



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104259369 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 17

(21) 申请号 201410524841. 2

JP H01254345 A, 1989. 10. 11,

(22) 申请日 2014. 10. 08

JP H06114479 A, 1994. 04. 26,

(73) 专利权人 上海交通大学

审查员 段飞虎

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 董定乾 崔振山

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 王毓理 王锡麟

(51) Int. Cl.

B21J 13/02(2006. 01)

B21J 5/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101905278 A, 2010. 12. 08,

CN 103831384 A, 2014. 06. 04,

CN 103567339 A, 2014. 02. 12,

CN 101920452 A, 2010. 12. 22,

CN 103350142 A, 2013. 10. 16,

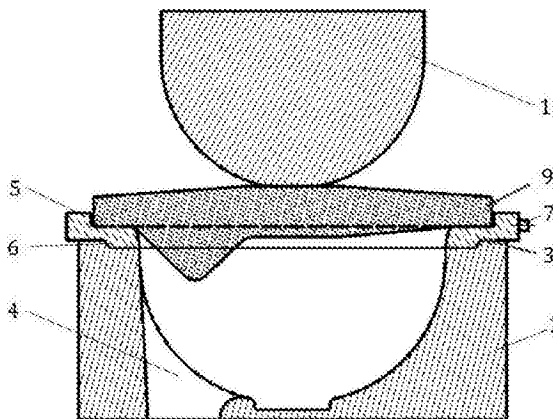
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置及方法

(57) 摘要

一种核电基础设施技术领域的大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置及方法,该装置包括:球状上凸模、带有若干整体水嘴成形模腔的成形下模以及设置于成形下模上用于承载坯料的定位环;整体水嘴成形模腔设置于成形下模的球形模腔的底面,并与成形下模的外部装置相连通。本发明通过将成形预制坯料在重载液压机载荷作用下热冲压成形为带水嘴整体封头。本发明解决了核电设备压力容器封头多水嘴整体锻造成形的关键技术难点,同时有效减少热冲压时锻件起皱和拉裂等问题,使制件性能更加均匀。



1. 一种大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置,其特征在于,包括:球状上凸模、带有若干整体水嘴成形模腔的成形下模以及设置于成形下模上用于承载坯料的定位环;所述的整体水嘴成形模腔设置于成形下模的球形模腔的底面,并与成形下模的外部装置相连通;

所述的定位环的上、下接触面上均设有台阶结构,其中:定位环的下接触面与成形下模之间通过台阶结构活动安装;上接触面的台阶结构用于承载坯料,其内径大于坯料直径与材料始锻温度时达到的热膨胀量之和。

2. 根据权利要求1所述的大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置,其特征是,所述的定位环的外侧沿圆周方向相隔 120° 设置三个定位标识,用于确定预制坯料凸起部位沿轴线方向中线与整体水嘴成形模腔径向方向中线是否重合。

3. 根据权利要求1所述的大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置,其特征是,所述的球状上凸模的直径为封头直部球径与成形件材料始锻温度时达到的热膨胀量之和;该球状上凸模的冲压深度是上模具与成形坯料接触后,其上凸模的下行行程等于封头深度减去加工余量及底部厚度热膨胀量。

4. 根据权利要求1所述的大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置,其特征是,所述的成形下模的球形模腔的直径为封头外部球径与成形件材料始锻温度时达到的热膨胀量及机械加工余量之和,其中:热膨胀量计算公式为 $\Delta L_2 = \alpha \times D_1 \times \Delta T$, α 热膨胀系数, D_1 为成形后封头开口直径, ΔT 为坯料装炉温度到始锻温度之差。

5. 根据权利要求4所述的大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置,其特征是,所述的成形下模的球形模腔的整体水嘴成形的模腔为相贯圆台体。

6. 一种根据上述任一权利要求所述的大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置的热冲压方法,其特征在于,通过将成形预制坯料在重载液压机载荷作用下热冲压成形为带水嘴整体封头。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征是,具体包括以下步骤:

第一步,选择成形模具;球状上凸模的球径小于封头的内部球径,成形下模的内部球径大于封头的外部球径;

第二步,加热;将封头预制坯料加热至成形始锻温度并保温,在预制坯料加热时预制坯料凸起部分方向朝下,并使整体预制坯料加热温度均匀;

第三步,热冲压成形:将始锻温度充分保温均匀加热的预制坯料放置到成型模具上,预制坯料凸起部分中线与定位环上的定位柱中线方向重合,将预制坯料在重载液压机压力作用下热冲压成形。

8. 根据权利要求6所述的方法,其特征是,所述的成形预制坯料设有凸起部位坯料,凸起坯料体积为设计水嘴体积的 $1.15 \sim 1.25$ 倍,凸起部位的底部的投影面积与水嘴整体模腔底部投影面积近似相等,其凸起部分通过锻压方式制备后再进行机械加工得到。

9. 根据权利要求6所述的方法,其特征是,所述的重载液压机为万吨及以上的液压机;热冲压时速率控制在 $5 \sim 25\text{mm/s}$,上模具与成形坯料接触后,上模具向下压下总行程等于封头深度减去加工余量及底部厚度热膨胀量,终锻温度控制在 850°C 以上。

大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种大型锻件锻造技术领域的整体成形锻压装置及方法,具体是一种大型核反应堆水室封头锻件整体锻压成形模具及方法。

背景技术

[0002] 随着核电能源工业的快速发展及经济建设能源结构调整的需要,以 AP1000 和 CAP1400 为代表的核电设备技术开发及应用成为主要趋势,对大型厚壁压力容器关键部件的制造也提出高性能、运转周期长、检验维护便捷等更高更严格的要求。

[0003] 为提高新一代核反应堆压力容器的安全性,传统多焊缝压力容器制造方法已不能满足核电装备运行的性能要求和检查的周期。因此,核电压力容器封头中的水嘴必须采用整体锻造,整体封头的成形技术使压力容器尺寸愈来愈大,同时对制件性能控制要求也更加苛刻。

[0004] 大型核反应堆水室上封头是外径大同时需要对水嘴同时成形的一体化设计,其中面展开直径很大,一般达到 6500mm 以上,同时还要保证其性能均匀,锻造难度非常之大。

[0005] 经过对现有技术的检索发现,中国专利文献号 CN101898224A 公开(公告)日

[0006] 2010. 12. 01,公开了一种百万千瓦级核电反应堆压力容器下封头锻件的锻压方法,使用 12000 吨水压机,对材料为 16MND5,重量为 103 吨的双真空钢锭进行锻压,锻压过程依次包括:拔长:将双真空钢锭加热至 $1220 \pm 10^{\circ}\text{C}$,将 2625mm 的长度变为 4600mm;气割下料:将锻件底端去除一段,使 4600mm 的长度变为 3450mm,保证双真空钢锭底部充分切除;镦粗:将温度加热至 $1240 \pm 10^{\circ}\text{C}$,将 3450mm 的长度变为 290mm;粗加工:将锻件毛坯粗加工成圆饼状,直径为 5000mm,厚度为 220mm;冲压成形:将锻件加热至 $1000 \pm 10^{\circ}\text{C}$,然后将锻件放置到专用模具上冲压成形,使锻造比达 1.2,锻件冲压成形后呈一个球冠的形状。但该项技术制备的压力容器后期需要采用较多的焊接工艺连接管道,为进一步提高核电能源使用安全性,目前核电压力容器设计要求采用整体锻压成形方法获取锻件,尽可能减少焊接工艺尤其是在大型封头连接处。为适应水室封头的新技术要求,本项发明将核电水室封头中多个水嘴在锻压时整体成形,以提高核电容器使用安全性和核电容器的使用寿命。

发明内容

[0007] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提出一种大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置及方法,能够用于制造外径大带水嘴整体成形压力容器的大型封头。

[0008] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0009] 本发明涉及一种大型核反应堆水室封头锻件整体成形锻压装置,包括:球状上凸模、带有若干整体水嘴成形模腔的成形下模以及设置于成形下模上用于承载坯料的定位环。

[0010] 所述的整体水嘴成形模腔设置于成形下模的球形模腔的底面,并与成形下模的外部装置相连通。

[0011] 所述的定位环的上、下接触面上均设有凹槽结构,其中:定位环的下接触面与成形下模之间通过台阶结构活动安装;上接触面的凹槽结构用于承载坯料,其内径大于坯料直径与材料始锻温度时达到的热膨胀量之和。

[0012] 所述的定位环的外侧沿圆周方向相隔 120° 设置三个定位标识,用于确定预制坯料凸起部位沿轴线方向中线与整体水嘴成形模腔径向方向中线是否重合。

[0013] 所述的成形下模的球形模腔的整体水嘴成形模腔为相贯圆台体。

[0014] 本发明涉及上述装置的热冲压方法,通过将成形预制坯料在重载液压机载荷作用下热冲压成形为带水嘴整体封头。

[0015] 所述的方法具体包括以下步骤:

[0016] 第一步,选择成形模具;上模具的球径小于封头的内部球径,成形下模的内部球径大于封头的外部球径;

[0017] 第二步,加热;将封头预制坯料加热至成形始锻温度并保温,在预制坯料加热时预制坯料凸起部分方向朝下,并使整体预制坯料加热温度均匀;

[0018] 所述的预制坯料的形状结构特征为坯料凸起设计,其凸起部分通过锻压方式制备后再进行机械加工得到。

[0019] 第三步,热冲压成形:将始锻温度充分保温均匀加热的预制坯料放置到成型模具上,预制坯料凸起部分中线与定位环上的定位柱中线方向重合,将预制坯料在重载液压机压力作用下热冲压成形。

[0020] 所述的重载液压机为万吨及以上的液压机;热冲压时速率控制在 $5 \sim 25\text{mm/s}$,上模具与成形坯料接触后,上模具的下行行程等于封头深度减去加工余量及底部厚度热膨胀量,终锻温度控制在 850°C 以上。

[0021] 技术效果

[0022] 与现有技术相比,本发明在热冲压成形过程中使下模具水嘴成形的模腔充填稳定并最终整体成形。

[0023] 本发明热冲压成形后的封头锻件能有效地控制产品形状,壁厚尺寸均匀,大大减少机械加工余量,提高生产效率。成形过程时锻件在模具内受力状态好,金属流线分布合理,成形后组织均匀,为下一步热处理提供整体性能稳定的预制工件。

附图说明

[0024] 图 1a 和图 1b 分别为成品封头机加工所需达到的形状剖视图及水嘴示意图;

[0025] 图 2 为本发明上凸模三维示意图;

[0026] 图 3 为本发明上凸模剖视图;

[0027] 图 4 为本发明定位环三维示意图;

[0028] 图 5 为本发明定位环剖面示意图;

[0029] 图 6 为本发明成形下模三维示意图;

[0030] 图 7 为本发明成形下模剖视图;

[0031] 图 8a 和图 8b 分别为预制坯料三维示意图及剖视图;

[0032] 图 9 为本发明整体结构示意图;

[0033] 图 10 为实施例成形过程示意图;

[0034] 图 11 为包含机械加工尺寸所需的锻件形状示意图；

[0035] 图中：1 上凸模、2 成形下模、3 定位环、4 整体水嘴成形模腔、5 上台阶结构、6 下台阶结构、7 定位柱、8 球形模腔、9 坯料及成形封头 10。

具体实施方式

[0036] 下面对本发明的实施例作详细说明，本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0037] 实施例 1

[0038] 下面对本实施例核电设备压力容器水室封头热冲压成形方法，使用重载液压机压力将成形预制坯料冲压成形，热冲压成形过程分为以下步骤：

[0039] 第一步，选择设计成形模具：如图 9 所示，本实施例模具包括：球状上凸模 1、带有若干整体水嘴成形模腔 4 的成形下模 2 以及设置于成形下模 2 上用于承载坯料 9 的定位环 3。

[0040] 如图 2 及 3 所示，所述的上凸模 1 的直径为封头直部球直径与成形件材料始锻温度时达到的热膨胀量 $\Delta L1$ 之和；SRD1 为上封头的内部球直径与机加工余量、锻件热成形时热膨胀量 $\Delta L1$ 之和，热膨胀量计算公式为 $\Delta L1 = \alpha \times D0 \times \Delta T$ ，其中： α 热膨胀系数，D0 为成形前封头开口直径， ΔT 为坯料 9 装炉温度到始锻温度之差，d0 为的上凸模 1 底部直径，Rd1 为倒圆角量，H 为连接重载油压机压头时预留高度。上凸模 1 的有效冲压深度需上模具与成形坯料接触后，其上模具 1 的下行行程等于封头深度减去加工余量及底部厚度热膨胀量。

[0041] 如图 4 和图 5 所示，所述的定位环 3 的上、下接触面上均设有台阶结构 5、6，其中：定位环 3 的下接触面与成形下模 2 之间活动安装；上接触面的台阶结构 5 用于承载坯料 9，其内径大于坯料 9 直径与材料始锻温度时达到的热膨胀量 $\Delta L0$ 之和。

[0042] 热膨胀量计算公式为 $\Delta L0 = \alpha \times Dp \times \Delta T$ ，其中： α 热膨胀系数，Dp 为预制坯料 9 中面展开最大直径， ΔT 为坯料 9 装炉温度到始锻温度之差。

[0043] 所述的定位环 3 的外侧设有夹角为 120° 的三个定位柱 7，用于标识预制坯料 9 凸起部位沿轴线方向中线与下模腔 2 凹槽径向方向中线是否重合。

[0044] 图 5 中，DH0 为模腔 8 球面与端面开口相切时形成的直径，DH1 为定位环 3 内径，其尺寸大于坯料 9 直径加上坯料 9 加热时的热膨胀量，DH2 为定位环 3 外径，dh 为定位柱 7 的直径，C1 为易于上凸模脱模的锥体，即上台阶结构 5 斜度，C2 为定位环 3 锥体斜度面与成形下模 2 的模腔 8 模具部位为圆台体，即下台阶结构 6 斜度面接触固定时的锥体斜度。

[0045] 所述的整体水嘴成形模腔 4 设置于成形下模 2 的球形模腔 8 的底面，并与成形下模 2 的外部装置相连通。

[0046] 如图 7 所示，所述的成形下模 2 的球形模腔 8 的直径为封头外部球直径 D1 与成形件材料始锻温度时达到的热膨胀量 $\Delta L2$ 及机械加工余量之和；

[0047] 热膨胀量计算公式为 $\Delta L2 = \alpha \times D1 \times \Delta T$ ，其中： α 热膨胀系数，D1 为成形后封头开口直径， ΔT 为坯料 9 装炉温度到始锻温度之差。

[0048] 成形下模 2 的模腔 8 为成形凹模如图 7 所示，成形下模 2 的内部球直径大于封头

的外部球直径,优选为封头外部球直径 D1 加上坯料 9 本身的热膨胀量和机械加工余量。

[0049] 如图 7 所示,所述的成形下模 2 的球形模腔 8 的整体水嘴成形模腔 4 为相贯圆台体,其圆锥中心线距离模腔 8 中心线为 L1,圆台体上直径为 DZ1,下直径为 DZ0。P 点为模腔 8 圆球面剖面切点位置,K 点为 C1 夹角中心线方向设计水嘴尺寸加上机械加工余量后在剖面上的位置,夹角 C7 由剖面上 PK 线与底边形成。整体水嘴成形模腔 4 的设计尺寸应将图 1 所示 B 所示位置能完全包含,其余量尺寸 Dk 优选大于水嘴外环直径 d2 加上热膨胀量和机械加工余量总和。

[0050] 所述的成形预制坯料 9 机械加工后得到的外形如图 8 所示, Dp 为预制坯料 9 中面展开时最大直径, H0 为坯料 9 厚度, C5 为凸起圆体中心线与坯料 9 中心线夹角, Rd2 为凸起圆体圆半径, LA1 与 LA2 分别为 O203 与 O102 所示距离。C6 为坯料 9 增厚斜面形成夹角, Rd2, Rd3 为凸起圆体倒圆角,均需达到光滑过度为宜。凸起坯料体积为设计水嘴体积的 1.15 ~ 1.25 倍,其中心线位置如图 8b 所示,凸起部位的底部的投影面积与整体水嘴成形模腔底部投影面积近似相等。

[0051] 第二步,加热;将如图 8a 中所示的预制坯料 9 加热至始锻温度,按工艺要求保温一定时间,使预制坯料 9 加热均匀。

[0052] 第三步,热冲压成形;将均匀受热的预制坯料 9 放置至成形模具上,使用重载油压机将成形预制坯料 9 在 5 ~ 25mm/s 冲压速率下冲压成形为如图 1 所示的形状锻件。

[0053] 热冲压成形过程中,压速率是先 20 ~ 25mm/s 压下总压下量约 1/2,此时坯料与模腔有较大面积接触但尚未接触模腔底部;再采用 10 ~ 15mm/s 压下速率使坯料压下至与下模腔底部接触,最后采用 5 ~ 8mm/s 缓慢压下达达到总压下量稳定成形以减少表面起皱,坯料 9 中心区域部位及壁厚方向缓慢拉薄,并使填充部位金属充分自由流动。热冲压成形结束后,得到如图 10 所示成形效果,吊离定位环 3 将锻件从模具的模腔 8 内取出。

[0054] 本实施例用于生产制造大型核反应堆水室封头锻件,成形后锻件尺寸满足机械加工时所需形状要求如图 11 所示。

[0055] 本实施例解决了大型核电设备压力容器水室封头水嘴整体锻造的关键技术难点,同时有效减少热冲压时锻件起皱和拉裂等问题,使制件性能更加均匀。

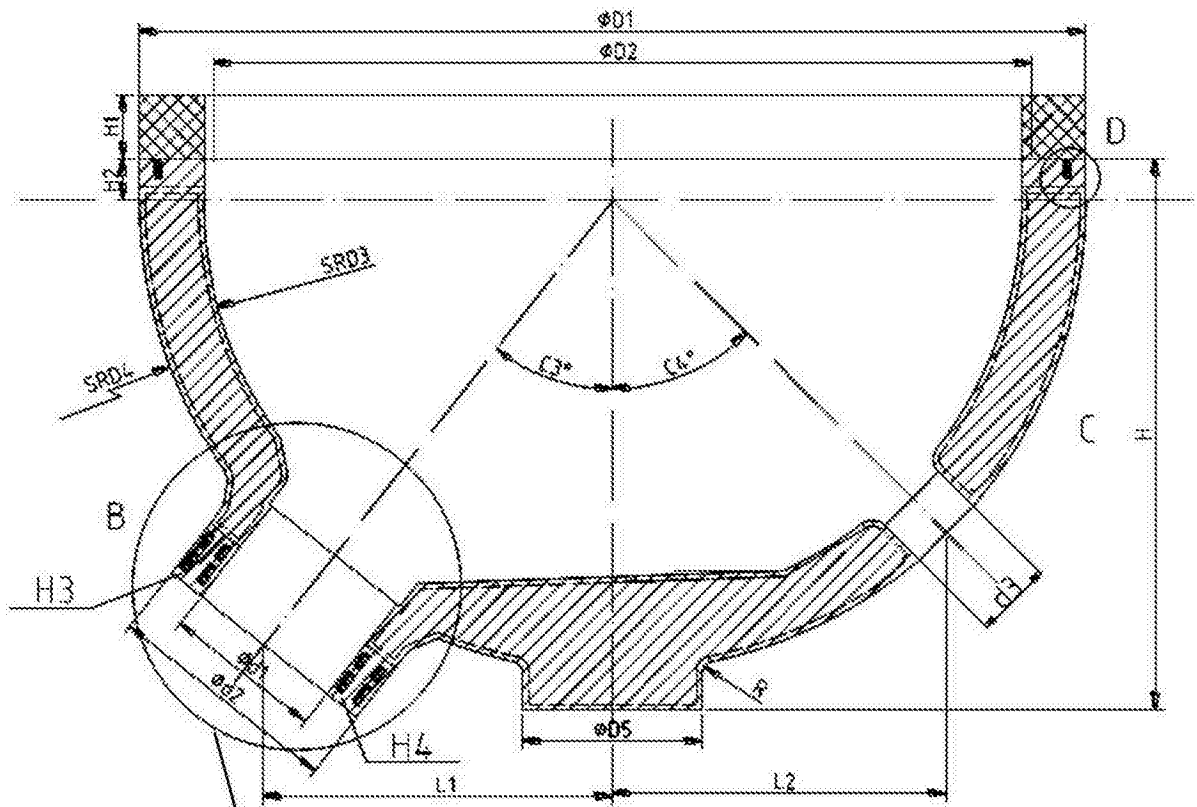


图 1a

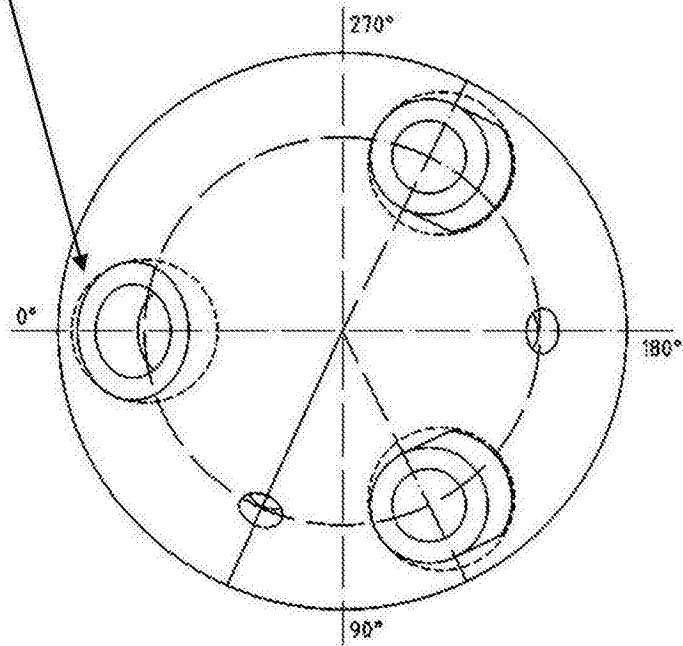


图 1b

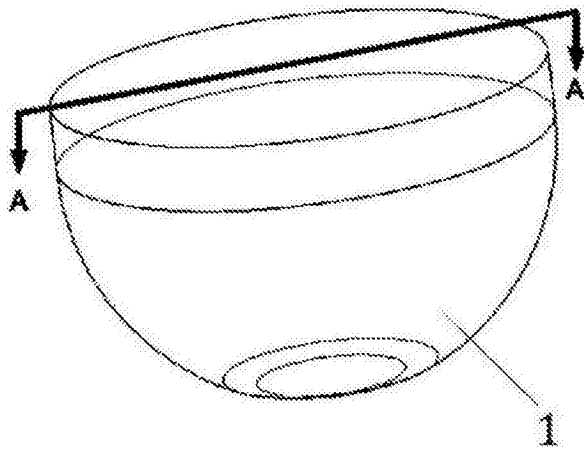


图 2

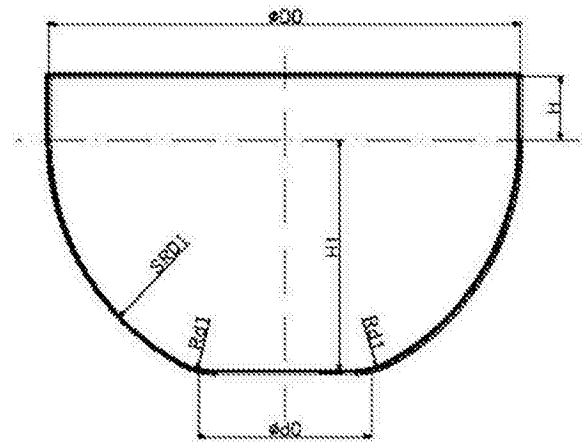


图 3

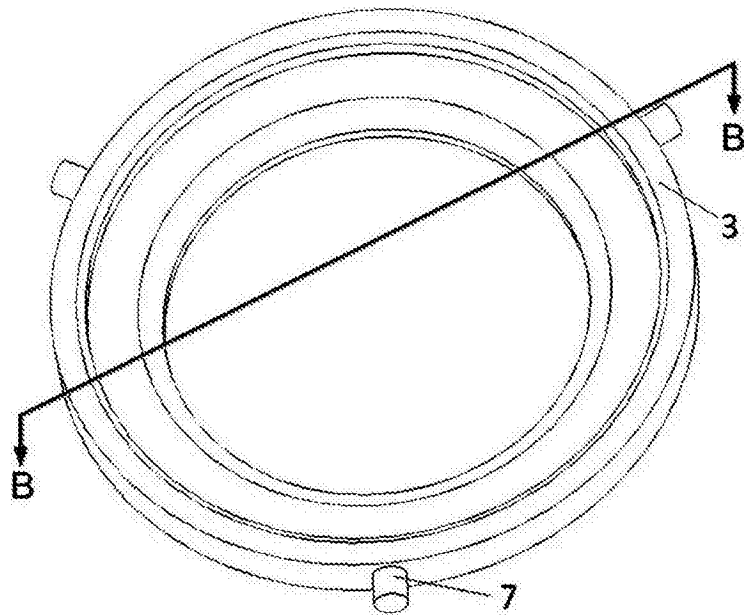


图 4

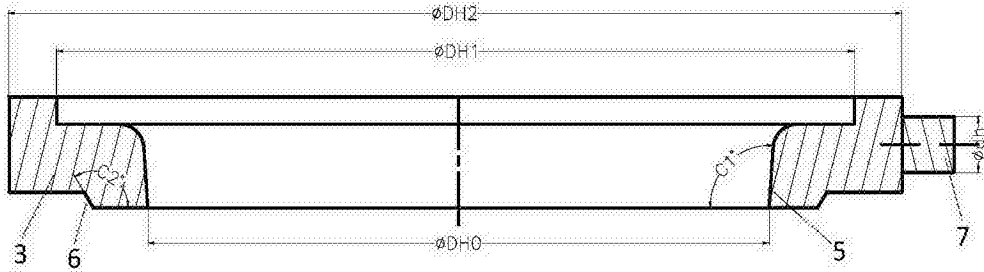


图 5

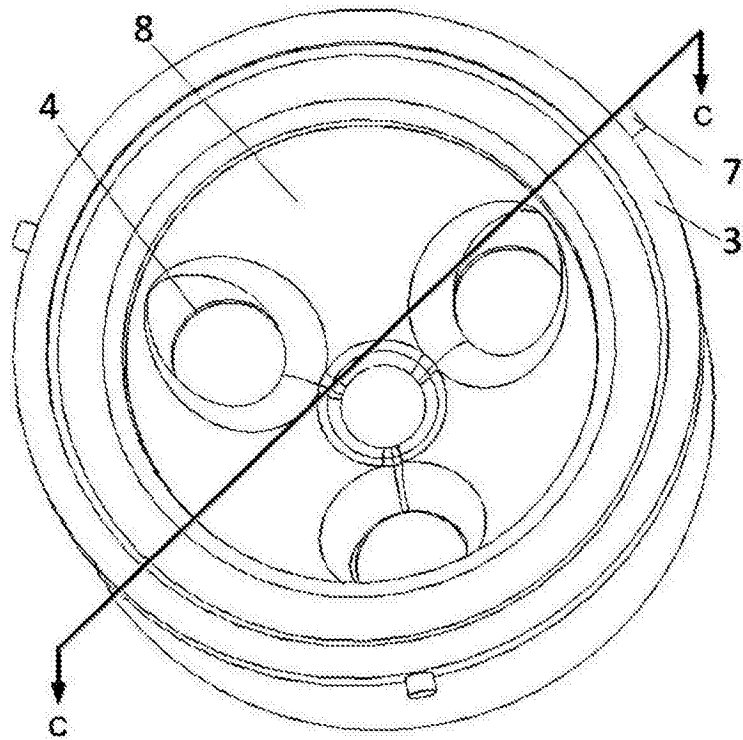


图 6

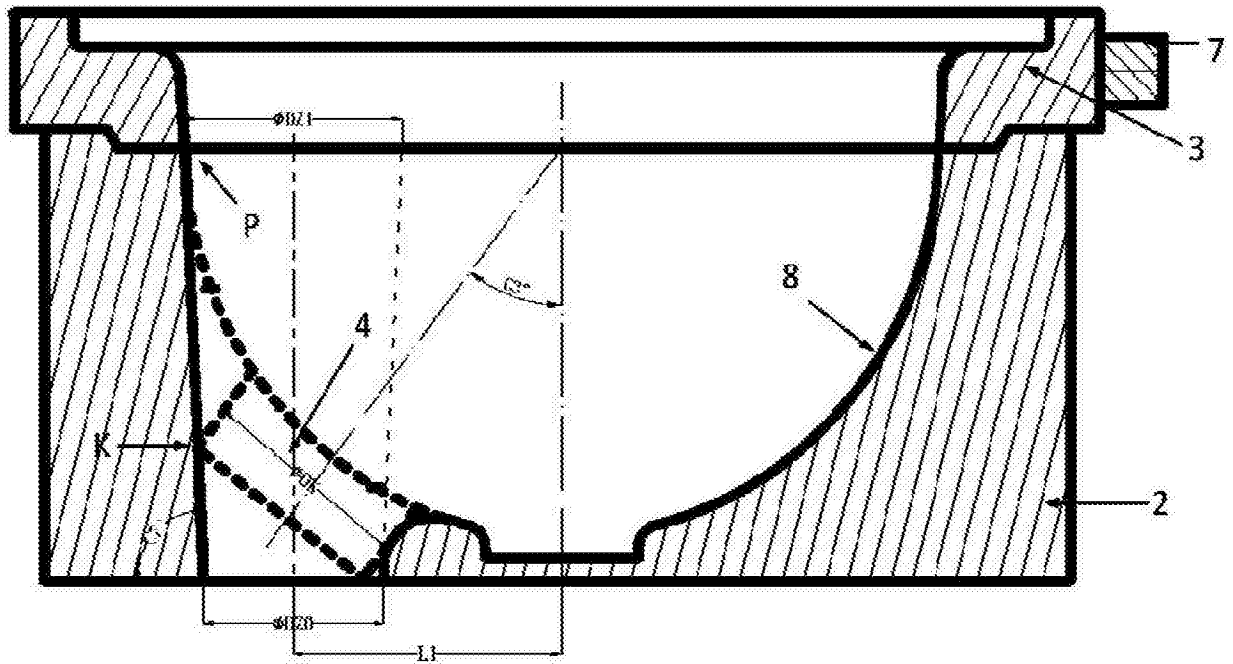


图 7

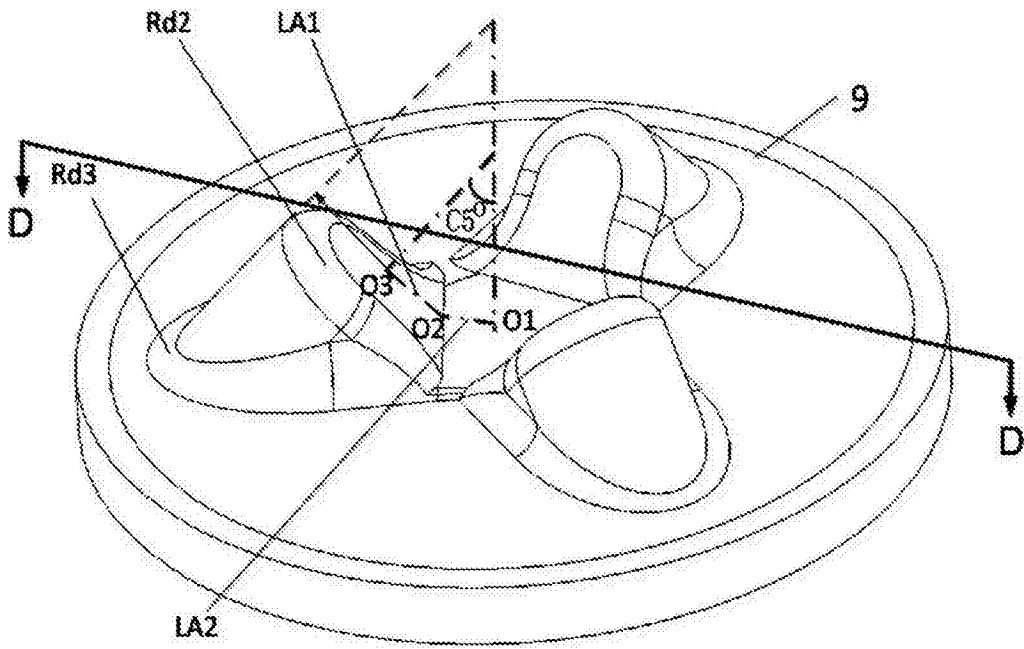


图 8a

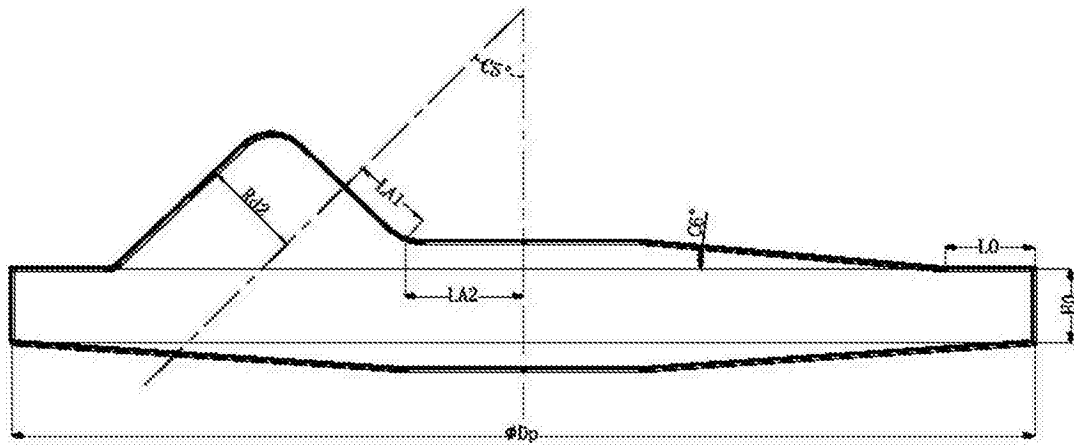


图 8b

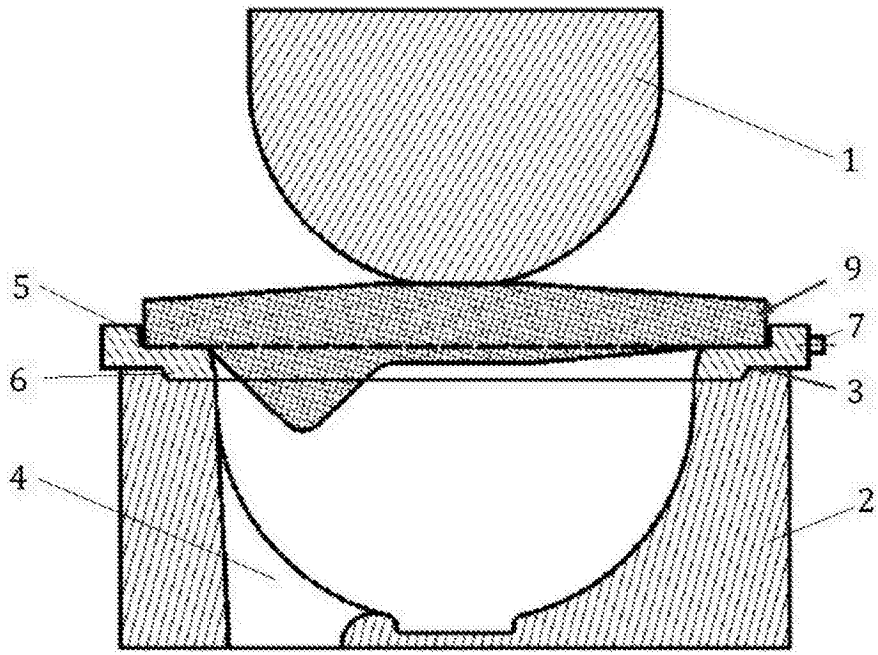


图 9

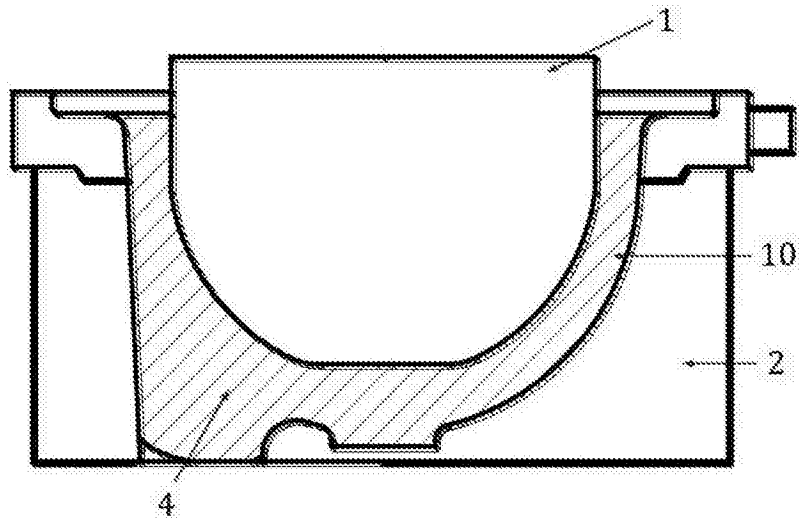


图 10

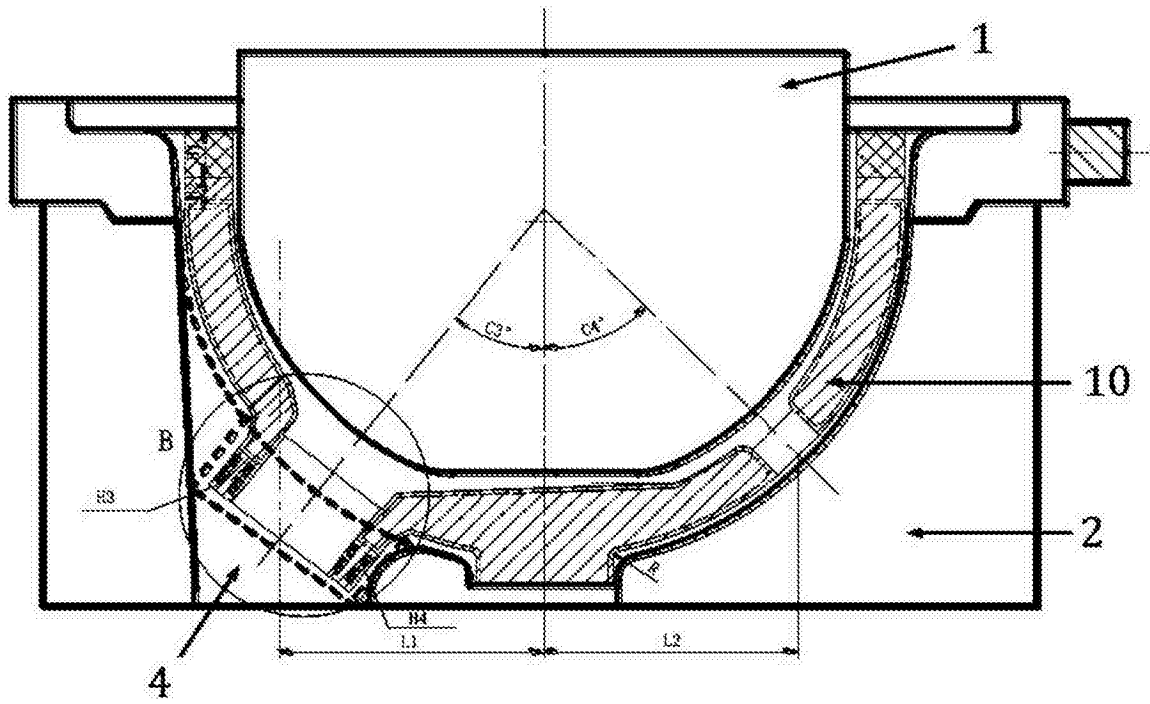


图 11