内、中、外部 3、2、1。每一层打印层的外部 1 低速精修,激光速度 1m/min,送粉速度 20g/min,扫描宽度为 4mm;每一层打印层的中部 2 中速沉积,激光速度 3m/min,送粉速度 40g/min,扫描宽度为 4mm;每一层打印层的内部 3 高速堆积,激光速度 5m/min,送粉速度 60g/min,扫描宽度为 6mm,同样,图 3 中有两块面积较小的内部 3 区域,很明使得知,该区域宽度小于内部 3 设定的扫描宽度 6mm,因而该区域也还是依照中部 2 的打印参数进行打印;

[0049] 打印层的外部 1、中部 2 所采用的激光为二氧化碳激光,功率均为 3000W,激光波长为 10.6 $\mu\text{m}$ ;打印内部 3 所采用的激光为二氧化碳激光,功率为 5000W,激光波长为 10.6 $\mu\text{m}$ 。该实施例的步骤 C 与实施例 1 中稍有差别,其包括

[0050] C11、将打印后的金属件连同打印底板从打印底座上取出;

[0051] C12、对金属件外形尺寸或表面精度未符合设计要求的部位进行后期机加工;

[0052] C13、将金属件与打印底板剥离;

[0053] C14、对金属件上与打印底板连接的连接面进行后期机加工。

[0054] 实施例 3

[0055] 如图 4 所示,该实施例与实施例 1 的方法基本相同,只是打印层形状稍有差别,图中,金属件的内孔之间的距离小于  $R1+R2+2I$ ,其中,  $I$  的取值为 2mm,同样,按照实施例 1 中方法对图 4 中打印层划分区域,图 4 中也以三种不同图案示意性的表示了打印层的外部 1、中部 2、内部 3。本实施例外部 1、中部 2、内部 3 均采用光纤激光,打印层的外部 1、中部 2 所采用的激光功率均为 2000W,激光波长为 1.06 $\mu\text{m}$ ;打印内部 3 所采用的激光功率为 4000W,激光波长为 1.06 $\mu\text{m}$ 。每一层打印层的外部 1 低速精修,激光速度 0.8m/min,送粉速度 15g/min,扫描宽度为 2.5mm;每一层打印层的中部 2 中速沉积,激光速度 2m/min,送粉速度 30g/min,扫描宽度为 3mm;每一层打印层的内部 3 高速堆积,激光速度 4m/min,送粉速度 50g/min,扫描宽度为 4mm,图 4 中的打印层内部 3 区域同样包括两块面交较小的区域,该区域宽度小于内部 3 设定的扫描宽度 2,因而依旧依照中部 2 的打印参数进行打印。

[0056] 上述实施例 1、2、3 揭示的方法属于同一发明构思,即将每层打印层划分不同区域,对内部 3 区域高速沉积,提高金属件的成型效率,特别是大型金属件的成型,其成型效率提高的尤为凸显。而外部 1 区域低速精修,保证打印质量,减少打印缺陷,确保金属件表面机械性能符合要求。而对于打印层外部 1、中部 2、内部 3 所使用的合金粉末可以根据具体金属件的要求而定,例如可以采用同种合金粉末进行打印,也可以采用不同的合金粉末分别打印。本实施例 1、2、3 中打印中部 2 和打印外部 1 所使用的激光功率相同,其实也可以根据具体金属件的要求而使用不同激光功率打印。更有甚者,可以使用不同种类的激光打印不同部位,例如,使用二氧化碳激光打印内部、光纤激光打印外部,而半导体激光打印中部。这些方案也并未脱离本发明的主要构思,也应落在本发明的保护范围之内。

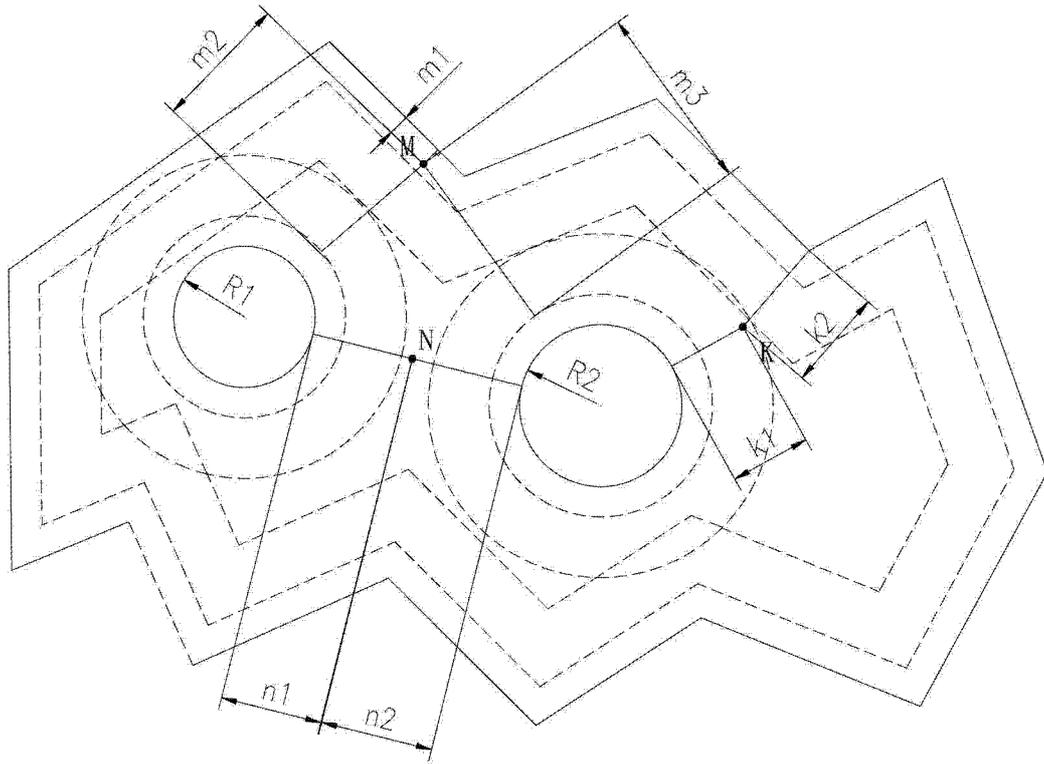


图 1

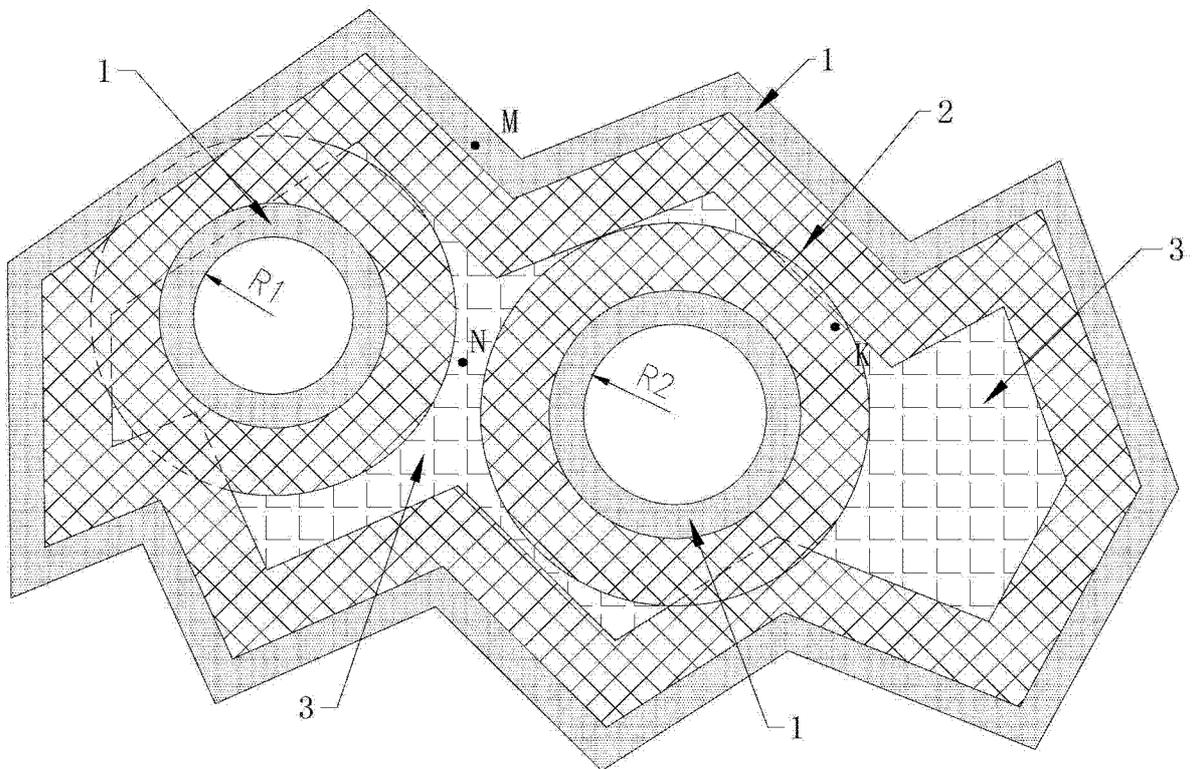


图 2

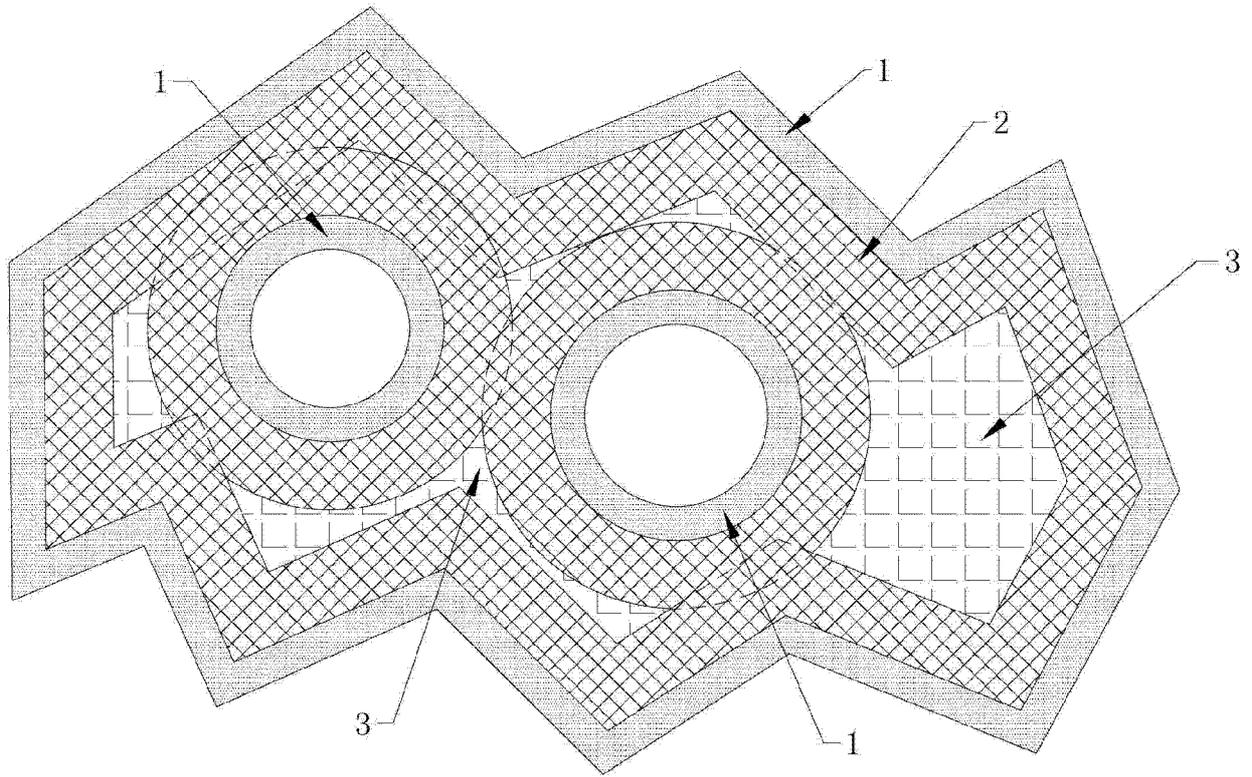


图 3

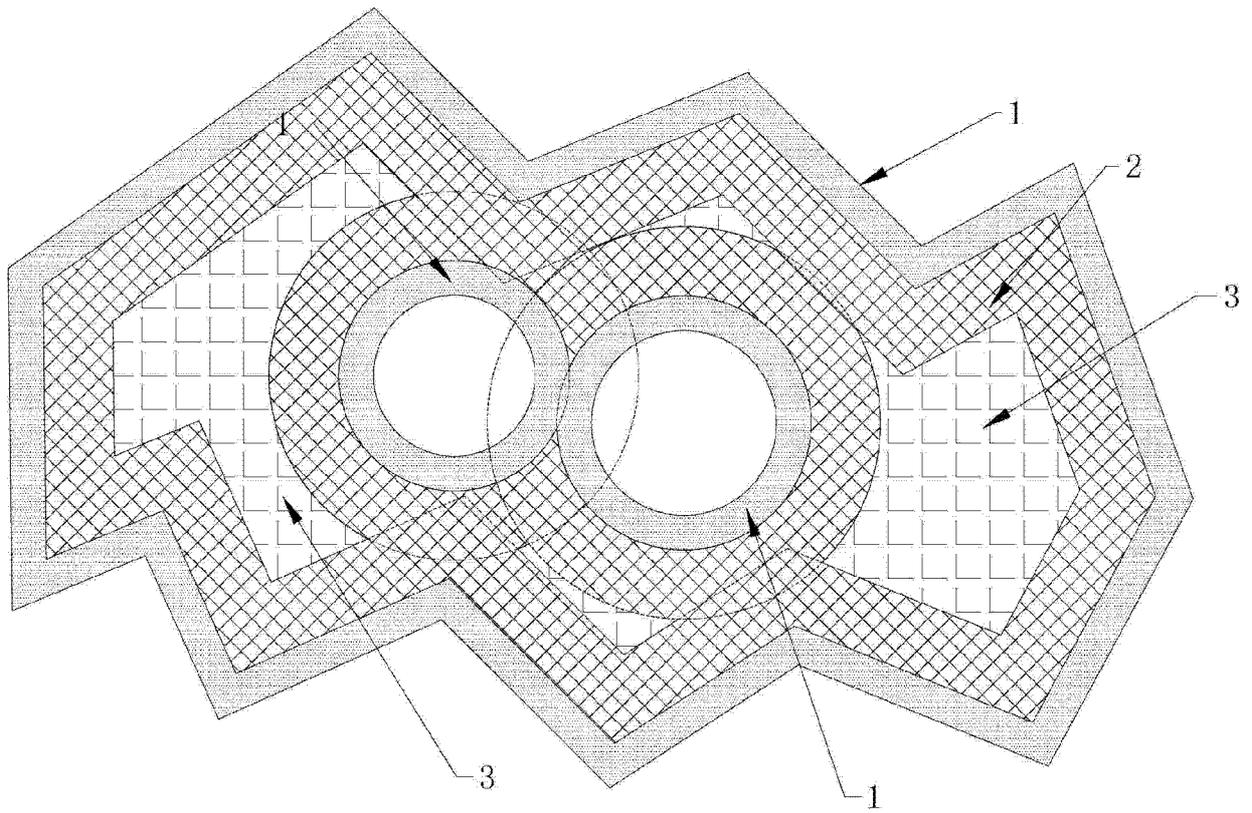


图 4

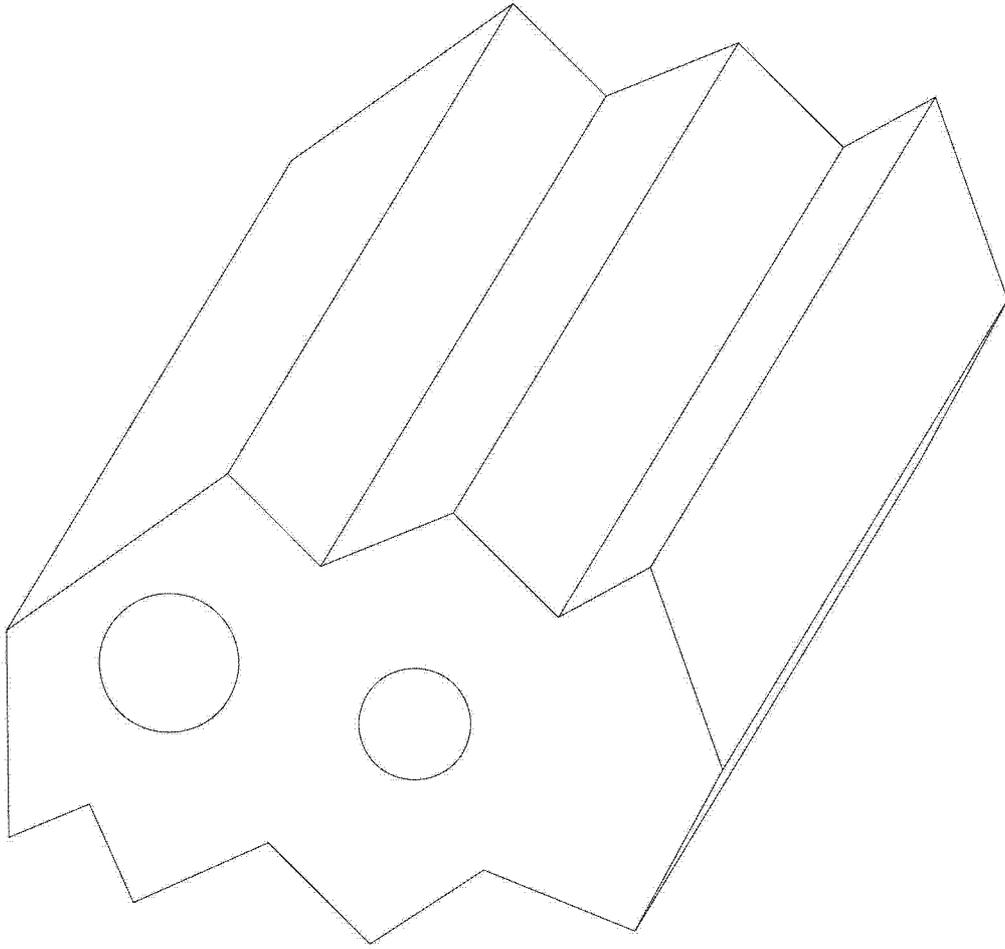


图 5

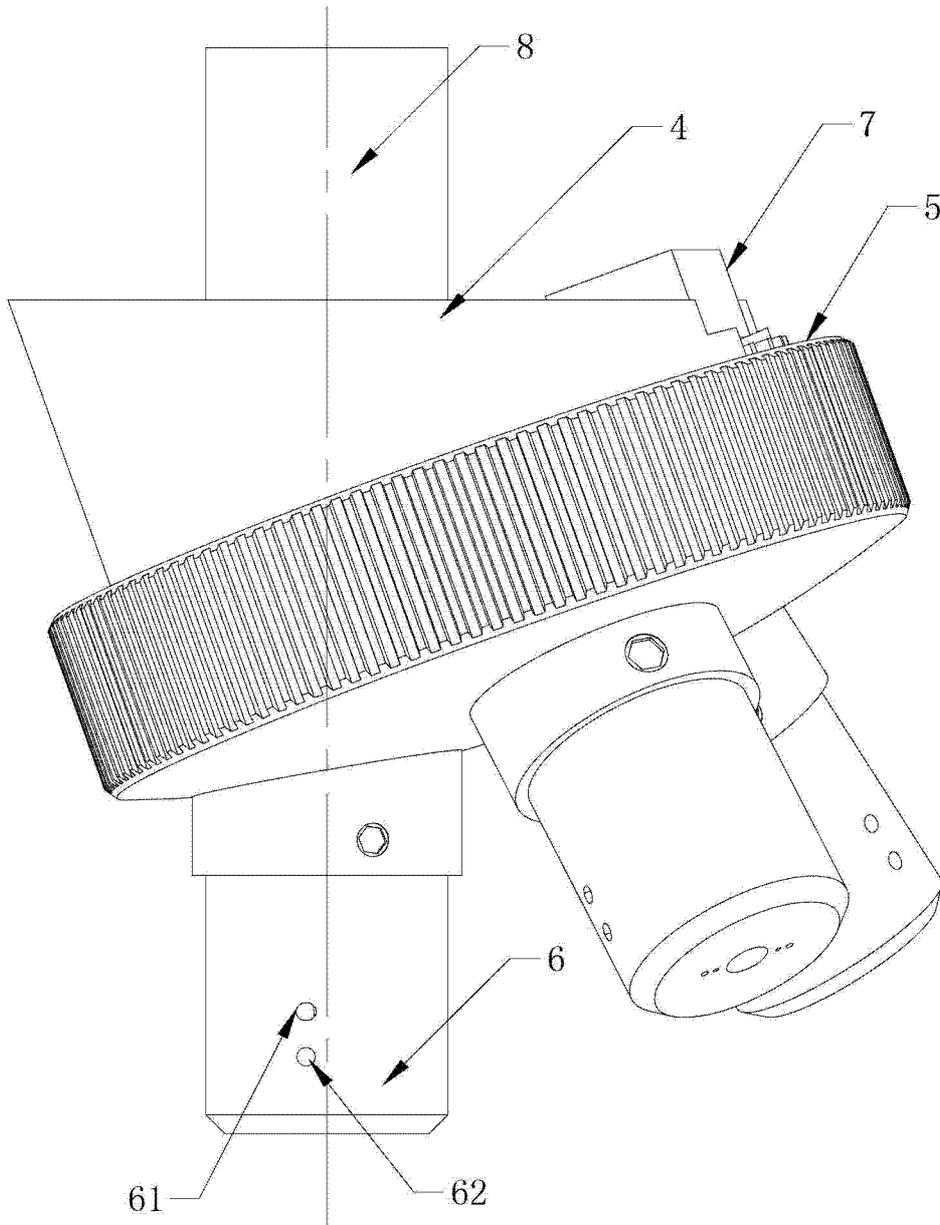


图 6