



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115922250 B

(45) 授权公告日 2025. 06. 06

(21) 申请号 202211594015.6

B23Q 3/06 (2006.01)

(22) 申请日 2022.12.13

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 109454404 A, 2019.03.12

申请公布号 CN 115922250 A

CN 114523270 A, 2022.05.24

(43) 申请公布日 2023.04.07

审查员 刘南

(73) 专利权人 沈阳铸造研究所有限公司

地址 110000 辽宁省沈阳市铁西区云峰南街17号

(72) 发明人 常涤夫 赵晓白 柴能 王睿潇

吴昊 李巍 游涛 王洪锋

(74) 专利代理机构 沈阳晨创科技专利代理有限

责任公司 21001

专利代理师 张晨

(51) Int. Cl.

B23P 15/00 (2006.01)

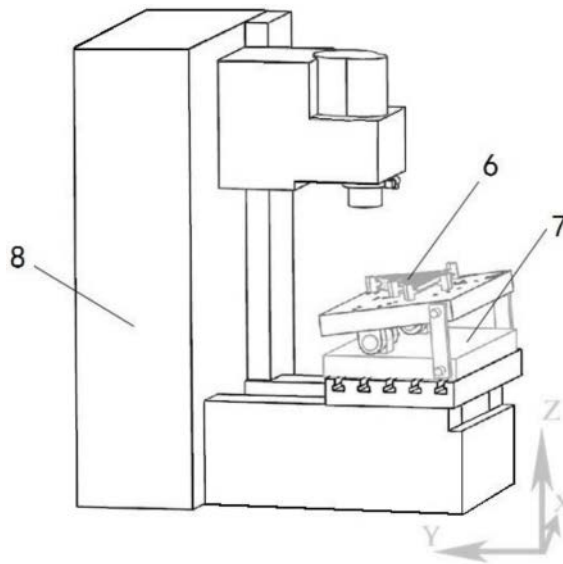
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

具有多角度复合型面结构的镂空薄壁骨架类零件加工方法

(57) 摘要

一种具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件加工方法,属于钛合金加工技术领域,其特征在于,采用配有专用工装的三轴数控线性机床加工具有特殊结构特征的骨架类零件的加工,在大幅提高生产效率的同时,极大的降低了生产成本,并提高了该类产品的市场经济效益。具体工艺流程为:1)、对铸造钛合金骨架毛坯进行表面处理后粗铣基准面;2)、找正并划出待加工工件骨架中心对称线一周及骨架卡头焊接位置;3)、将待加工工件压实在专用工装平台上;4)、精铣骨架卡头;5)、加工:6)、钻底孔;7)、攻丝通孔;8)、与配重块配磨;9)、刻字,检验,包装,运输。



1.一种具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于,采用配有专用工装的三轴数控线性机床加工,具体过程如下:

1)、对铸造钛合金骨架毛坯进行表面处理,然后以形面铣方式粗铣基准面A1(65)、基准面A2(67)、基准面B1(66)、基准面B2(68),留精铣加工余量2mm,各个面平面度在 $\pm 0.2\text{mm}$;

2)、按照图纸找正并划出待加工工件骨架中心对称线一周及骨架卡头焊接位置;

3)、将待加工工件骨架和骨架卡头待焊接处用丙酮清洗干净;找平对称中心线,按卡头位置线组对,点焊固定;用压板将待加工工件压实在专用工装平台上,将各处焊缝焊完,待工件完全冷却后,拆除压板;

4)、按照加工基准定位,钻定位销孔;找正中心对称线,按照加工基准定位,精铣骨架卡头,保证尺寸精度在 $\pm 0.1\text{mm}$,对称度 0.1mm ;

5)、加工:

a)将骨架安装在专用工装上,基准面A1(65)朝上,固定骨架卡头;

b)按尺寸铣削内部镂空结构,于不加工镂空部位填入减震橡胶,保图纸尺寸,表面粗糙度小于6.3;以轮廓铣方式按尺寸铣削骨架轮廓外形,保图纸尺寸;按照基准面A1(65)以形面铣方式精铣形面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

c)更换角度固定板,使工装基准定位到基准面A2(67),以形面铣方式精铣型面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm

d)翻面,将骨架安装在专用工装上,按照装夹底板(1)上的标识固定骨架卡头,基准面B1(66)面朝上,找正;按照基准面B1(66)以形面铣方式精铣形面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

e)更换角度固定板,使工装基准定位到基准面B2(68),以形面铣方式精铣型面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

6)、找正对称中心线;按照尺寸钻底孔,保图纸尺寸;

7)、攻丝通孔;

8)、与配重块配磨,要求过盈配合;

9)、刻字,检验,包装,运输。

2.按照权利要求1所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于:所述专用工装由装夹底板(1)、固定底板(2)、角度固定板(3)、旋转轴(4)、旋转轴固定座(5)组成,其中:

装夹底板(1)位于固定底板(2)之上,且装夹底板(1)上设有待加工工件定位销孔(11);装夹底板(1)侧壁上设有装夹底板固定销孔(33),固定底板(2)侧壁上设有固定底板定位销孔(34),角度固定板(3)通过定位销(31)固定在装夹底板固定销孔(33)和固定底板定位销孔(34)之间;

旋转轴固定座(5)的侧壁上设有通孔,旋转轴固定座(5)由上固定座(51)和下固定座(52)组成,上固定座(51)位于装夹底板(1)下表面,下固定座(52)位于固定底板(2)上表面;旋转轴(4)一侧设有端头,另一侧设有用于安装止脱插杆(41)的安装孔(42)。

3.按照权利要求1所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于:旋转轴固定座(5)安装在机床装夹平台的中心位置,旋转轴固定座(5)的侧壁均与装夹底板(1)侧壁平行,其平行度小于 $10\mu\text{m}$;装夹底板(1)两组互相垂直的侧壁距离

装夹平台的平行边的长度相等,误差范围小于1mm。

4.按照权利要求1所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于:步骤1)中,所述表面处理为打磨、去毛刺、去氧化皮、作表面喷砂处理。

5.按照权利要求1所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于,所述零件具有以下一种或多种特征:

①零件的相邻特征空间形面角度在 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 之间,机床基础坐标系同一象限平面内的累计相邻特征空间型面夹角之和不大于 15° ;

②零件最小壁厚在1~2mm之间;

③零件特征结构具有闭环型轮廓下陷,或在加工过程中会产生加工阴角的无法进行直接清根处理的零件;

④要求表面粗糙度达到 $Ra \leq 3.2\mu\text{m}$;

⑤零件的镂空结构投影面积之和占总表面积的比例在50%~80%之间。

6.按照权利要求1或5所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于:所述零件由TC6钛合金制备而成。

7.按照权利要求1所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于:所述三轴数控线性机床配有恒温冷水机和板式换热器,用于对三轴数控线性机床的切削冷却液进行低温冷却,保证切削液的温度恒定在 $10 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

8.按照权利要求7所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于:在三轴数控线性机床的切削液喷嘴处加装增压装置,令加工切削液以高压射流的形式进入到刀具切削位置。

具有多角度复合型面结构的镂空薄壁骨架类零件加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于钛合金加工技术领域,尤其是一种具有空间多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类钛合金零件的机械加工方法。

背景技术

[0002] TC6钛合金是一种性能优良的航天用材料,但同时也是一种难切削材料。TC6钛合金是马氏体型 $\alpha+\beta$ 两相热强钛合金,是目前应用最广泛的Ti-Al-Mo-Cr-Fe-Si系钛合金,其名义成分为Ti-6Al1.5Mo-2.5Cr-0.5Fe-0.3Si,使用温度可达450°C,广泛应用于航空领域。但TC6钛合金的机械加工存在以下难点:

[0003] a.热传导率低,只有 $8W(m^2\text{ }^\circ\text{C})^{-1}$,机加工过程中所产生的热量不易散失,切削时的切削温度高,加剧了刀具的磨损。

[0004] b.化学活性高,亲和作用大,在切削温度高时,切削及被切表层与刀具材料咬合而产生严重的粘刀现象,引起刀具剧烈的粘结磨损;在高温下发生化学反应生成 TiO_2 、TiN、TiH等硬脆层,加之切削过程中因塑性变形而产生硬化现象,极易磨损刀具。在切削过程中,刀具与工件、刀具与切屑的表面间有着很大摩擦,使切削力、切削热和工件变形增大,导致刀具磨损,也影响已加工表面的加工质量。

[0005] c.弹性模量低,导致其在载荷作用下发生变形后产生极大的回弹,从而引起钛合金零件在机加工过程中偏离刀具。

[0006] 某型号的TC6钛合金骨架是一类具有空间多角度复合型面结构的镂空薄壁型结构件,尺寸精度要求高,加工难度大,采用五轴联动加工中心进行机械加工,虽然可以实现其高精度的尺寸和形位要求,但是五轴联动加工中心的采购成本极高,往往是三轴联动加工中心的5~10倍,且五轴联动加工中心编程难度大,对编程和操作人员的技术能力要求严格,设备维护成本高。另外,五轴联动加工中心主体采用了电动主轴系统,具有高转速,高精度,低切削量的特点,虽然其可以加工具有空间型面多面体结构零件,但是由于其灵活的具有高自由度的执行机构结构设计,导致五轴联动加工中心在加工具有高硬度钛合金材料时难以施加较大的径向吃刀进给量和轴向的切削深度,只能以较小的铣削减料量和多次往复的循环运动来弥补该方面的不足,对没有一定数量批产的零件生产来讲,其经济效益不高,难以应用于大部分机械加工厂家。

发明内容

[0007] 为了解决上述问题,本发明提供了一种具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,该方法可以在三轴联动加工中心上实现对具有该种特征的骨架类零件的加工,在大幅提高生产效率的同时,极大的提高了该类产品的市场经济效益。

[0008] 本发明技术方案如下:

[0009] 一种具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件的加工方法,其特征在于,采用配有专用工装的三轴数控线性机床加工,具体过程如下:

[0010] 1)、对铸造钛合金骨架毛坯进行表面处理(打磨、去毛刺、去氧化皮、作表面喷砂处理),然后以形面铣方式粗铣基准面A165、基准面A267、基准面B166、基准面B268,留精铣加工余量2mm,各个面平面度在 $\pm 0.2\text{mm}$;

[0011] 2)、按照图纸找正并划出待加工工件骨架中心对称线一周及骨架卡头焊接位置;

[0012] 3)、将待加工工件骨架和骨架卡头待焊接处用丙酮清洗干净;找平对称中心线,按卡头位置线组对,点焊固定;用压板将待加工工件压在专用工装平台上,将各处焊缝焊完,待工件完全冷却后,拆除压板;

[0013] 4)、按照加工基准定位,钻定位销孔;找正中心对称线,按照加工基准定位,精铣骨架卡头,保证尺寸精度在 $\pm 0.1\text{mm}$,对称度 0.1mm ;

[0014] 5)、加工:

[0015] a.将骨架安装在专用工装上,基准面A165朝上,固定骨架卡头;

[0016] b.按尺寸铣削内部镂空结构,于不加工镂空部位填入减震橡胶,保图纸尺寸,表面粗糙度小于6.3;以轮廓铣方式按尺寸铣削骨架轮廓外形,保图纸尺寸;按照基准面A165以形面铣方式精铣形面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

[0017] c.更换角度固定板,使工装基准定位到基准面A267,以形面铣方式精铣型面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm

[0018] d.翻面,将骨架安装在专用工装上,按照装夹底板1上的标识固定骨架卡头,基准面B166面朝上,找正;按照基准面B166以形面铣方式精铣形面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

[0019] e.更换角度固定板,使工装基准定位到基准面B268,以形面铣方式精铣型面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

[0020] 6)、找正对称中心线;按照尺寸钻底孔,保图纸尺寸;

[0021] 7)、攻丝通孔;

[0022] 8)、与配重块配磨,要求过盈配合;

[0023] 9)、刻字,检验,包装,运输。

[0024] 所述零件具有以下一种或多种特征:

[0025] ①零件的相邻特征空间形面角度在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之间,机床基础坐标系同一象限平面内的累计相邻特征空间型面夹角之和不大于 15° ;

[0026] ②零件最小壁厚在 $1 \sim 2\text{mm}$ 之间;

[0027] ③零件特征结构具有闭环型轮廓下陷,或在加工过程中会产生加工阴角的无法进行直接清根处理的零件;

[0028] ④要求表面粗糙度达到 $Ra \leq 3.2\mu\text{m}$;

[0029] ⑤零件的镂空结构投影面积之和占总表面积的比例在 $50\% \sim 80\%$ 之间。

[0030] 所述零件由TC6钛合金制备而成。

[0031] 作为优选的技术方案:

[0032] 所述专用工装由装夹底板1、固定底板2、角度固定板3、旋转轴4、旋转轴固定座5组成,其中:

[0033] 装夹底板1位于固定底板2之上,且装夹底板1上设有待加工工件定位销孔11;装夹底板1侧壁上设有装夹底板固定销孔33,固定底板2侧壁上设有固定底板定位销孔34,角度

固定板3通过定位销31固定在装夹底板固定销孔33和固定底板定位销孔34之间；

[0034] 旋转轴固定座5垂直于安装平面的侧壁上设有通孔,旋转轴固定座5由上固定座51和下固定座52组成,上固定座51设置在装夹底板1下表面,下固定座52设置在固定底板2上表面;旋转轴4一侧设有端头,另一侧设有用于安装止脱插杆41的安装孔42。

[0035] 旋转轴固定座5安装在机床装夹平台的中心位置,旋转轴固定座5的侧边均与装夹底板1平行,其平行度小于 $10\mu\text{m}$;且两组互相垂直的边距离装夹平台的平行边的长度相等,误差范围小于1mm。

[0036] 所述三轴数控线性机床配有恒温冷水机和板式换热器,用于对三轴数控线性机床的切削冷却液进行低温冷却,保证切削液的温度恒定在 $10\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

[0037] 在三轴数控线性机床的切削液喷嘴处加装增压装置,令加工切削液以高压射流的形式进入到刀具切削位置。

[0038] 本发明的有益效果为:

[0039] 1、本发明通过专用工装的设计,从根本上解决了普通三轴数控线性机床难以对空间多维型面结构件加工的难题。且通过工艺设计和工装定位,在CAM软件中将零件的基准坐标转移到定制工装上,也实现了通过一次基准定位,高效完成整个零件的通序加工过程,解决了加工基准归一化的问题。

[0040] 2、五轴机床由于设备结构原因,在对本发明所述零件进行加工时,其主轴吃刀进深不足,而本发明所用的三轴机床采用了重力切削主轴,具有低转速、扭矩的特点,可以实现大吃刀量、大切削进给量的加工方式,虽然难以实现空间多面体的一次性成形加工,但通过设置相关加工参数,可以有效减少同一工序下的加工时间,降低了编程难度和程序代码数量。

[0041] 3、本发明所述方案能够保证达到五轴数控机床加工同样零件的尺寸精度,大幅降低了机床及其配套刀具的采购成本,另外,从人工成本和工时成本上看,三轴数控线性机床的经济性也是五轴数控机床无法比拟的。

[0042] 4、本发明解决了原有三轴机床加工同类产品时,往往需要多次定位,反复调整,更由于多次调整带来的误差累计难以保证整体精度的问题。

[0043] 5、本发明解决了当零件同时存在下陷结构时,传统的加工方式会产生加工阴角,刀具无法进入到需加工位置的问题。

[0044] 6、本发明所述方法特别适用于具有空间多面体结构的镂空薄壁TC6钛合金零件,可解决由于TC6钛合金以及具有空间多面体结构的镂空薄壁结构带来的加工困难,在大幅提高生产效率的同时,极大的降低了生产成本,提高了该类产品的市场经济效益。

附图说明

[0045] 图1待加工工件结构示意图。

[0046] 图2专用工装整体结构示意图。

[0047] 图3专用工装立体装配图一。

[0048] 图4专用工装立体装配图二。

[0049] 图5工装调整示意图。

[0050] 图6配有专用工装的三轴数控线性机床结构示意图。

[0051] 图7三轴数控线性机床与板式换热器、恒温水冷机连接关系示意图。

[0052] 附图标记:1、装夹底板,2、固定底板,3、角度固定板,4、旋转轴,5、旋转轴固定座,6、待加工工件,7、专用工装,8、三轴数控线性机床,11、待加工工件定位销孔,31、定位销,32、角度固定板固定销孔,33、装夹底板固定销孔,34、固定底板定位销孔,41、止脱插杆,42、安装孔,51、上固定座,52、下固定座,61、工件固定销孔,62、骨架定位夹头,63、骨架卡头,64、骨架中心线,65、基准面A1,66、基准面B1,67、基准面A2,68、基准面B2,69、加工面,100、三轴数控线性机床,101、板式换热器,102、恒温水冷机。

具体实施方式

[0053] 实施例

[0054] 如图1所示,为本发明所述具有多角度复合型面结构的镂空薄壁特征骨架类零件结构示意图,材质为TC6钛合金。

[0055] 如图2~5所示,为本发明所述专用工装整体结构示意图,所述专用工装由装夹底板1、固定底板2、角度固定板3、旋转轴4、旋转轴固定座5组成,其中:

[0056] 装夹底板1位于固定底板2之上,且装夹底板1上设有待加工工件定位销孔11;装夹底板1侧壁上设有装夹底板固定销孔33,固定底板2侧壁上设有固定底板定位销孔34,角度固定板3通过定位销31固定在装夹底板固定销孔33和固定底板定位销孔34之间;

[0057] 旋转轴固定座5垂直于安装平面的侧壁上设有通孔,旋转轴固定座5由上固定座51和下固定座52组成,上固定座51设置在装夹底板1下表面,下固定座52设置在固定底板2上表面;旋转轴4一侧设有端头,另一侧设有用于安装止脱插杆41的安装孔42,旋转轴4穿过旋转轴固定座5的通孔,并用止脱插杆41固定。

[0058] 旋转轴固定座5安装在机床装夹平台的中心位置,旋转轴固定座5的侧边均与装夹底板1平行,其平行度小于 $10\mu\text{m}$;且两组互相垂直的边距离装夹平台的平行边的长度相等,误差范围小于1mm。

[0059] 如图7所示,本发明通过增加恒温冷水机102配合板式换热器101对三轴数控线性机床100的切削冷却液进行低温冷却,保证切削液的温度恒定在 $10\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。并且在切削液喷嘴增加增压装置,令加工切削液以高压射流的形式进入到刀具切削位置,在保证冷却的同时清除加工碎屑,既避免了加工高温带来的刀具磨损,也避免了加工过程中的粘刀现象。

[0060] 某型号骨架结构相邻特征空间形面角度在 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 之间,机床基础坐标系同一象限平面内的累计相邻特征空间型面夹角之和不大于 15° ,且最小壁厚在1~2mm之间,其特征结构具有闭环型轮廓下陷,采用配有专用工装的三轴数控线性机床加工某型号骨架结构,具体过程如下:

[0061] 1)、对铸造钛合金骨架毛坯进行钳工打磨,去毛刺,去氧化皮,作表面喷砂处理,然后以形面铣方式粗铣基准面A1 65、基准面A2 67、基准面B1 66、基准面B2 68,留精铣加工余量2mm,各个面平面度在 $\pm 0.2\text{mm}$;

[0062] 2)、按照图纸找正并划出待加工工件骨架中心对称线一周及骨架卡头焊接位置;

[0063] 3)、将待加工工件骨架和骨架卡头待焊接处用丙酮清洗干净;找平对称中心线,按卡头位置线组对,点焊固定;用压板将待加工工件压实在专用工装平台上减小焊接变形,将各处焊缝焊完,待工件完全冷却后,拆除压板;

[0064] 4)、按照加工基准定位,钻定位销孔,要求定位销孔位置准确,与工装的定位销孔配合定位,延续至后续工序;找正中心对称线,按照加工基准定位,精铣骨架卡头,保证尺寸精度在 $\pm 0.1\text{mm}$,对称度 0.1mm ;

[0065] 5)、加工:

[0066] a)将骨架安装在专用工装上,基准面A1 65朝上,按照工装装夹底板上的标识固定骨架卡头,以工装中心坐标定位找正;

[0067] b)按尺寸铣削内部镂空结构,于不加工镂空部位填入减震橡胶以减轻振动,保图纸尺寸,表面粗糙度小于6.3;以轮廓铣方式按尺寸铣削骨架轮廓外形,保图纸尺寸;按照基准面A1 65以形面铣方式精铣形面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

[0068] c)更换角度固定板,使工装基准定位到基准面A2 67,以形面铣方式精铣型面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm

[0069] d)翻面,将骨架安装在专用工装上,按照装夹底板上的标识固定骨架卡头,基准面B1 66面朝上,找正;按照基准面B1 66以形面铣方式精铣形面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

[0070] e)更换角度固定板,使工装基准定位到基准面B2 68,以形面铣方式精铣型面,保图纸尺寸,保平面度 0.1mm 及对称度 0.1mm ;

[0071] 6)、找正对称中心线;按照尺寸钻底孔,保图纸尺寸;

[0072] 7)、攻丝通孔;

[0073] 8)、与配重块配磨,要求过盈配合;

[0074] 9)、刻字,检验,包装,运输。

[0075] 对比例

[0076] 表1展示了在加工图1所示TC6钛合金骨架结构时,三轴机床和五轴机床在加工工艺参数上的对比,所有机床均采用同一类型的合金材料刀具。

[0077] 表1三轴机床和五轴机床加工参数

| 机床类型 | 工序 | 刀具材料 | 主轴转速 | 轴向切深 | 铣削速度 | 通序工时 |
|------|----|------|------|--------|-----------|------|
| 三轴 | 粗铣 | 硬质合金 | 500 | 2mm | F800-1200 | 1.2 |
| | 精铣 | 硬质合金 | 500 | 0.1mm | F500-800 | 1.7 |
| 五轴 | 粗铣 | 硬质合金 | 500 | 0.25mm | F800-1200 | 9.6 |
| | 精铣 | 硬质合金 | 500 | 0.1mm | F500-800 | 1.7 |

[0079] 通过横向对比可以看出,在针对某型号TC6钛合金骨架进行加工时,与五轴数控机床对比,在加工效率上本发明采用三轴机床配合专用工装可以提高生产效率3倍以上。

[0080] 本发明未尽事宜为公知技术。

[0081] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

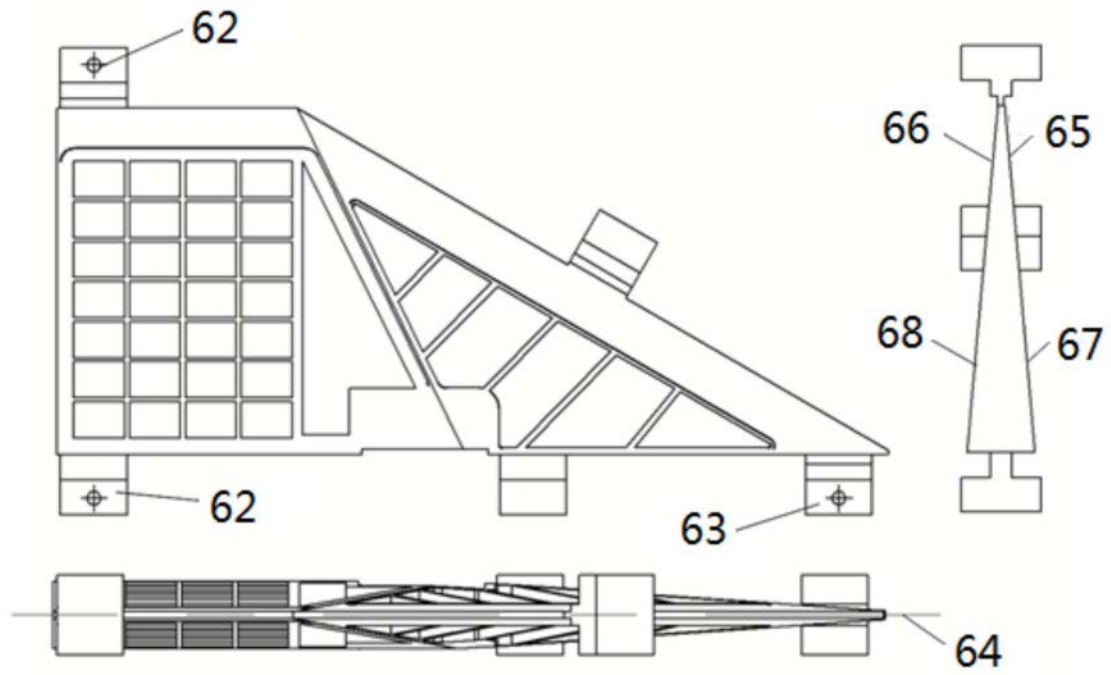


图1

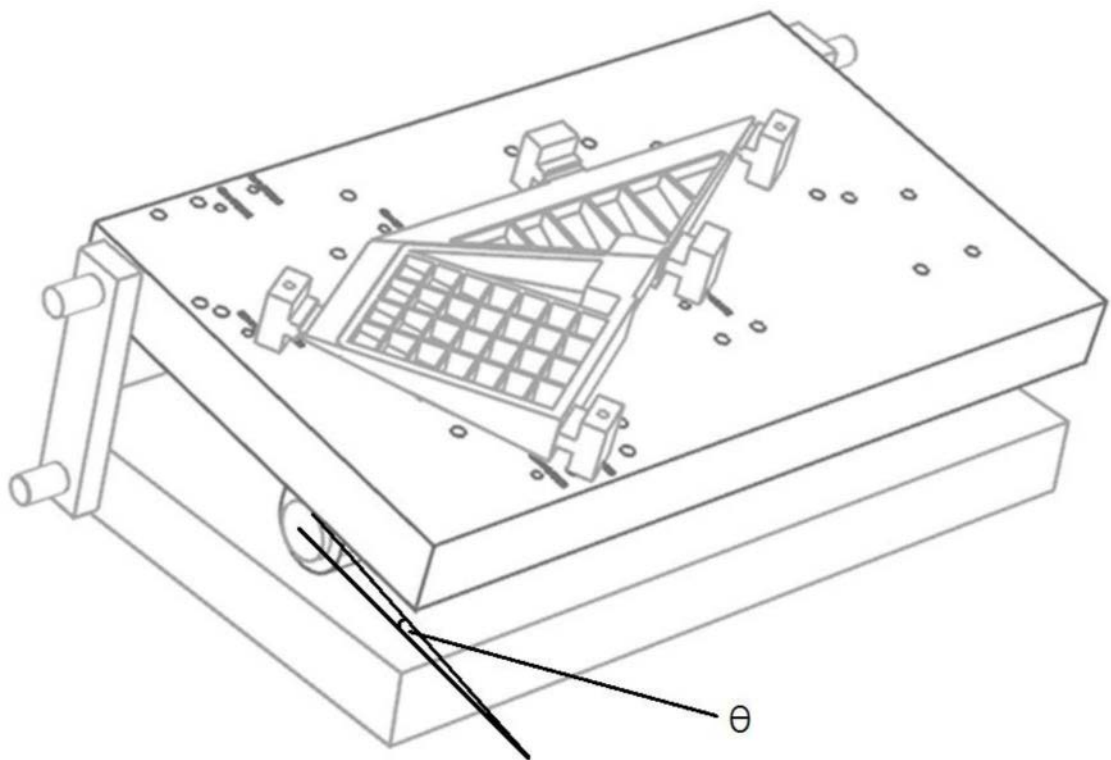


图2

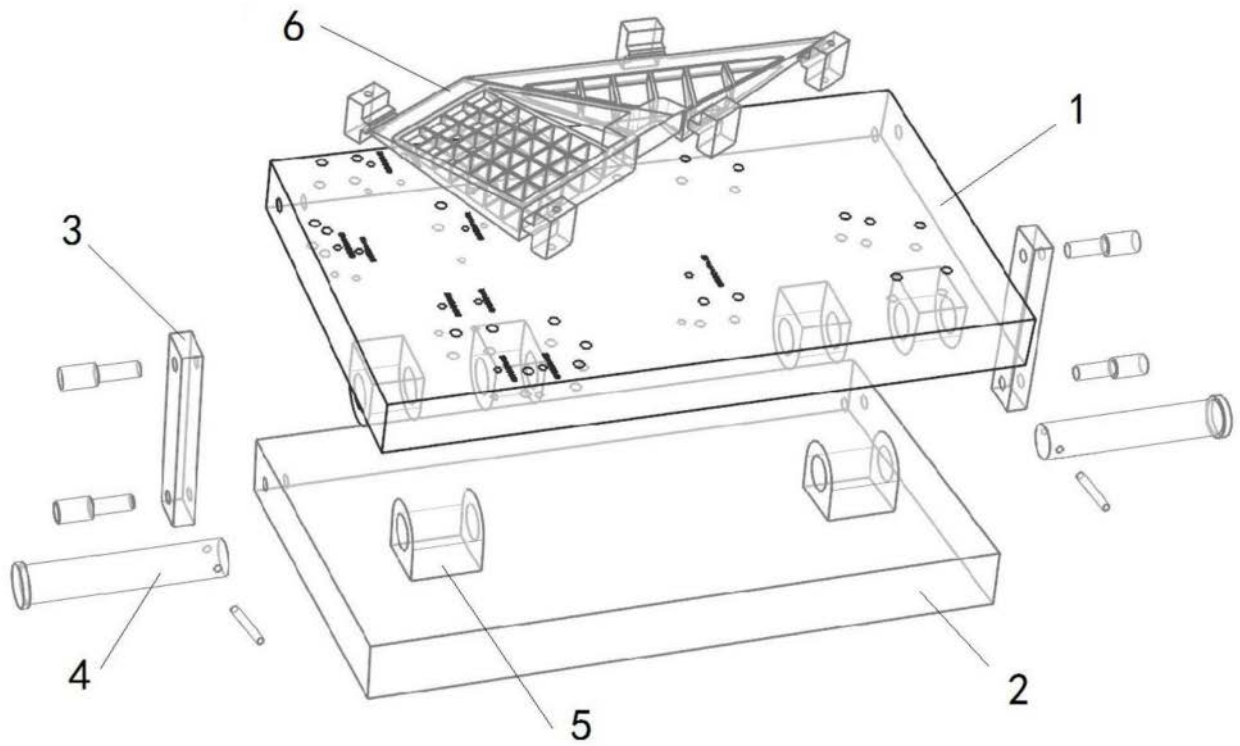


图3

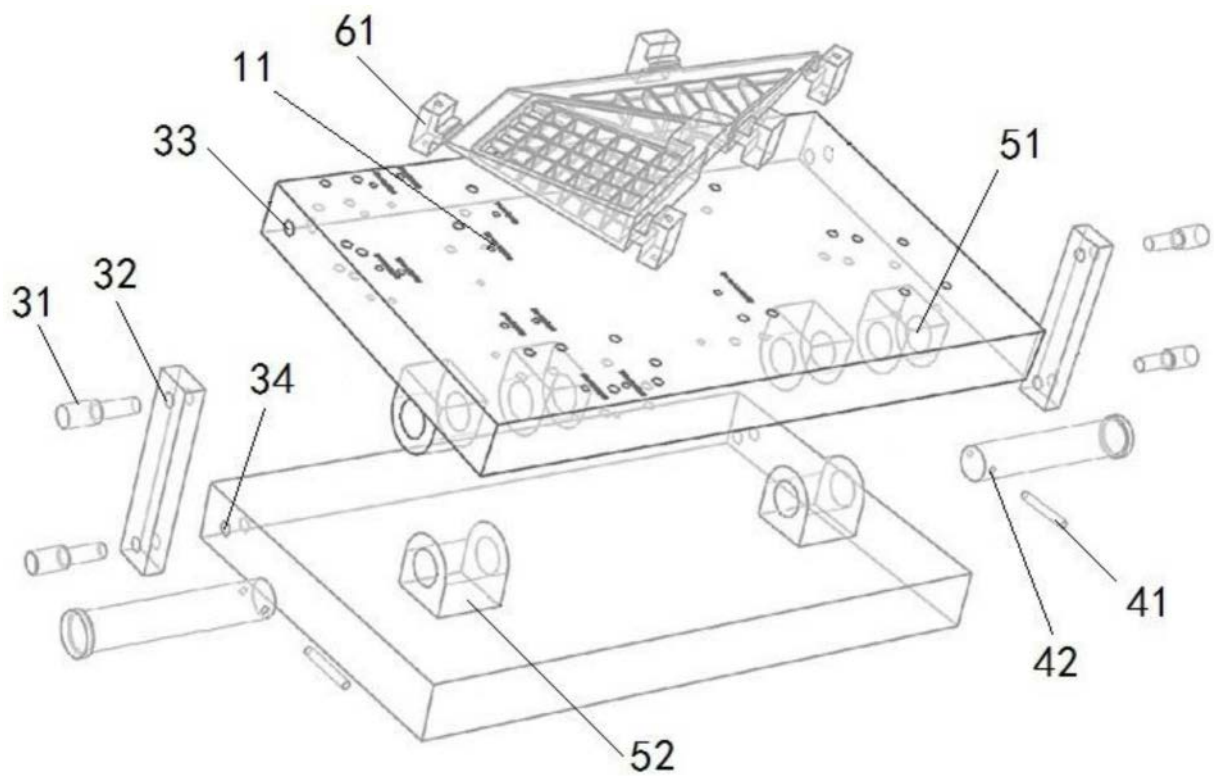


图4

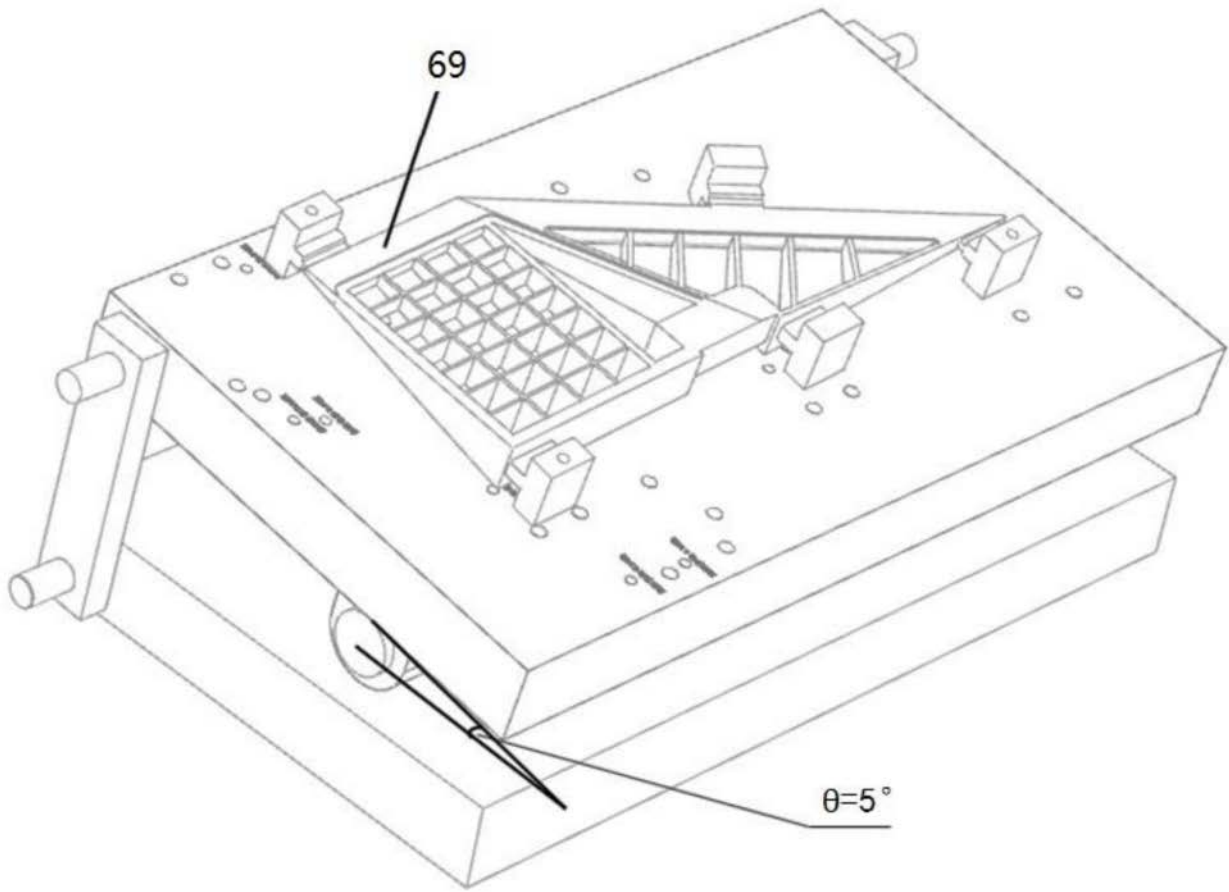


图5

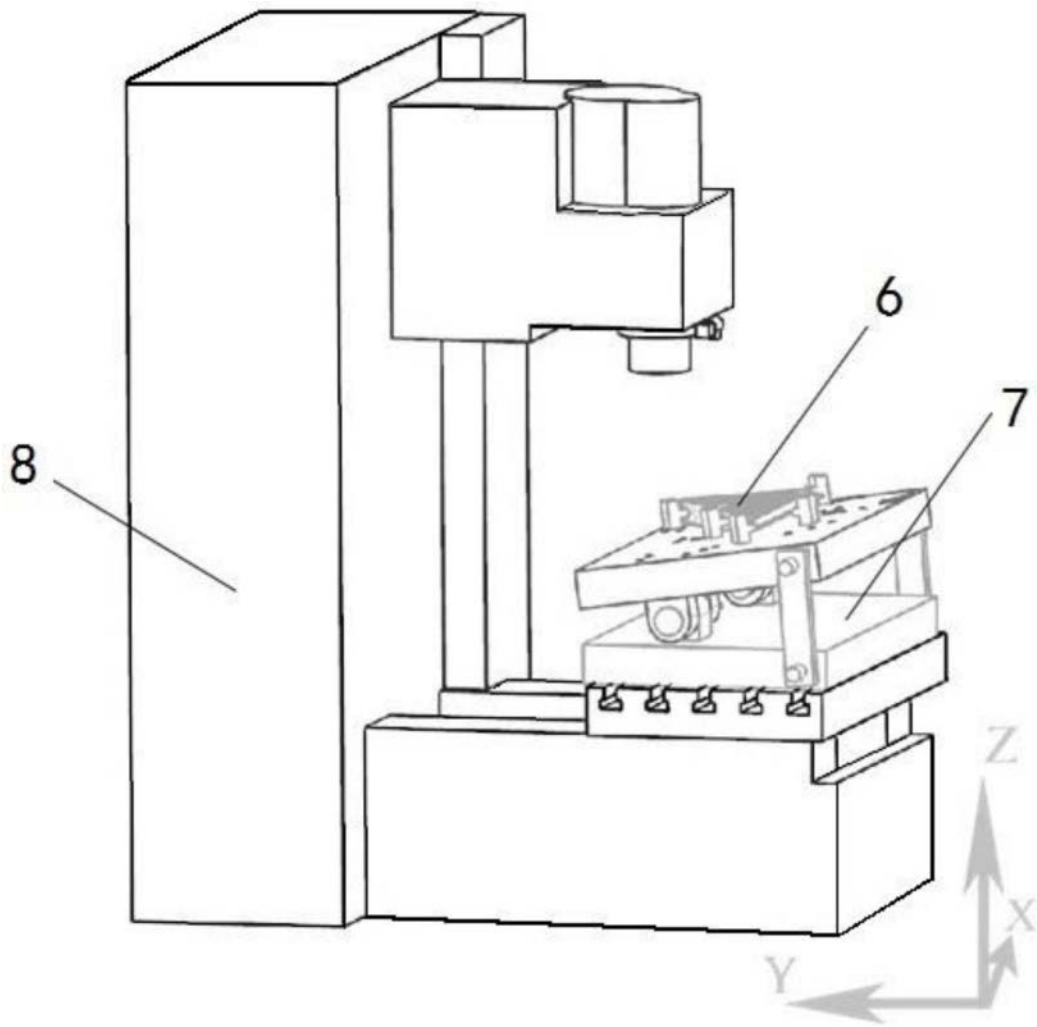


图6

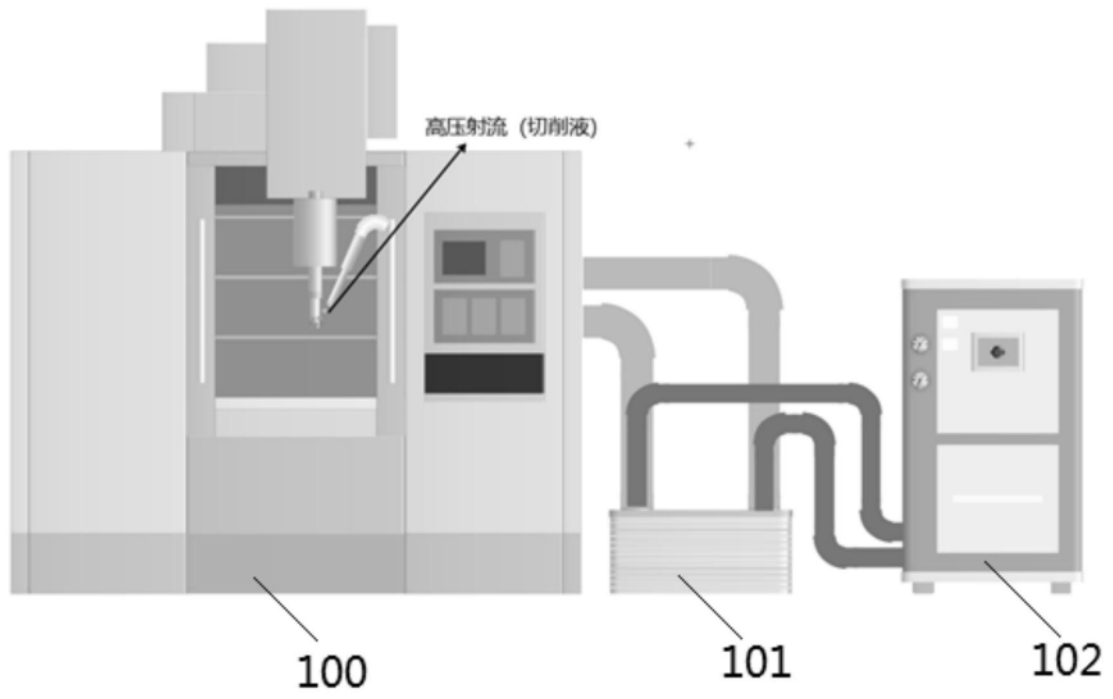


图7