



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109909506 B

(45) 授权公告日 2021.09.07

(21) 申请号 201910198186.9

(22) 申请日 2019.03.15

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109909506 A

(43) 申请公布日 2019.06.21

(73) 专利权人 航天材料及工艺研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

专利权人 中国运载火箭技术研究院

(72) 发明人 史金靓 姚草根 王亮 林军

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 刘洁

(51) Int. Cl.

B22F 3/15 (2006.01)

B22F 3/03 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2011225985 A, 2011.11.10

JP H04131307 A, 1992.05.06

CN 101579741 A, 2009.11.18

CN 109202255 A, 2019.01.15

CN 101786223 A, 2010.07.28

EP 3239468 A1, 2017.11.01

审查员 张建明

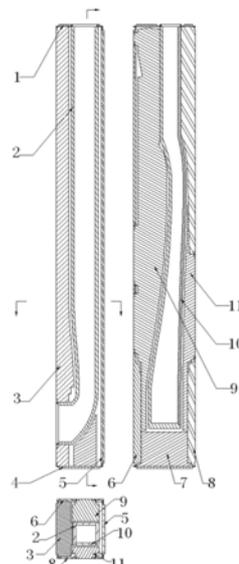
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

钛合金进气道构件热等静压成形模具及热等静压成形方法

(57) 摘要

本发明提供了一种钛合金进气道构件热等静压成形模具及热等静压成形方法,属于热等静压成形技术领域。所述钛合金进气道构件的气道的进气口和出气口位于不同的平面上,所述模具包括外包套组件、内包套组件、包套盖和包套底,所述内包套组件为中空结构,且外形面与所述气道结构匹配,所述外包套组件套设在所述内包套组件外部且二者之间形成钛合金粉末容设腔,所述包套盖和包套底分别从两端封堵所述容设腔,所述包套盖上设有与所述容设腔连通的进料孔,用于填注所述钛合金粉末。本发明通过中空结构内包套组件,最终实现在短时间内快速脱除内包套组件的目的。



CN 109909506 B

1. 一种钛合金进气道构件热等静压成形模具,所述钛合金进气道构件的气道的进气口和出气口位于不同的平面上,其特征在于,包括外包套组件、内包套组件、包套盖和包套底,所述内包套组件为中空结构,且外形面与所述气道结构匹配,所述外包套组件套设在所述内包套组件外部且二者之间形成钛合金粉末容设腔,所述包套盖和包套底分别从两端封堵所述容设腔,所述包套盖上设有与所述容设腔连通的进料孔,用于填注所述钛合金粉末;所述钛合金进气道构件还包括设置在所述气道一侧的至少一设备安装空腔,所述外包套组件包括外包套和至少一垫块,所述外包套由四块包套板首尾相接环抱形成,所述外包套套设在所述内包套组件外部,所述垫块位于所述内包套组件和一所述外包套板之间,且所述垫块与所述外包套板、所述垫块与所述内包套组件之间均具有间隙,形成所述容设腔。

2. 根据权利要求1所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,其特征在于,还包括多个钛合金定位销,所述定位销一端固定在所述外包套组件上,另一端插入所述外包套组件和内包套组件之间的间隙内,所述定位销另一端外径与对应间隙的尺寸匹配。

3. 根据权利要求1所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,其特征在于,所述内包套组件包括截面为U型的内包套基体和封堵在所述基体开口侧的内包套板。

4. 根据权利要求3所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,其特征在于,所述内包套基体和所述内包套板通过焊接的方式固定连接,且焊接时,焊缝两侧加工深度为3~5mm、宽度为2~3mm的焊接坡口,所述坡口通过焊料进行充填,焊料高度比所述坡口的顶面高0.2-0.5mm,焊接完成之后,通过打磨方式去除多余焊料。

5. 根据权利要求1或3所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,其特征在于,所述内包套组件为等壁厚结构,壁厚为8~12mm,所述内包套组件的外型面相对于所述气道对应位置向靠近几何中心的方向偏置0.2~0.5mm。

6. 根据权利要求5所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,其特征在于,所述容设腔的厚度为所述钛合金进气道构件对应部位厚度的1.2~1.5倍。

7. 根据权利要求1所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,其特征在于,所述外包套组件和内包套组件均为低碳钢材质。

8. 一种钛合金进气道构件热等静压成形方法,所述钛合金进气道构件的气道的进气口和出气口位于不同的平面上,其特征在于,包括:

采用权利要求1~7任一项所述的模具进行热等静压成形;

成形后通过电解腐蚀法脱模,得到钛合金进气道构件。

9. 根据权利要求8所述的钛合金进气道构件热等静压成形方法,其特征在于,所述的采用权利要求1~7任一项所述的模具进行热等静压成形,包括:

采用权利要求1~7任一项所述的模具,通过所述进料孔向所述容设腔内填注钛合金粉末;

填注完成后,通过所述进料孔将所述容设腔内的空气抽出,使腔内气压小于 5.0×10^{-3} Pa,并保持4~6小时,在真空条件下将所述进料孔封闭,使模具内部形成密闭结构;

在880~950℃、压力不低于130MPa下,保温保压3~5小时,实现热等静压成形。

10. 根据权利要求8所述的钛合金进气道构件热等静压成形方法,其特征在于,所述通过电解腐蚀法脱模,包括:

成形后去掉所述包套盖、包套底和外包套组件,将得到的钛合金构件通过导线接入直

流电源负极,在所述内包套组件的中空部位设置若干导体并接入直流电正极,通直流电后形成电回路,将所述内包套组件电解腐蚀去除。

钛合金进气道构件热等静压成形模具及热等静压成形方法

技术领域

[0001] 本发明涉及热等静压成型技术领域,特别提供了一种钛合金进气道构件热等静压成形模具及热等静压成形方法。

背景技术

[0002] 粉末冶金近成形工艺是典型的“材料-工艺一体化技术”,其过程简单可控,可减少很多焊接、处理等后续工序,实现整体近净成形,大幅度缩短制造周期,生产效率高。目前,采用粉末冶金近成形工艺加工结构简单的进气道构件时,成型模具通常包括配套的内包套和外包套,通过在内外包套间形成的间隙内填充钛合金粉末一体成型进气道结构,成型后通过机加工的方式脱模,得到产品。

[0003] 对于复杂结构进气道构件,其尺寸大、长径比大,内部为复杂曲面结构,采用现有方法近成形时,无法快速经济地将模具脱除。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的问题,本发明实施例提供了一种钛合金进气道构件热等静压成形模具及热等静压成形方法,通过将内包套组件设置成中空结构,便于在热等静压成形后,在空腔内设置电极及电解溶液流通通道,中空结构可以降低约80%的需要通过电解脱除的模具材料重量,同时将电解时的电解工作面变为内包套组件的内表面,工作面积的增加提高了电解脱模的效率,通过中空结构内包套组件,最终实现在在短时间内快速脱除内包套组件的目的。

[0005] 本发明的技术解决方案是:

[0006] 一种钛合金进气道构件热等静压成形模具,所述钛合金进气道构件的气道的进气口和出气口位于不同的平面上,包括外包套组件、内包套组件、包套盖和包套底,所述内包套组件为中空结构,且外形面与所述气道结构匹配,所述外包套组件套设在所述内包套组件外部且二者之间形成钛合金粉末容设腔,所述包套盖和包套底分别从两端封堵所述容设腔,所述包套盖上设有与所述容设腔连通的进料孔,用于填注所述钛合金粉末。

[0007] 在一可选实施例中,所述钛合金进气道构件还包括设置在所述气道一侧的至少一设备安装空腔,所述外包套组件包括外包套和至少一垫块,所述外包套由四块包套板首尾相接环抱形成,所述外包套套设在所述内包套组件外部,所述垫块位于所述内包套组件和一所述外包套板之间,且所述垫块与所述外包套板、所述垫块与所述内包套组件之间均具有间隙,形成所述容设腔。

[0008] 在一可选实施例中,所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,还包括多个钛合金定位销,所述定位销一端固定在所述外包套组件上,第二端插入所述外包套组件和内包套组件之间的间隙内,所述定位销第二端外径与对应间隙的尺寸匹配。

[0009] 在一可选实施例中,所述内包套组件包括截面为U型的内包套基体和封堵在所述基体开口侧的内包套板。

[0010] 在一可选实施例中,所述内包套基体和所述内包套板通过焊接的方式固定连接,且焊接时,焊缝两侧加工深度为3~5mm、宽度为2~3mm的焊接坡口,所述坡口通过焊料进行充填,焊料高度比所述坡口的顶面高0.2-0.5mm,焊接完成之后,通过打磨方式去除多余焊料。

[0011] 在一可选实施例中,所述内包套组件为等壁厚结构,壁厚为8~12mm,所述内包套组件的外型面相对于所述气道对应位置向靠近几何中心的方向偏置 0.2~0.5mm。

[0012] 在一可选实施例中,所述容设腔的厚度为所述钛合金进气道构件对应部位厚度的1.2~1.5倍。

[0013] 在一可选实施例中,所述外包套组件和内包套组件均为低碳钢材质。

[0014] 一种钛合金进气道构件热等静压成形方法,所述钛合金进气道构件的气道的进气口和出气口位于不同的平面上,包括:

[0015] 采用上述模具进行热等静压成形;

[0016] 成形后通过电解腐蚀法脱模,得到钛合金进气道构件。

[0017] 在一可选实施例中,所述的模具进行热等静压成形,包括:

[0018] (1) 采用上述所述的模具,通过所述进料孔向所述容设腔内填注钛合金粉末;

[0019] (2) 填注完成后,通过所述进料孔将所述容设腔内的空气抽出,使腔内气压小于 5.0×10^{-3} Pa,并保持4~6小时,在真空条件下将所述进料口封闭,使模具内部形成密闭结构;

[0020] (3) 在880~950℃、压力不低于130MPa下,保温保压3~5小时,实现热等静压成形。

[0021] 在一可选实施例中,所述通过电解腐蚀法脱模,包括:

[0022] 成形后去掉所述包套盖、包套底和外包套组件,将得到的钛合金构件通过导线接入直流电源负极,在所述内包套组件的中空部位设置若干导体并接入直流电正极,通直流电后形成电回路,将所述内包套组件电解腐蚀去除。

[0023] 本发明与现有技术相比的有益效果是:

[0024] 通过将内包套组件设置成中空结构,便于在热等静压成形后,在空腔内设置电极及电解溶液流通通道,中空结构可以降低约80%的需要通过电解除的模具材料重量,同时将电解时的电解工作面变为内包套组件的内表面,工作面积的增加提高了电解除模的效率,通过中空结构内包套组件,最终实现在在短时间内快速脱除内包套组件的目的。

附图说明

[0025] 图1为本发明实施例提供的一种钛合金进气道构件示意图;

[0026] 图2为本发明实施例提供的钛合金进气道构件热等静压成形模具结构示意图;

[0027] 图3为本发明实施例提供的内包套组件结构示意图。

[0028] 其中:a、进气口,b、出气口,1、包套盖,2、内包套基体,3、第二包套板,4、包套底,5、第三包套板,6、第四包套板,7、第一加强垫块,8、第一包套板,9、第一垫块,10、内包套板,11、第二加强垫块。

具体实施方式

[0029] 以下将结合附图及具体实施例对本发明的具体实施方式做进一步详细说明。

[0030] 本发明实施例提供了一种钛合金进气道构件热等静压成形模具,如图2所示,所述钛合金进气道构件的气道的进气口a和出气口b位于不同的平面上,如图1所示,所述热等静压成形模具包括外包套组件、内包套组件、包套盖1 和包套底4,所述内包套组件为中空结构,且外形面与所述气道结构匹配,所述外包套组件套设在所述内包套组件外部且二者之间形成钛合金粉末容设腔,所述包套盖1和包套底4分别从两端封堵所述容设腔,所述包套盖1上设有与所述容设腔连通的进料孔,用于填注所述钛合金粉末。

[0031] 具体地,本发明实施例中,内包套组件和外包套组件各构件厚度可以根据需要确定,其中,内包套组件优选为等壁厚结构;

[0032] 本发明实施例提供的钛合金进气道构件热等静压成形模具,通过将内包套组件设置成中空结构,便于在热等静压成形后,在空腔内设置电极及电解溶液流通通道,中空结构可以降低约80%的需要通过电解脱除的模具材料重量,同时将电解时的电解工作面变为内包套组件的内表面,工作面积的增加提高了电解脱模的效率,通过中空结构内包套组件,最终实现在短时间内快速脱除内包套组件的目的。

[0033] 在一可选实施例中,所述钛合金进气道构件还包括设置在所述气道一侧的至少一设备安装空腔,如图2所示,所述外包套组件包括外包套和至少一垫块,所述外包套由四块包套板(图2所示的第一包套板8、第二包套板3、第三包套板5、第四包套板6)首尾相接环抱形成,所述外包套套设在所述内包套组件外部,所述垫块位于所述内包套组件和一所述外包套板之间,且所述垫块(如图2中的第一垫块9)与所述外包套板、所述垫块与所述内包套组件之间均具有间隙,形成所述容设腔,所述容设腔位于所述垫块(如图2中的第一垫块9)与所述外包套板之间的部位用于成形设备安装空腔,位于所述垫块与所述内包套组件之间的部位用于成形所述气道。该结构的外包套组件,通过增加所述垫块,在成形出进气道结构的前提下,可在进气道一侧或两侧同时成形出设备安装空腔,将进气道与设备安装空腔形成一个整体构件,使构件整体性更好;另外通过控制容设腔的形状与厚度尺寸,实现进气道构件的外形近尺寸成形,减小后续外形机械加工余量,提高生产效率。进一步地,在另一实施例中,所述包套板上设有预留窗口,所述预留窗口为阶梯结构,所述预留窗口内填注由加强垫块(如图2中的加强垫块11),所述加强垫块设有凸起,与所述包套板的预留窗口配合实现密封,通过设置加强垫块,可以维持相应容设腔厚度,成形的所述进气道构件外形壁厚均匀,减小后续构件外形机械加工余量。

[0034] 在一可选实施例中,所述的钛合金进气道构件热等静压成形模具,还包括多个钛合金定位销,所述定位销第一端固定在所述外包套组件上,第二端插入所述外包套组件和内包套组件之间的间隙内,所述定位销第二端外径与对应间隙的尺寸匹配。具体地,所述定位销第二端的外径优选与对应部位容设腔设计厚度一致,以减少成型过程中由于粉末收缩过程中产生的包套形变及各包套组件之间的相对位置偏离,提高构件整体成形精度。

[0035] 如图2和3所示,所述内包套组件包括截面为U型的内包套基体2和封堵在所述基体开口侧的内包套板10。如图3所示,在一具体实施例中所述内包套基体2呈L型,且短边所在端对应气道入口,长边所在端对应气道出口,长边与短边相接处圆滑过渡。通过将内包套组件设计成分体结构,便于通过机械加工工艺实现中空结构,并确保其各部分壁厚相同。

[0036] 在可选实施例中,如图3所示,所述内包套基体2和所述内包套板10通过焊接的方式固定连接,且焊接时,焊缝两侧加工深度为3~5mm(图中尺寸为3mm)、宽度为2~3mm(图中

尺寸为3mm)的焊接坡口,所述坡口通过焊料进行充填,焊料高度比所述坡口的顶面高0.2-0.5mm,焊接完成之后,通过打磨方式去除多余焊料。坡口过宽、过深,焊接变形量增大,将导致后续包套装配无法实现,坡口过窄、过浅,焊接处有效焊接深度浅,焊缝强度低,热等静压处理时的可靠性低,当焊接坡口深度为3~5mm、宽度为2~3mm时,既能满足热等静压强度需要,又能确保焊接变形量可以通过装配定位予以校正,达到装配要求。

[0037] 在一可选实施例中,所述内包套组件为等壁厚结构,壁厚为8~12mm(图中尺寸为10mm),材质为低碳钢,优选20钢或Q235钢,所述内包套组件的外型面相对于所述气道对应位置向靠近几何中心的方向偏置0.2~0.5mm,以确保成型精度。进一步地,所述容设腔的厚度为所述钛合金进气道构件对应部位厚度的1.2~1.5倍,以进一步消除变形影响,提高成型精度。

[0038] 本发明实施例还提供了一种钛合金进气道构件热等静压成形方法,所述钛合金进气道构件的气道的进气口和出气口位于不同的平面上,所述方法包括:

[0039] 采用上述模具实施例提供的热等静压成形模具进行热等静压成形;

[0040] 成形后通过电解腐蚀法脱模,得到钛合金进气道构件。

[0041] 有关模具的具体描述及效果参见上述模具实施例,在此不再赘述。

[0042] 本发明实施例提供的钛合金进气道构件热等静压成形方法,通过采用中空结构的内包套组件,在热等静压成形后,在空腔内设置电极及电解溶液流通通道,中空结构可以降低约80%的需要通过电解除的模具材料重量,同时将电解时的电解工作面变为内包套组件的内表面,工作面积的增加提高了电解除模的效率,通过中空结构内包套组件,最终实现在短时间内快速脱除内包套组件的目的。

[0043] 具体地,成形方法包括:

[0044] (1)通过所述进料孔向所述容设腔内填注钛合金粉末;

[0045] 填注前,采用航空汽油对部件表面进行刷洗除油,再用丙酮试剂冲洗,最后用无水乙醇试剂冲洗;采用球形钛合金金属粉,其牌号对应于所制备的进气道构件牌号,粉末粒度优选小于250微米。

[0046] (2)填注完成后,通过所述进料孔将所述容设腔内的空气抽出,使腔内气压小于 5.0×10^{-3} Pa,并保持4~6小时,在真空条件下将所述进料口封闭,使模具内部形成密闭结构;

[0047] (3)在880~950℃、压力不低于130MPa下,保温保压3~5小时,实现热等静压成形。

[0048] 具体地,所述通过电解腐蚀法脱模,包括:

[0049] 成形后去掉所述包套盖、包套底和外包套组件,将得到的钛合金构件通过导线接入直流电源负极,在所述内包套组件的中空部位设置若干导体并接入直流电正极,通直流电后形成电回路,将所述内包套组件电解腐蚀去除。

[0050] 所述导体可为线材、板材或管材,自身具有良好塑性,可根据内包套中空部位形状进行弯曲,材料可为铜,其设置在内包套内中空部位时与内包套材料表面保持1-10mm距离,并随着电解进程对布放距离进行调整。

[0051] 以下为本发明的一个具体实施例:

[0052] 实施例1

[0053] 提供一种尺寸为190×110×1500mm,材料为TA15、长径比约为11的钛合金的大长

径比复杂曲面进气道构件,图1所示为本发明实施例中大长径比复杂曲面进气道构件示意图。具体成形方法包括:

[0054] (a) 包套组件设计及加工

[0055] 根据复合构件(如图1)产品形状尺寸,考虑后续机加工余量以及粉末收缩量,设计成形包套组件并进行加工,其中包套盖1、第二包套板3、第三包套板5、第四包套板6、第一包套板8、包套底4为板状结构,第四包套板6、第一包套板8、包套盖1、第二包套板3上预留方形窗口,供第一垫块9和第二加强垫块11和内包套相应凸台由中间穿出,第一垫块9和第二加强垫块11与第一加强垫块7连接处配打定位螺孔,包套盖1上打直径18mm孔用于粉末装填及除气。

[0056] 包套盖1、第二包套板3、第三包套板5、第四包套板6、第一包套板8、第一垫块9、第一加强垫块7、第二加强垫块11、内包套基体2、内包套板10、包套底4,选用Q235低碳钢板材或锻件。

[0057] b包套组件表面处理

[0058] 对步骤a加工的包套组件各部件进行表面处理,处理方法为:先用航空汽油刷洗,再用丙酮试剂冲洗,最后用无水乙醇试剂冲洗;

[0059] c内包套组装焊接

[0060] 对步骤a加工并经步骤b清洗的内包套基体2、内包套板10按图2所示位置关系进行组装,并焊接,焊接后将表面焊缝突起通过打磨方式磨平,形成完整的带有中空空腔结构的内包套备用。

[0061] d包套组件组装焊接

[0062] 按进气道构件产品结构,依照图2所示相对位置关系,将步骤c焊接好的内包套与步骤b处理的其他包套组件进行组装焊接,其中第一垫块9和第二加强垫块11相应凸台分别由第四包套板6、第一包套板8上预留方形窗口中穿出并在外侧进行焊接,内包套上端由包套盖1预留方形窗口中穿出并焊接,下端由第二包套板3预留方形窗口中穿出并焊接,第一加强垫块7与第一垫块9和第二加强垫块11通过配打螺孔螺栓连接。

[0063] 组装完成后将包套盖1、第二包套板3、第三包套板5、第四包套板6、第一包套板8、包套底4相互连接处进行氩弧焊焊接。

[0064] e粉末装填

[0065] 对步骤d焊接完成的包套组件进行粉末装填操作,方法是通过包套盖1上的直径18mm孔,将牌号为TA15,粒度为250微米通粉的球形钛合金金属粉倒入包套内的空腔中,装填过程在振动条件下完成。

[0066] f包套内部除气

[0067] 用真空泵在室温环境下通过包套盖1上的直径18mm孔,将步骤e粉末装填完成的包套内的空气抽出,其中步骤e粉末装填完成的包套应置于加热炉中,当包套内气压小于 5.0×10^{-3} Pa后,对包套进行加热,加热温度700℃,当加热温度达到700℃同时包套内气压小于 5.0×10^{-3} Pa后计时,保温保真空6小时,在真空条件下封焊除气孔,形成包套密闭结构。

[0068] g热等静压处理

[0069] 将步骤f处理的包套置于热等静压设备中进行热等静压处理,处理温度 920℃,压力不低于150MPa,保温保压时间4小时,保温保压结束后随炉冷却至250℃以下出炉。

[0070] h进气道构件包套去除

[0071] 将步骤g处理完成的包套,通过机械加工除去部分包套组件,再通过电化学腐蚀工艺在十天内去除了机械加工无法去除的包套组件,得到待精加工的复杂曲面进气道构件。

[0072] 大长径比复杂曲面钛合金进气道构件材料力学性能不低于相应国家标准中对于TA15钛合金的力学性能要求。材料内部缺陷通过超声波无损探伤方法检测,内部无0.4mm当量平底孔缺陷,或通过X射线拍照方法检测,内部缺陷优于同牌号I类B级铸件。成形的进气道构件内部复杂曲面形面位置较理论形面位置,最大偏差不超过0.5mm。

[0073] 以上所述,仅为本发明一个具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,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。

[0074] 本发明未详细说明部分属于本领域技术人员公知常识。

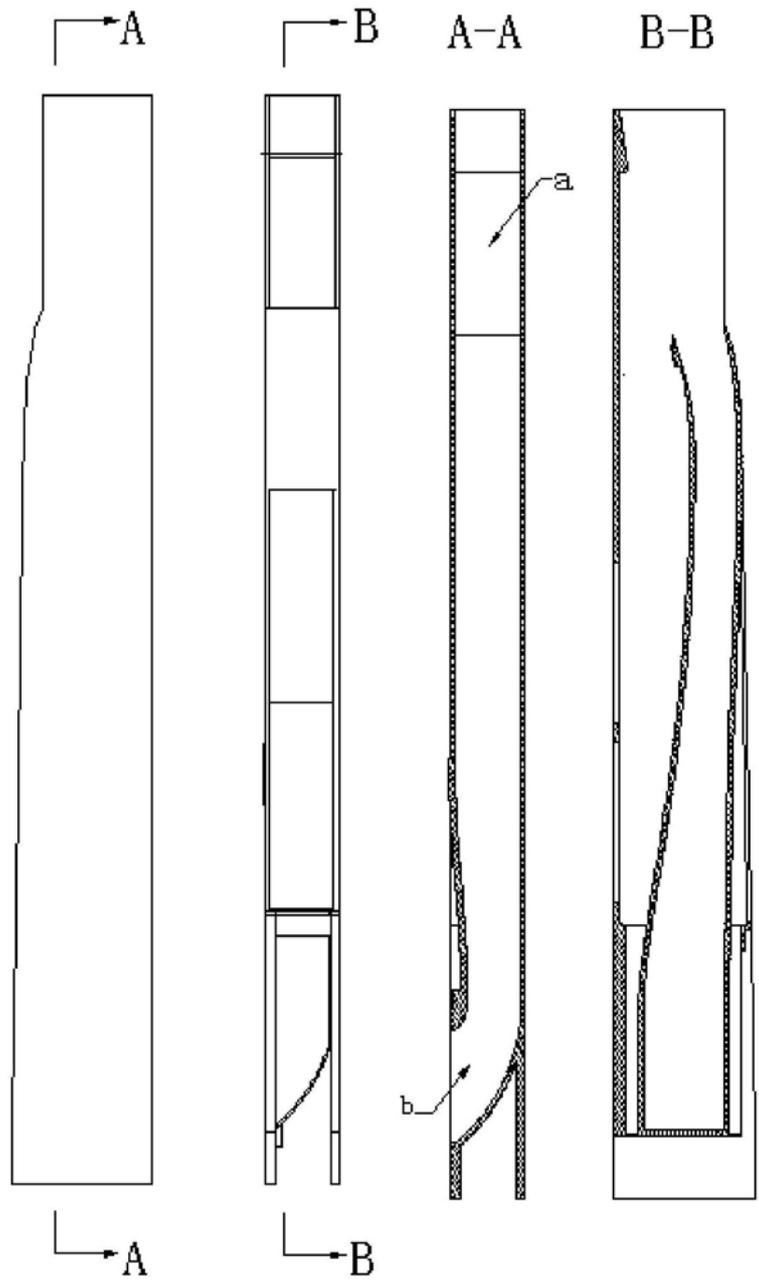


图1

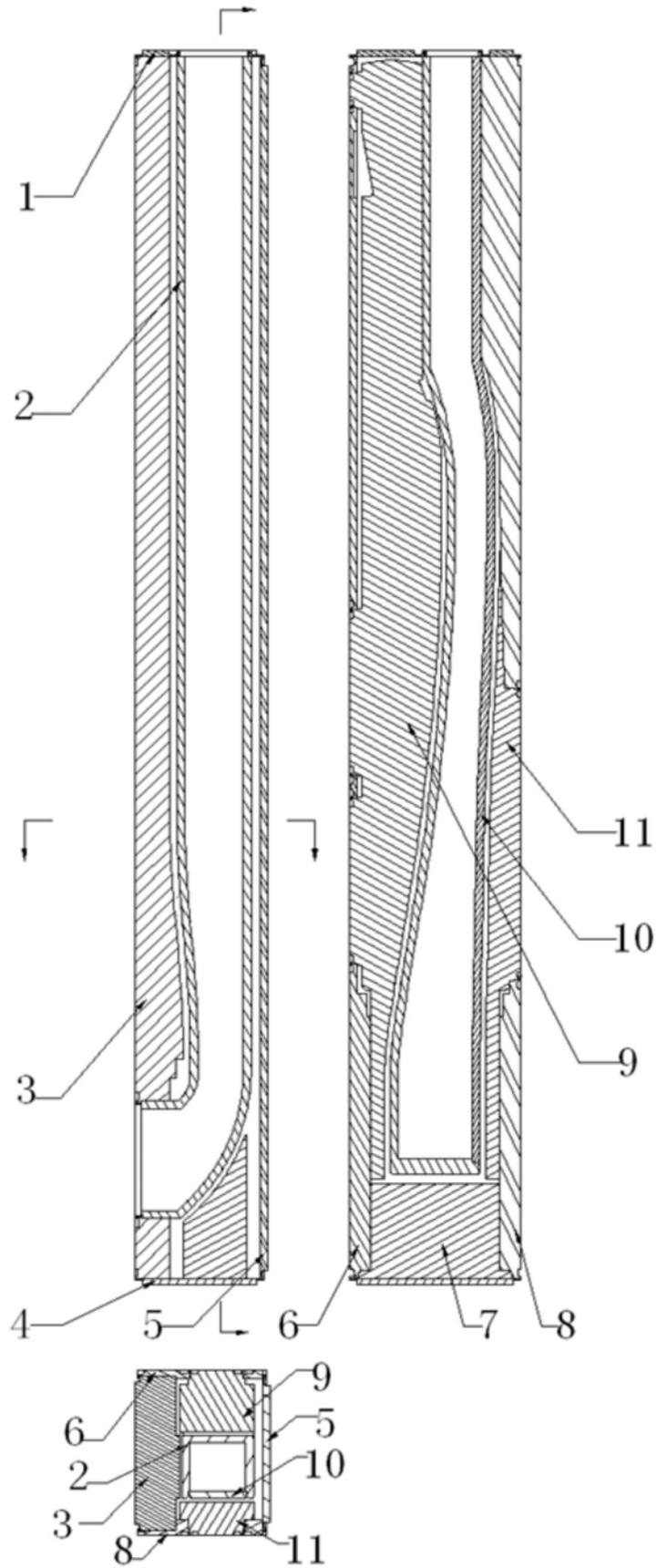


图2



图3