



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109759791 B

(45)授权公告日 2020.01.07

(21)申请号 201910106641.8

(22)申请日 2019.02.01

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109759791 A

(43)申请公布日 2019.05.17

(73)专利权人 黑龙江省机械科学研究院

地址 150040 黑龙江省哈尔滨市香坊区文治头道街30号

(72)发明人 刘广东 暴永明 胡成昕 王贵春

吉有胜 刘心宇 马忠臣 曹阳

王松波 高慧 张银铃 张立明

穆祥贞

(74)专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权

代理有限公司 23211

代理人 刘景祥

(51)Int.Cl.

B23P 15/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 105563053 A, 2016.05.11, 全文.

CN 106271459 A, 2017.01.04, 全文.

US 2010037458 A1, 2010.02.18, 全文.

CN 106216747 A, 2016.12.14, 全文.

CN 104646961 A, 2015.05.27, 说明书第29-46段和附图1-4.

审查员 董广学

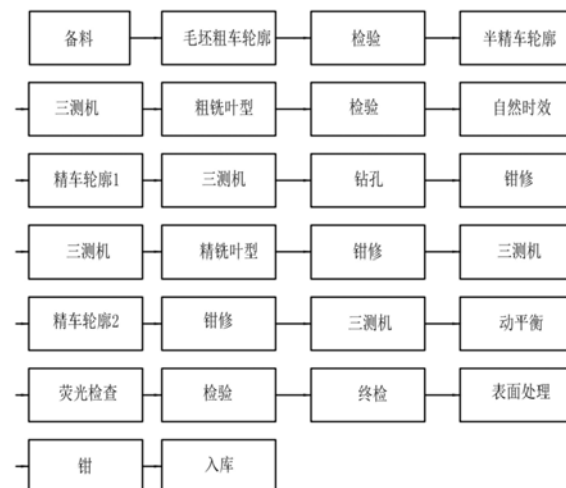
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法

(57)摘要

本发明提供了一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,包括备料、毛坯粗车轮廓、半精车轮廓、粗铣叶型、自然时效、精车轮廓1、钻孔、精铣叶型、精车轮廓2、钳修、动平衡、荧光检查和最终检验。本发明所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,特别针对一种航空航天飞行器用高转速发动机的离心叶轮的加工,本加工方法能够加工出薄至1.2mm的超薄多曲面叶片,并且加工过程中叶片不会发生变形,保证轮毂残高,加工出刀痕顺气流方向,同时能保证轮毂两端面内孔极高的同轴度以及轮毂大端面内孔加工的微米级精度,本加工方法能达到极高的零件动平衡及尺寸精度与形位公差要求。



1. 一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,其特征在于:包括以下步骤,

步骤1、备料,锻铝毛坯;

步骤2、毛坯粗车轮廓:利用普通车床粗车离心叶轮轮廓,具体包括粗车轮毂外圆轮廓、轮毂大端面、轮毂小端面、大端面工艺凸台、大端面基准孔及小端面内孔;

步骤3、半精车轮廓:三爪卡盘装夹大端面工艺凸台处,利用车削加工中心半精车离心叶轮轮廓,具体包括半精车轮毂外圆轮廓、叶轮轮廓型线、轮毂小端面及小端面内孔;

步骤4、粗铣叶型:利用五轴数控加工中心对叶轮表面粗开槽,即粗加工叶轮流道;

步骤5、自然时效:恒温静止自然放置96小时;

步骤6、精车轮廓1:三爪卡盘装夹大端面工艺凸台处,利用车削加工中心精车离心叶轮轮廓,具体包括精车轮毂外圆轮廓、轮毂小端面及小端面内孔均加工至合格,然后调用外圆刀,轻车轮毂大端面一小部分,用于翻面找正基准用;

步骤7、钻孔:通过数控加工中心利用钻头伸入小端面内孔底端处按位置度要求钻四个轴向孔,四个轴向孔中心在大端面基准孔合格尺寸圆周上;

步骤8、精铣叶型:利用五轴数控加工中心精铣叶轮叶片至合格,具体步骤为,

A、粗铣气道底,B、精铣主叶,C、精铣分流叶,D、精铣气道底,E、精铣叶根;

步骤9、精车轮廓2:翻转工件,利用专用工装抱爪装夹叶片外圆端处,露出轮毂大端面外圆,通过步骤6中轻车轮毂大端面部位及露出的轮毂大端面外圆找正工件离心叶轮基准,利用车削加工中心精车离心叶轮轮廓,使轮毂大端面、大端面工艺凸台、大端面基准孔加工至合格,此时步骤7中的4个轴向孔加工成半圆键槽,完成所述叶轮的加工;

步骤10、钳修:倒角、去除全部毛刺;

步骤11、动平衡:将去毛刺后的叶轮进行动平衡矫正,防止叶轮旋转过程中出现不稳定现象;

步骤12:荧光检查,叶轮表面做荧光检查,不允许存在发纹、裂纹等缺陷;

步骤13:最终检验,对表面质量进行检查,包括叶轮的尺寸、规格是否符合、表面是否擦伤,表面是否有杂质。

2. 根据权利要求1所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,其特征在于:步骤7中,钻四个轴向孔后用平头铣刀铣平四个轴向孔的底部。

3. 根据权利要求1所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,其特征在于:在步骤9中,精车大端面基准孔时,采用内孔刀多次精车达到大端面基准孔合格尺寸。

4. 根据权利要求3所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,其特征在于:大端面基准孔加工采用粗车和精车,其中粗车给精车留2mm余量,精车逐步去余量1.8mm后,通过多次均等去余量精车达到大端面基准孔合格尺寸。

5. 根据权利要求4所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,其特征在于:在步骤8和步骤9之间,即精车轮廓2前,在叶轮叶片间的气流道上加工散热孔。

6. 根据权利要求1、2或5任一项所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,其特征在于:步骤8中精铣叶型时,加工车间温度控制 $20 \pm 2^{\circ}$,加工前机床预热20分钟,稳定加工精度。

7. 根据权利要求6所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法, 其特征在于: 所述加工方法中, 每步加工后都有对工件的检验工序。

8. 根据权利要求7所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法, 其特征在于: 所述离心叶轮的叶片平均厚度为1.2mm。

9. 根据权利要求8所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法, 其特征在于: 所述离心叶轮的叶型偏差不大于 $\pm 0.04\text{mm}$; 叶片表面粗糙度为1.6; 叶片加工刀痕顺气流方向, 轮毂出口残高0.05mm-0.08mm。

10. 根据权利要求9所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法, 其特征在于: 所述大端面基准孔、小端面内孔及大端面工艺凸台端面的表面粗糙度为1.6, 其余加工面的表面粗糙度为3.2。

一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于机械加工技术领域,尤其是涉及一种用于航空航天飞行器发动机精密内腔薄壁复杂曲面离心叶轮加工方法。

背景技术

[0002] 目前,国内航空航天发动机关键零件离心叶轮种类型号繁多,因其形状、精度、材质各异,决定了各自的加工难点、工艺方法千差万别。航空航天飞行器发动机用曲面叶轮包括主叶和分流叶,它是一种薄型叶片,材料是锻铝,其工作特点是高速旋转,对零件动平衡及尺寸精度与形位公差要求极高,精度达到微米级,其内腔形状复杂,加工难度极高,国内目前尚无方法可加工出此零件,因此提出一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,填补国内技术的空白。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明旨在提出一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,能加工出超薄叶片,且叶轮加工精度极高,特别适用航空航天飞行器等高转速发动机。

[0004] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0005] 一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤1、备料,锻铝毛坯;

[0007] 步骤2、毛坯粗车轮廓:利用普通车床粗车离心叶轮轮廓,具体包括粗车轮毂外圆轮廓、轮毂大端面、轮毂小端面、大端面工艺凸台、大端面基准孔及小端面内孔;

[0008] 步骤3、半精车轮廓:三爪卡盘装夹大端面工艺凸台处,利用车削加工中心半精车离心叶轮轮廓,具体包括半精车轮毂外圆轮廓、叶轮轮廓型线、轮毂小端面及小端面内孔;

[0009] 步骤4、粗铣叶型:利用五轴数控加工中心对叶轮表面粗开槽,即粗加工叶轮流道;

[0010] 步骤5、自然时效:恒温静止自然放置96小时;

[0011] 步骤6、精车轮廓1:三爪卡盘装夹大端面工艺凸台处,利用车削加工中心精车离心叶轮轮廓,具体包括精车轮毂外圆轮廓、轮毂小端面及小端面内孔均加工至合格,然后调调用外圆刀,轻车轮毂大端面一小部分,用于翻面找正基准用;

[0012] 步骤7、钻孔:通过数控加工中心利用钻头伸入小端面内孔底端处按位置度要求钻四个轴向孔,四个轴向孔中心在大端面基准孔合格尺寸圆周上;

[0013] 步骤8、精铣叶型:利用五轴数控加工中心精铣叶轮叶片至合格,具体步骤为,

[0014] A、粗铣气道底,B、精铣主叶,C、精铣分流叶,D、精铣气道底,E、精铣叶根;

[0015] 步骤9、精车轮廓2:翻转工件,利用专用工装抱爪装夹叶片外圆端处,露出轮毂大端面外圆,通过步骤6中轻车轮毂大端面部位及露出的轮毂大端面外圆找正工件离心叶轮基准,利用车削加工中心精车离心叶轮轮廓,使轮毂大端面、大端面工艺凸台、大端面基准孔加工至合格,此时步骤7中的4个轴向孔加工成半圆键槽,完成所述叶轮的加工;

- [0016] 步骤10、钳修：倒角、去除全部毛刺；
- [0017] 步骤11、动平衡：将去毛刺后的叶轮进行动平衡矫正，防止叶轮旋转过程中出现不稳定现象；
- [0018] 步骤12：荧光检查，叶轮表面做荧光检查，不允许存在发纹、裂纹等缺陷；
- [0019] 步骤13：最终检验，对表面质量进行检查，包括叶轮的尺寸、规格是否符合、表面是否擦伤，表面是否有杂质。
- [0020] 进一步的，步骤7中，钻四个轴向孔后用平头铣刀铣平四个轴向孔的底部。
- [0021] 进一步的，在步骤9中，精车大端面基准孔时，采用内孔刀多次精车达到大端面基准孔合格尺寸。
- [0022] 进一步的，端面基准孔加工采用粗车和精车，其中粗车给精车留2mm余量，精车逐步去余量1.8mm后，通过多次均等去余量精车达到大端面基准孔合格尺寸。
- [0023] 进一步的，在步骤8和步骤9之间，即精车轮廓2前，在叶轮叶片间的气流道上加工散热孔。
- [0024] 进一步的，步骤8中精铣叶型时，加工车间温度控制 $20 \pm 2^{\circ}$ ，加工前机床预热20分钟，稳定加工精度。
- [0025] 进一步的，所述加工方法中，每步加工后都有对工件的检验工序。
- [0026] 进一步，所述离心叶轮的叶片平均厚度为1.2mm。
- [0027] 进一步的，所述离心叶轮的叶型偏差不大于 $\pm 0.04\text{mm}$ ；叶片表面粗糙度为1.6；叶片加工刀痕顺气流方向，轮毂出口残高0.05mm-0.08mm。
- [0028] 进一步的，所述大端面基准孔、小端面内孔及大端面工艺凸台端面的表面粗糙度为1.6，其余加工面的表面粗糙度为3.2。
- [0029] 相对于现有技术，本发明所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法具有以下优势：
- [0030] 本发明所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法，特别针对一种航空航天飞行器用高转速发动机的离心叶轮的精密加工，本加工方法能够加工出薄至1.2mm的超薄叶片，并且加工过程中叶片不会发生变形，同时能保证轮毂两端面内孔极高的同轴度以及轮毂大端面内孔加工的微米级精度，本加工方法能达到极高的零件动平衡及尺寸精度与形位公差要求。

附图说明

- [0031] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：
- [0032] 图1为本发明所述的一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法的流程图；
- [0033] 图2为毛坯粗车后叶轮的轮廓示意图；
- [0034] 图3为采用本发明所述的加工方法加工的离心叶轮结构示意图；
- [0035] 图4为叶顶轮廓度要求示意图；
- [0036] 图5为叶根轮廓度要求示意图。

具体实施方式

[0037] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0038] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0039] 如图3所示,该离心叶轮为透平类零件,其中心设有中心通孔,在叶轮表面设置有相间排列的主叶1和分流叶2,共计13对,在主叶1和分流叶2 之间为气流道3,分流叶2设置在靠近轮毂出口4处。其工作特点是高速旋转,对零件动平衡及尺寸精度与形位公差要求极高。

[0040] 如图1-图3所示,一种航空航天发动机精密内腔薄壁整体离心叶轮加工方法,具体包括以下步骤:

[0041] 步骤1、备料,圆饼状锻铝毛坯;

[0042] 步骤2、毛坯粗车轮廓:利用普通车床粗车离心叶轮轮廓,通过三爪夹盘装夹圆柱状锻铝毛坯,粗车轮毂外圆轮廓、轮毂大端面5、轮毂小端面6、大端面工艺凸台7、大端面基准孔8及小端面内孔9,并留有余量,如图2 所示;

[0043] 步骤3、半精车轮廓:三爪卡盘装夹大端面工艺凸台7处,夹紧力为10kg,通过车削加工中心利用外圆车刀半精车离心叶轮轮廓,具体包括半精车轮毂外圆轮廓、叶轮轮廓型线、轮毂小端面6及小端面内孔9;

[0044] 步骤4、粗铣叶型:将步骤3中的工件夹紧在垫铁夹具上,并通过五轴数控加工中心利用球头铣刀按照程序对叶轮表面粗开槽加工,即粗加工叶轮气流道;

[0045] 步骤5、自然时效:恒温静止自然放置96小时,将锻件中的应力全部去除,利于工件的加工精度;

[0046] 步骤6、精车轮廓1:三爪卡盘装夹大端面工艺凸台7处,夹紧力为10kg,通过车削加工中心利用外圆刀精车离心叶轮轮廓,具体包括精车轮毂外圆轮廓、轮毂小端面6及小端面内孔9均加工至合格,然后调用外圆刀,轻车轮毂大端面5一小部分,用于翻面找正基准用,装夹一次,就可将正面加工完成的基础上还能提供翻面加工提供基准,加工效率高,且加工定位准确,零件加工精度高;

[0047] 步骤7、钻孔:将步骤6中加工完成的工件由垫铁及压板等工装装夹于五轴数控加工中心上,并通过数控加工中心利用钻头伸入小端面内孔9底端处按位置度要求钻四个轴向孔,用平头铣刀铣平四个轴向孔的底部,四个轴向孔中心在大端面基准孔合格尺寸圆周上,完成后钳修;

[0048] 步骤8、精铣叶型:加工车间温度控制 $20 \pm 2^{\circ}$,加工前机床预热20分钟,稳定加工精度,利用五轴数控加工中心编写的程序精铣叶轮叶片至合格,叶顶轮廓度要求见图4,叶根轮廓度要求见图5,具体步骤为,

[0049] A、粗铣气流道底;B、精铣主叶;C、精铣分流叶;D、精铣气流道底;E、精铣叶根;上述步骤利用锥球铣刀进行加工,且在加工叶片时,按照叶片叶型的走向从叶顶向叶根方向加工,在13对主叶和分流叶叶片间钻有 $\phi 2.5$ 通孔,且所有通孔周向均布并与叶片的相对角向要求,完成后钳修;

[0050] 步骤9、精车轮廓2:翻转工件,利用专用工装抱爪夹持叶片外圆端处,露出轮毂大端面外圆,通过步骤6中轻车大端面部位及露出的大端面外圆找正工件离心叶轮基准,利用

车削加工中心精车离心叶轮轮廓、使轮毂大端面、大端面工艺凸台、大端面基准孔加工至合格,此时步骤7中的4个轴向孔加工成半圆键槽,完成所述叶轮的加工;离心叶轮中半圆形键槽的加工是通过先在要求位置处加工孔,然后精车大端面基准孔达到工艺要求后孔变成半圆形键槽,此种加工键槽的方法,既保证了4个键槽的位置精度,又便于加工,也保证了键槽的尺寸。

[0051] 大端面基准孔加工采用粗车和精车,其中粗车给精车留2mm余量,精车大端面基准孔时,先精车逐步去余量1.8mm后,再采用内孔刀三到五次精车达到大端面基准孔合格尺寸,每次精车都是均等去余量加工,对大端面基准孔的多次等去余量精加工方式,在精加工时,由于每次去余量相同,既监测了加工系统的精度是否合格,又保证了大端面基准孔高要求的加工精度。

[0052] 步骤10、钳修:倒角、去除全部毛刺;

[0053] 步骤11、动平衡:将去毛刺后的叶轮进行动平衡矫正,防止叶轮旋转过程中出现不稳定现象;

[0054] 步骤12:荧光检查,叶轮表面做荧光检查,不允许存在发纹、裂纹等缺陷;

[0055] 步骤13:最终检验,对表面质量进行检查,包括叶轮的尺寸、规格是否符合、表面是否擦伤,表面是否有杂质;然后进行表面处理与最终钳修,钳修后入库。

[0056] 在以上每步加工后都有对工件的检验,利用三坐标测试机,检验所加工尺寸是否符合要求。

[0057] 本加工方法加工出的叶轮,13对大小叶片周向均布,分布误差不大于 $\pm 4'$ 。

[0058] 利用本加工方法加工的离心叶轮的叶型偏差不大于 $\pm 0.04\text{mm}$;叶片表面粗糙度为1.6;叶片加工刀痕顺气流方向,轮毂出口残高 $0.05\text{mm}-0.08\text{mm}$ 。

[0059] 本加工方法加工得到的大端面基准孔、小端面内孔及大端面凸台端面的表面粗糙度为1.6,其余加工面的表面粗糙度为3.2。

[0060] 本加工方法加工出的叶轮叶片的平均厚度为1.2mm,属于薄型叶片。

[0061] 本加工方法能够加工出薄至1.2mm的超薄叶片,并且加工过程中叶片不会发生变形,同时能保证轮毂两端面内孔极高的同轴度以及轮毂大端面内孔加工的微米级精度,本加工方法能达到极高的零件动平衡及尺寸精度与形位公差要求。

[0062] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

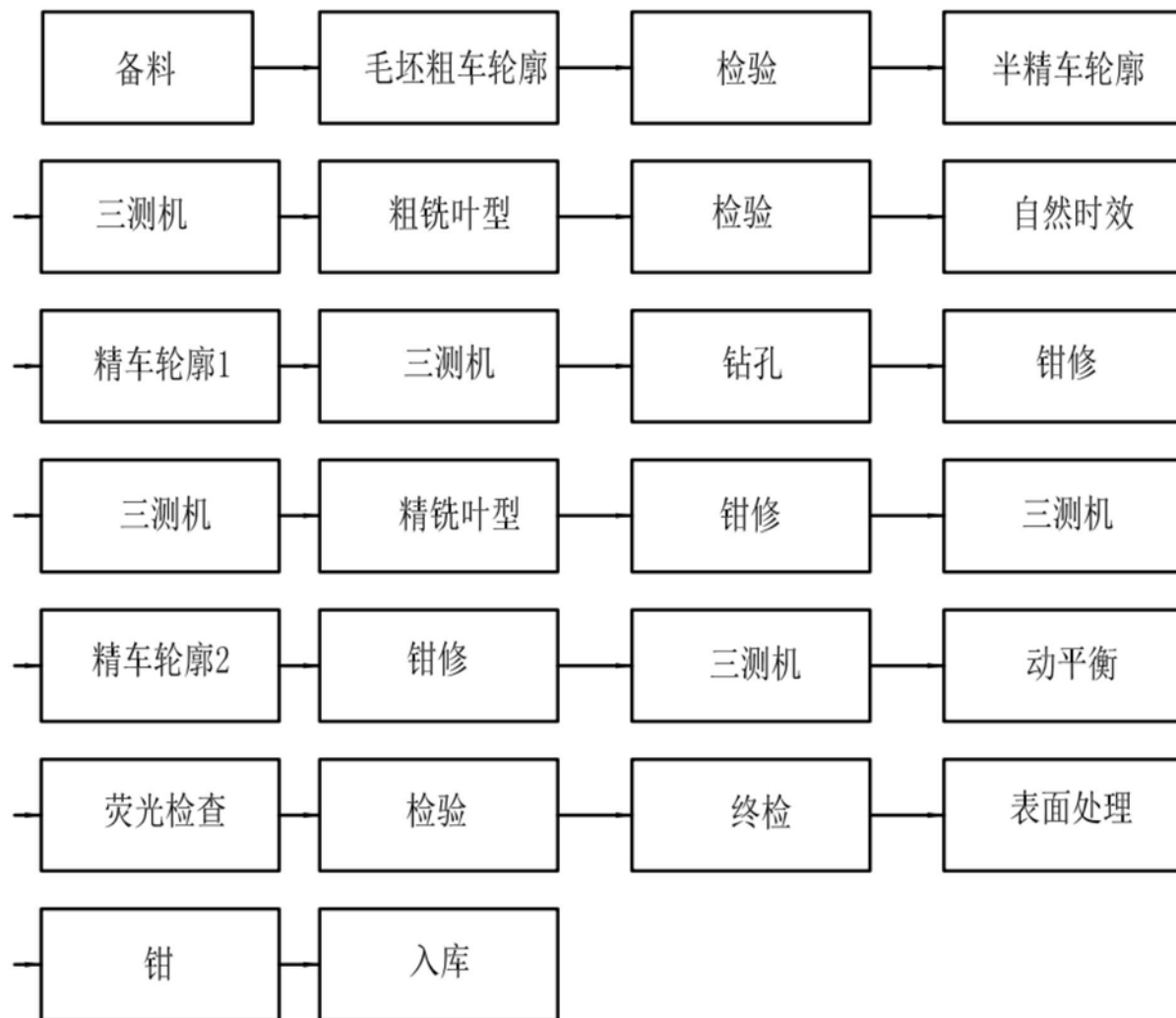


图1

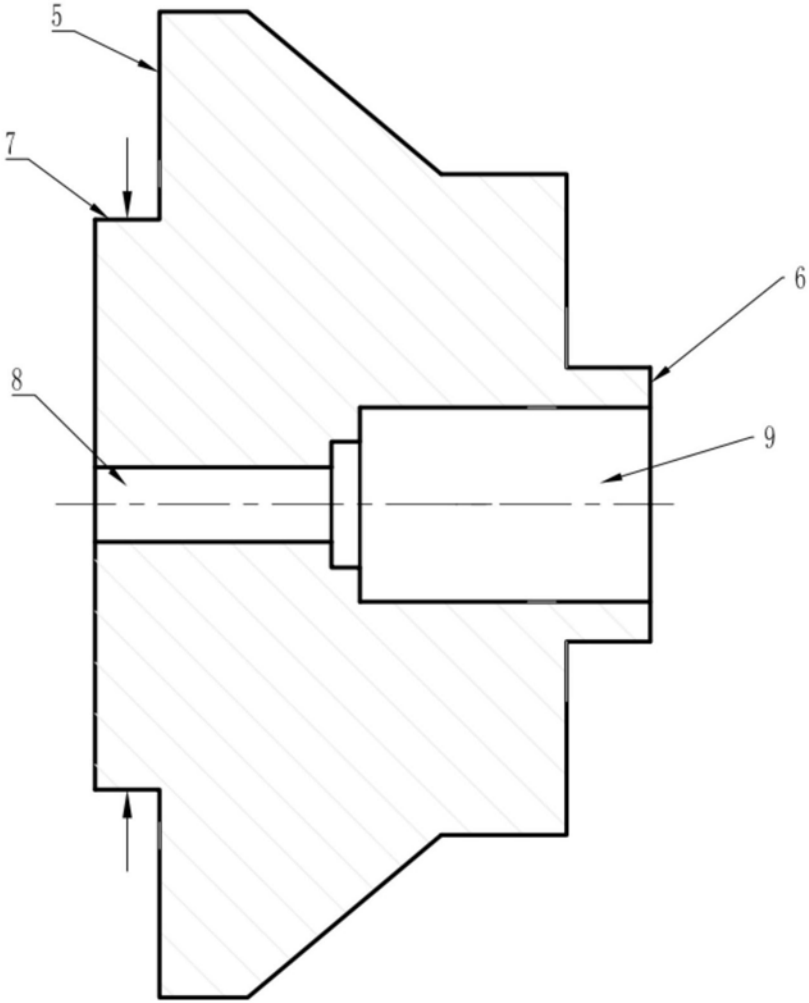


图2

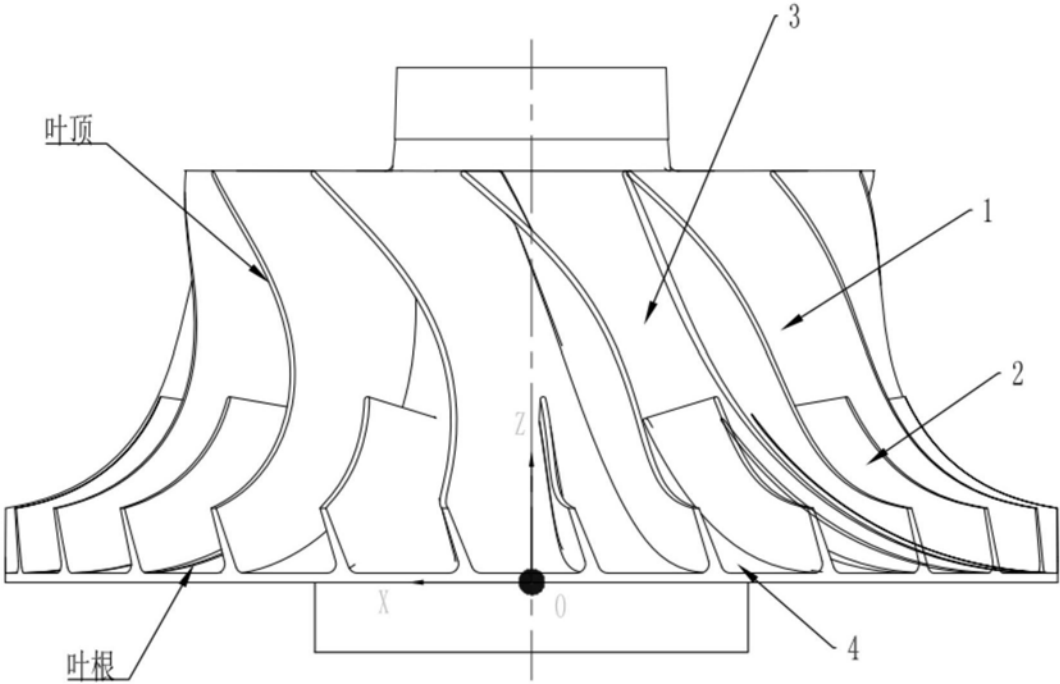


图3

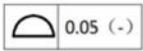


图4



图5