



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109351971 A

(43)申请公布日 2019. 02. 19

(21)申请号 201811405259.9

(22)申请日 2018.11.23

(71)申请人 湖北三江航天江北机械工程有限公司

地址 432000 湖北省孝感市北京路特6号

(72)发明人 卢启辉 唐伟 和玉晓 杜利亚
钟臻荣

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 胡镇西

(51)Int.Cl.

B22F 3/105(2006.01)

B22F 3/24(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

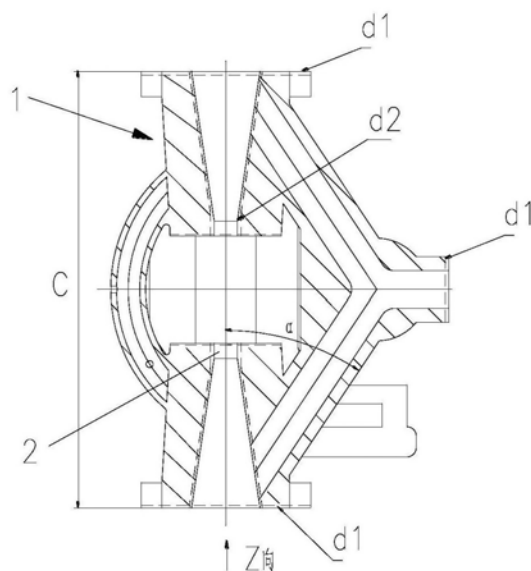
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

高温合金阀体结构件的SLM成型方法

(57)摘要

本发明公开了一种高温合金阀体结构件的SLM成型方法,该方法包括如下步骤:1)预成型件阀体的三维模型建立;2)阀体模型的支撑结构设计;3)阀体模型的数据分解:沿阀体模型的Z向垂直面将阀体模型进行数据分解,对阀体模型进行分层处理;4)阀体模型的逐层打印:从基板上开始逐层打印,得到阀体成型件;5)切割分离:沿基板的上端面进行线切割,将阀体成型件与基板切割分离;6)表面处理:进行表面喷砂处理;7)热处理:进行去应力退火和固溶处理;8)去除支撑结构;9)精加工。本发明成型所得的阀体零件外观质量好,无开裂、凸起、弯曲等缺陷,随炉试样性能检测合格,打印后机加余量分布均匀,支撑结构去除方便快捷。



1. 一种高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:包括如下步骤:

1) 预成型件阀体的三维模型建立:根据阀体(1)的结构、尺寸设计三维的阀体模型,并确定尺寸公差要求;

2) 阀体模型的支撑结构设计:先确定打印成型分层方向Z向,所述Z向与阀体(1)上的阀杆腔(2)中心轴向平行,再对阀体模型上垂直于Z向的凸出平台或角度 $\alpha > 60^\circ$ 的锥面设计支撑结构(3),所述支撑结构(3)向外延伸至基板(4)或者阀体表面;

3) 阀体模型的数据分解:沿阀体模型的Z向垂直面将阀体模型进行数据分解,对阀体模型进行分层处理;

4) 阀体模型的逐层打印:对步骤3)处理后的阀体模型从基板(4)上开始逐层打印,得到阀体成型件;

5) 切割分离:对步骤4)所得的阀体成型件进行切割分离,沿基板(4)的上端面进行线切割,将阀体成型件与基板(4)切割分离;

6) 表面处理:对步骤5)处理后的阀体成型件进行表面喷砂处理;

7) 热处理:对步骤6)处理后的阀体成型件进行去应力退火和固溶处理;

8) 去除支撑结构:对步骤7)处理后的阀体成型件上的支撑结构(3)进行去除;

9) 精加工:对步骤8)处理后的阀体成型件上留有加工余量的接口部位进行精加工,直至所要求的尺寸,即可得到阀体。

2. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤1)中,尺寸公差要求具体如下:对接口部位和尺寸公差 $H < 0.2\text{mm}$ 的尺寸基准面,端面预留加工余量 $d_1 = 1 \sim 2\text{mm}$,内孔预留加工余量 $d_2 = 3 \sim 4\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤2)中,支撑结构(3)为镂空网格结构,所述支撑结构(3)与打印成型分层方向Z向的角度 $\beta < 30^\circ$;镂空网格结构的厚度 $a_1 = 0.6 \sim 1.2\text{mm}$,镂空间距 $a_2 = 0.6 \sim 1.2\text{mm}$,镂空主支撑直径 $a_3 = 2 \sim 4\text{mm}$,镂空主支撑间距 $a_4 = 3 \sim 6\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤3)中,阀体模型分层的每层厚度 $b_1 = 0.05 \sim 0.08\text{mm}$,总层数 $e = C/b_1$,其中,C为阀体Z向的总高度。

5. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤4)中,逐层打印从距离基板(4)高度为 $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 处开始激光打印,激光打印选用的高温合金粉末粒度为 $15 \sim 53\mu\text{m}$,激光打印功率为 $100 \sim 150\text{W}$;激光扫描速率为 $250 \sim 800\text{mm/s}$ 。

6. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤5)中,切割分离后基板(4)上的打印余量高度 $f < 0.5\text{mm}$ 。

7. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤6)中,喷砂选用沙粒粒度的目数为 $80 \sim 100$ 目,喷砂压力控制在 $0.45 \sim 0.6\text{MPa}$ 。

8. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤7)中,去应力退火工艺参数:退火温度为 $670^\circ\text{C} \sim 690^\circ\text{C}$,保温时间为 $60 \sim 90\text{min}$ 。

9. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤7)中,固溶处理工艺参数:预热温度为 $840^\circ\text{C} \sim 860^\circ\text{C}$,保温时间为 $30 \sim 50\text{min}$,固溶温度为 $1150^\circ\text{C} \sim 1190^\circ\text{C}$,保温时间为 $30 \sim 50\text{min}$ 。

10. 根据权利要求1所述的高温合金阀体结构件的SLM成型方法,其特征在于:所述步骤8)中,采用钳工去除的方法对阀体成型件上的支撑结构(3)进行去除。

高温合金阀体结构件的SLM成型方法

技术领域

[0001] 本发明涉及阀体结构件的成型技术领域,具体地指一种高温合金阀体结构件的SLM成型方法。

背景技术

[0002] 随着战略武器系统及商务航天技术的快速发展,飞行器系统的长期贮存性、免维护性、快速响应性及安全无毒性等要求越来越高。传统的液体姿控动力系统推进剂均具有毒性,且使用前加注、贮存期短等缺陷,制约了装备系统的使用性能,若采用固体姿控系统替代液体姿控,将大大提升装备系统的使用性能;另一方面,液体姿控动力系统结构复杂、价格昂贵,采用固体姿控发动机替代液体姿控发动机也是降低成本的方向之一。

[0003] 固体姿控动力系统为飞行器提供俯仰、偏航、滚转、速修等姿控动力。固体姿控动力系统采用固体药剂作为工质源,通过固体药剂燃烧产生高温燃气,高温燃气通过推力器(电磁阀体与喷管的组合体)产生姿控动力。固体姿控动力系统主要由燃气发生器、点火装置、顶盖体、管路、阀体、伺服机构、阀杆、喷管件及密封结构等组成。阀体作为控制燃气作动器的主要支撑零件,结构上设计有连接燃气入口管路、阀体安装定位支座、燃气分流结构、喷管件连接密封、阀杆连接及伺服机构安装等6种接口,各结构之间的空间位置复杂、尺寸精度要求高。采用传统加工方法具有难度大、周期长、结构笨重的特点。而且,由于其工作环境的要求,需承受1000℃高温和10MPa高压的燃气冲击,顶盖体、管路、阀体等主要结构件均采用高温强度较高的GH3536高温合金,在1000℃的高温抗拉强度可达120MPa,材料成本高昂。

[0004] 目前高温合金结构件传统的加工方法是:棒板材简单件机加→零部件组焊→焊缝质量检测→退火、固溶和时效等热处理→组件精密加工,传统的加工方法具有流程繁琐复杂、焊接质量不可靠、原材料利用率低、成品合格率低和成本高的缺点。

发明内容

[0005] 本发明的目的就是要提供一种高温合金阀体结构件的SLM成型方法,该SLM(选择性激光熔化)成型方法不仅工艺流程简单、焊缝质量稳定,而且原材料利用率高、成品合格率高。

[0006] 为实现上述目的,本发明所提供的一种高温合金阀体结构件的SLM成型方法,包括如下步骤:

[0007] 1) 预成型件阀体的三维模型建立:根据阀体的结构、尺寸设计三维的阀体模型,并确定尺寸公差要求;

[0008] 2) 阀体模型的支撑结构设计:先确定打印成型分层方向Z向,所述Z向与阀体上的阀杆腔中心轴向平行,再对阀体模型上垂直于Z向的凸出平台或角度 $\alpha > 60^\circ$ 的锥面设计支撑结构,所述支撑结构向外延伸至基板或者阀体表面;

[0009] 3) 阀体模型的数据分解:沿阀体模型的Z向垂直面将阀体模型进行数据分解,对阀

体模型进行分层处理；

[0010] 4) 阀体模型的逐层打印:对步骤3)处理后的阀体模型从基板上开始逐层打印,得到阀体成型件；

[0011] 5) 切割分离:对步骤4)所得的阀体成型件进行切割分离,沿基板的上端面进行线切割,将阀体成型件与基板切割分离；

[0012] 6) 表面处理:对步骤5)处理后的阀体成型件进行表面喷砂处理；

[0013] 7) 热处理:对步骤6)处理后的阀体成型件进行去应力退火和固溶处理；

[0014] 8) 去除支撑结构:对步骤7)处理后的阀体成型件上的支撑结构进行去除；

[0015] 9) 精加工:对步骤8)处理后的阀体成型件上留有加工余量的接口部位进行精加工,直至所要求的尺寸,即可得到阀体。

[0016] 进一步地,所述步骤1)中,尺寸公差要求具体如下:对接口部位和尺寸公差 $H < 0.2\text{mm}$ 的尺寸基准面,端面预留加工余量 $d_1 = 1 \sim 2\text{mm}$,内孔预留加工余量 $d_2 = 3 \sim 4\text{mm}$ 。

[0017] 进一步地,所述步骤2)中,支撑结构为镂空网格结构,所述支撑结构与打印成型分层方向Z向的角度 $\beta < 30^\circ$;镂空网格结构的厚度 $a_1 = 0.6 \sim 1.2\text{mm}$,镂空间距 $a_2 = 0.6 \sim 1.2\text{mm}$,镂空主支撑直径 $a_3 = 2 \sim 4\text{mm}$,镂空主支撑间距 $a_4 = 3 \sim 6\text{mm}$ 。

[0018] 进一步地,所述步骤3)中,阀体模型分层的每层厚度 $b_1 = 0.05 \sim 0.08\text{mm}$,总层数 $e = C/b_1$,其中,C为阀体Z向的总高度。

[0019] 进一步地,所述步骤4)中,逐层打印从距离基板高度为 $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 处开始激光打印,激光打印选用的高温合金粉末粒度为 $15 \sim 53\mu\text{m}$,激光打印功率为 $100 \sim 150\text{W}$;激光扫描速率为 $250 \sim 800\text{mm/s}$ 。

[0020] 进一步地,所述步骤5)中,切割分离后基板上的打印余量高度 $f < 0.5\text{mm}$ 。

[0021] 进一步地,所述步骤6)中,喷砂选用沙粒粒度的目数为 $80 \sim 100$ 目,喷砂压力控制在 $0.45 \sim 0.6\text{MPa}$ 。

[0022] 进一步地,所述步骤7)中,去应力退火工艺参数:退火温度为 $670^\circ\text{C} \sim 690^\circ\text{C}$,保温时间为 $60 \sim 90\text{min}$ 。

[0023] 再进一步地,所述步骤7)中,固溶处理工艺参数:预热温度为 $840^\circ\text{C} \sim 860^\circ\text{C}$,保温时间为 $30 \sim 50\text{min}$,固溶温度为 $1150^\circ\text{C} \sim 1190^\circ\text{C}$,保温时间为 $30 \sim 50\text{min}$ 。

[0024] 更进一步地,所述步骤8)中,采用钳工去除的方法对阀体成型件上的支撑结构进行去除。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0026] 其一,本发明的成型方法包括预成型件阀体的三维模型建立、阀体模型的支撑结构设计、阀体模型的数据分解、阀体模型的逐层打印、切割分离、表面处理、热处理、去除支撑结构以及精加工,成型所得的阀体零件外观质量良好,无开裂、凸起、弯曲等缺陷,随炉试样性能检测合格,打印后机加余量分布均匀,支撑结构去除方便快捷,连接结构强度满足要求。

[0027] 其二,本发明的成型方法解决了高温合金结构件采用传统组焊方法产生的工艺流程复杂、焊缝质量不稳定易反复返修、原材料利用率低、成品合格率低和成本高的缺点。

[0028] 其三,本发明的成型方法工艺流程简单、可操作性强,不仅适用于固体姿控动力系统阀体零件的成型,也适用于其他高温合金材料零件的SLM成型。

- [0029] 说明书附图
- [0030] 图1为本发明的阀体的主视结构示意图；
- [0031] 图2为图1所示的阀体与支撑结构的结构示意图；
- [0032] 图3为图2的左视结构示意图；
- [0033] 图4为图3中支撑结构的放大结构示意图；
- [0034] 图5为图1所示阀体与基板切割分离示意图；
- [0035] 图中，阀体1、阀杆腔2、支撑结构3、基板4。

具体实施方式

[0036] 下面结合具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0037] 实施例1：

[0038] 如图1所示为某型号固体发动机高温合金复杂阀体零件，该阀体结构件的SLM成型方法，包括如下步骤：

[0039] 1) 预成型件阀体的三维模型建立：依据产品设计三维模型以及尺寸公差要求，对产品接口部位和尺寸公差 $H < 0.2\text{mm}$ 的尺寸基准面，端面预留加工余量 $d_1 = 2\text{mm}$ ，内孔预留加工余量 $d_2 = 4\text{mm}$ ；

[0040] 2) 阀体模型的支撑结构设计：根据阀体结构，先确定打印成型分层方向Z向，Z向与阀体1上的阀杆腔2中心轴向平行，再对阀体模型上垂直于Z向的凸出平台或角度 $\alpha > 60^\circ$ 的锥面设计支撑结构3，支撑结构向外延伸至基板4或者阀体表面，支撑结构3与Z向的角度 $\beta < 30^\circ$ ，如图2和图3所示；支撑结构3为镂空网格结构；镂空网格结构的厚度 $a_1 = 0.6\text{mm}$ ，镂空间距 $a_2 = 0.6\text{mm}$ ，镂空主支撑直径 $a_3 = 2\text{mm}$ ，主支撑间距 $a_4 = 4\text{mm}$ ，支撑结构示意图如图4所示；

[0041] 3) 阀体模型的数据分解：沿Z向垂直面对阀体模型进行分解数据，每层厚度 $b_1 = 0.05\text{mm}$ ，模型分解层数 $e = C/b_1 = 3680$ ，其中， $C = 184\text{mm}$ 为阀体Z向的总高度；

[0042] 4) 阀体模型的逐层打印：对步骤3)处理后的阀体模型从基板4上开始逐层打印，从距离基板4高度 0.5mm 处开始激光打印，选用的高温合金粉末粒度为 $45\mu\text{m}$ ，打印激光功率为 120W ，激光扫描速率为 400mm/s ；

[0043] 5) 切割分离：切割分离示意图如图5所示，沿基板4上端面进行线切割，将阀体成型件与基板4切割分离，切割后基板4上的打印余量高度 $f < 0.5\text{mm}$ ，保证产品不被切割破坏；

[0044] 6) 表面处理：对步骤5)处理后的阀体成型件进行表面喷砂处理，增加表面质量，喷砂选用沙粒粒度的目数为90目，喷砂压力控制在 0.5MPa ；

[0045] 7) 热处理：对步骤6)处理后的阀体成型件进行去应力退火和固溶处理，去应力退火工艺参数：退火温度为 680°C ，保温时间为 80min ；固溶工艺参数：预热温度为 850°C ，保温时间为 40min ，固溶温度为 1175°C ，保温时间为 40min ；

[0046] 8) 去除支撑结构：由于支撑的镂空结构，其强度相对较低，采用钳工去除的方法对阀体成型件上的支撑结构3进行去除；

[0047] 9) 精加工：对步骤8)处理后的阀体成型件上留有加工余量的接口部位进行精加工，直至所要求的尺寸，即可得到阀体。

[0048] 实施例2：

[0049] 如图1所示为某型号固体发动机高温合金复杂阀体零件，该阀体结构件的SLM成型

方法,包括如下步骤:

[0050] 1) 预成型件阀体的三维模型建立:依据产品设计三维模型以及尺寸公差要求,对产品接口部位和尺寸公差 $H < 0.2\text{mm}$ 的尺寸基准面,端面预留加工余量 $d_1 = 2\text{mm}$,内孔预留加工余量 $d_2 = 4\text{mm}$;

[0051] 2) 阀体模型的支撑结构设计:根据阀体结构,先确定打印成型分层方向Z向,Z向与阀体1上的阀杆腔2中心轴向平行,再对阀体模型上垂直于Z向的凸出平台或角度 $\alpha > 60^\circ$ 的锥面设计支撑结构3,支撑结构向外延伸至基板4或者阀体表面,支撑结构3与Z向的角度 $\beta < 30^\circ$,如图2和图3所示;支撑结构3为镂空网格结构;镂空网格结构的厚度 $a_1 = 1.2\text{mm}$,镂空间距 $a_2 = 1.2\text{mm}$,镂空主支撑直径 $a_3 = 4\text{mm}$,主支撑间距 $a_4 = 6\text{mm}$,支撑结构示意图如图4所示;

[0052] 3) 阀体模型的数据分解:沿Z向垂直面对阀体模型进行分解数据,每层厚度 $b_1 = 0.08\text{mm}$,模型分解层数 $e = C/b_1 = 2300$,其中, $C = 184\text{mm}$ 为阀体Z向的总高度;

[0053] 4) 阀体模型的逐层打印:对步骤3)处理后的阀体模型从基板4上开始逐层打印,从距离基板4高度 1.0mm 处开始激光打印,选用的高温合金粉末粒度为 $53\mu\text{m}$,打印激光功率为 150W ,激光扫描速率为 800mm/s ;

[0054] 5) 切割分离:切割分离示意图如图5所示,沿基板4上端面进行线切割,将阀体成型件与基板4切割分离,切割后基板4上的打印余量高度 $f < 0.5\text{mm}$,保证产品不被切割破坏;

[0055] 6) 表面处理:对步骤5)处理后的阀体成型件进行表面喷砂处理,增加表观质量,喷砂选用沙粒粒度的目数为100目,喷砂压力控制在 0.6MPa ;

[0056] 7) 热处理:对步骤6)处理后的阀体成型件进行去应力退火和固溶处理,去应力退火工艺参数:退火温度为 670°C ,保温时间为 60min ;固溶工艺参数:预热温度为 840°C ,保温时间为 30min ,固溶温度为 1150°C ,保温时间为 30min ;

[0057] 8) 去除支撑结构:由于支撑的镂空结构,其强度相对较低,采用钳工去除的方法对阀体成型件上的支撑结构3进行去除;

[0058] 9) 精加工:对步骤8)处理后的阀体成型件上留有加工余量的接口部位进行精加工,直至所要求的尺寸,即可得到阀体。

[0059] 实施例3:

[0060] 如图1所示为某型号固体发动机高温合金复杂阀体零件,该阀体结构件的SLM成型方法,包括如下步骤:

[0061] 1) 预成型件阀体的三维模型建立:依据产品设计三维模型以及尺寸公差要求,对产品接口部位和尺寸公差 $H < 0.2\text{mm}$ 的尺寸基准面,端面预留加工余量 $d_1 = 1\text{mm}$,内孔预留加工余量 $d_2 = 3\text{mm}$;

[0062] 2) 阀体模型的支撑结构设计:根据阀体结构,先确定打印成型分层方向Z向,Z向与阀体1上的阀杆腔2中心轴向平行,再对阀体模型上垂直于Z向的凸出平台或角度 $\alpha > 60^\circ$ 的锥面设计支撑结构3,支撑结构向外延伸至基板4或者阀体表面,支撑结构3与Z向的角度 $\beta < 30^\circ$,如图2和图3所示;支撑结构3为镂空网格结构;镂空网格结构的厚度 $a_1 = 0.6\text{mm}$,镂空间距 $a_2 = 0.6\text{mm}$,镂空主支撑直径 $a_3 = 2\text{mm}$,主支撑间距 $a_4 = 3\text{mm}$,支撑结构示意图如图4所示;

[0063] 3) 阀体模型的数据分解:沿Z向垂直面对阀体模型进行分解数据,每层厚度 $b_1 = 0.06\text{mm}$,模型分解层数 $e = C/b_1 = 3067$,其中, $C = 184\text{mm}$ 为阀体Z向的总高度;

[0064] 4) 阀体模型的逐层打印:对步骤3)处理后的阀体模型从基板4上开始逐层打印,从

距离基板4高度0.6mm处开始激光打印,选用的高温合金粉末粒度为15 μ m,打印激光功率为100W,激光扫描速率为250mm/s;

[0065] 5) 切割分离:切割分离示意图如图5所示,沿基板4上端面进行线切割,将阀体成型件与基板4切割分离,切割后基板4上的打印余量高度 $f < 0.5$ mm,保证产品不被切割破坏;

[0066] 6) 表面处理:对步骤5)处理后的阀体成型件进行表面喷砂处理,增加表观质量,喷砂选用沙粒粒度的目数为80目,喷砂压力控制在0.45MPa;

[0067] 7) 热处理:对步骤6)处理后的阀体成型件进行去应力退火和固溶处理,去应力退火工艺参数:退火温度690 $^{\circ}$ C,保温时间为90min;固溶工艺参数:预热温度为860 $^{\circ}$ C,保温时间为50min,固溶温度为1190 $^{\circ}$ C,保温时间为50min;

[0068] 8) 去除支撑结构:由于支撑的镂空结构,其强度相对较低,采用钳工去除的方法对阀体成型件上的支撑结构3进行去除;

[0069] 9) 精加工:对步骤8)处理后的阀体成型件上留有加工余量的接口部位进行精加工,直至所要求的尺寸,即可得到阀体。

[0070] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,应当指出,任何熟悉本领域的技术人员在本发明所揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

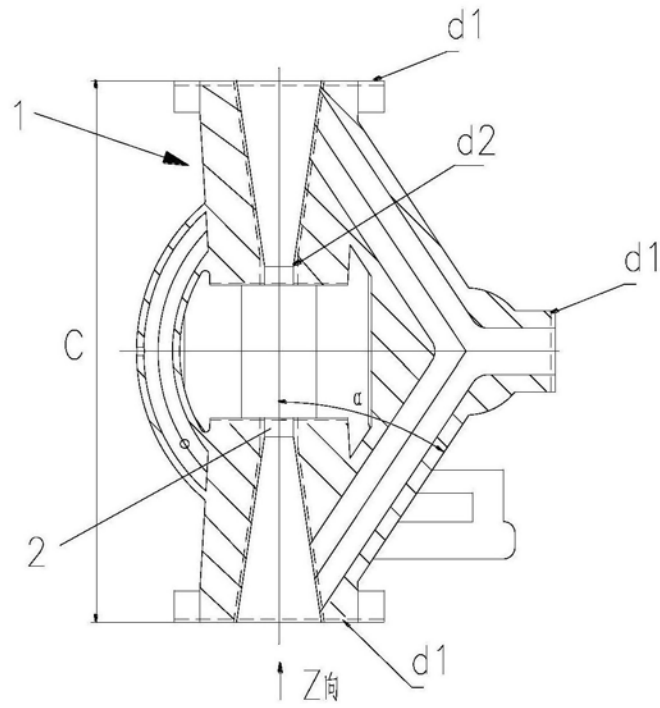


图1

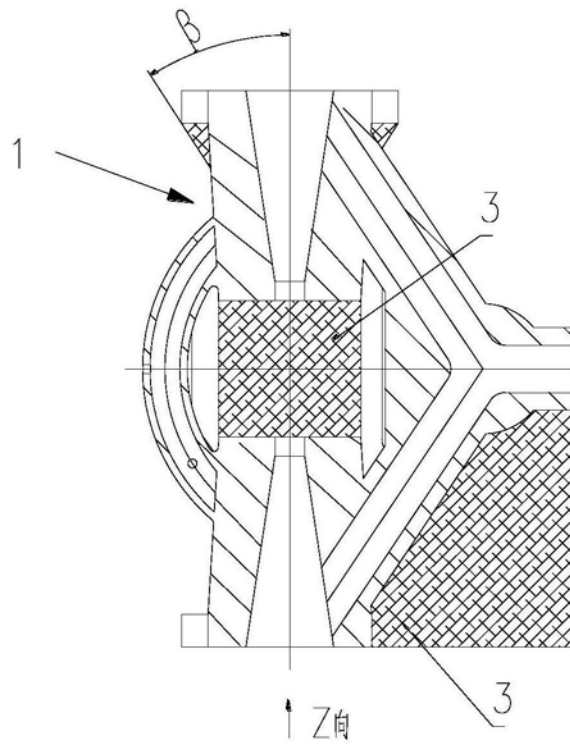


图2

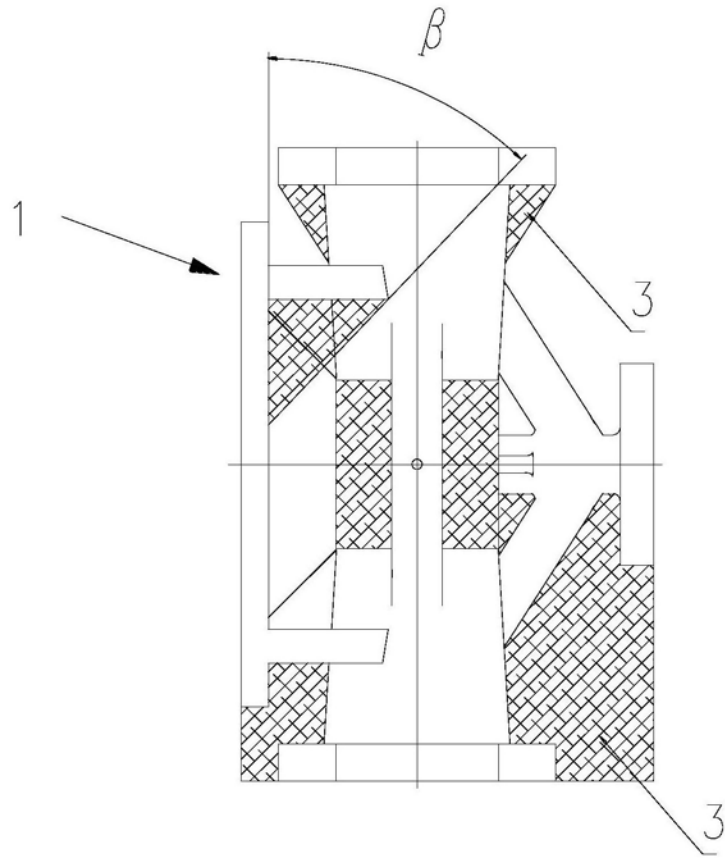


图3

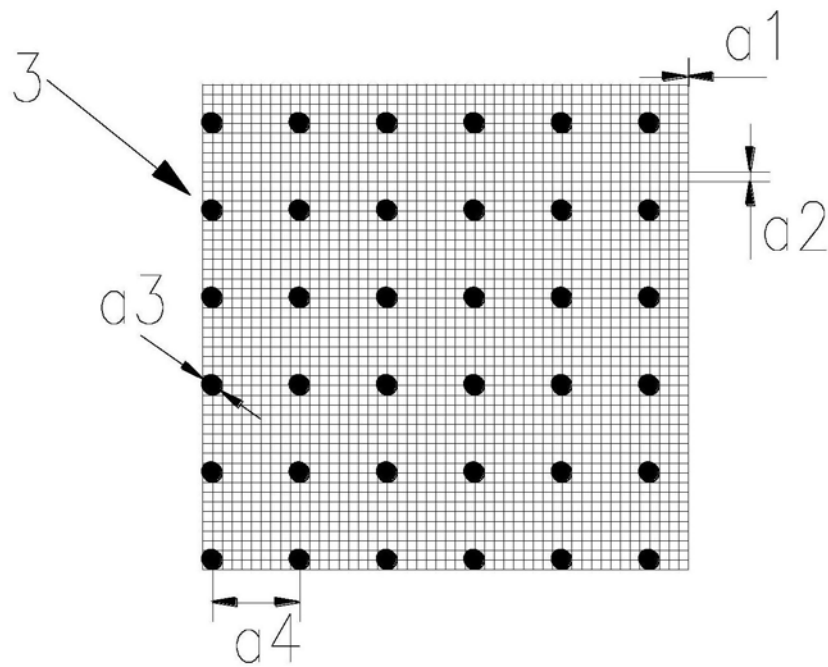


图4

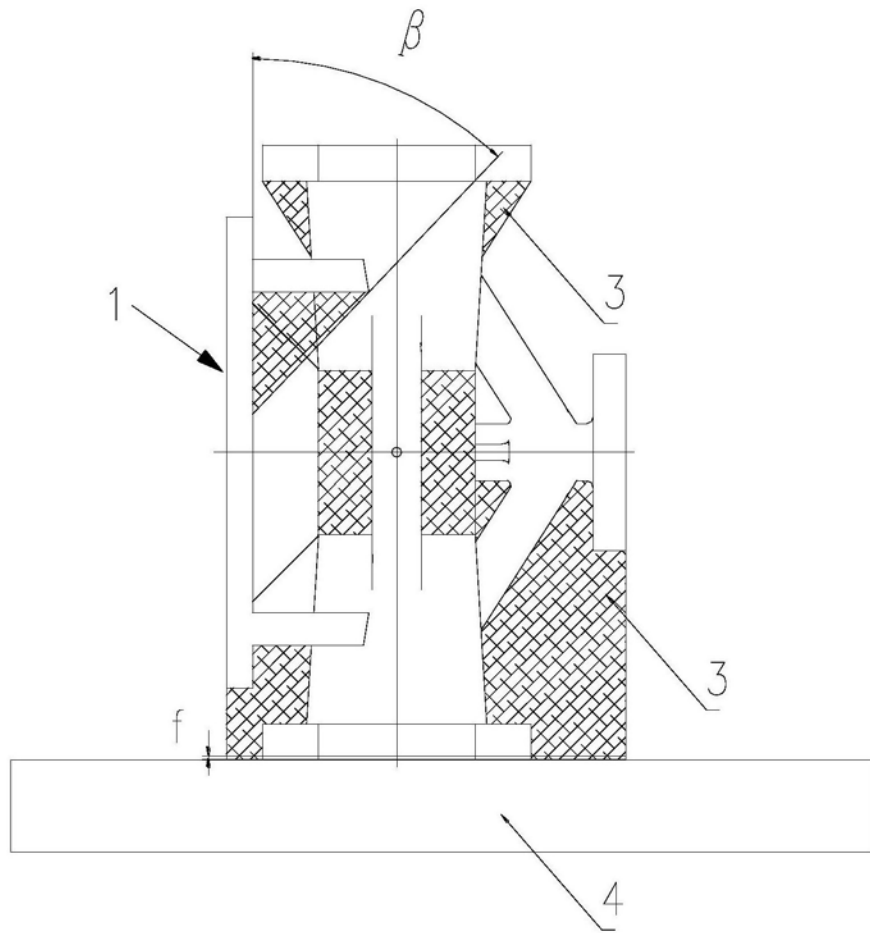


图5