



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103722399 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201310676828. 4

(22) 申请日 2013. 12. 12

(71) 申请人 西安航天动力机械厂

地址 710025 陕西省西安市田王街特字一号
14 号

(72) 发明人 田珍珠 陈文会 刘琦 曲中兴
郭建明 杨朝亮 胡世民 李俊峰
王常建 孟纪东 侯建中 袁伟
张锦峰 侯玮 赵志明 张英
岳彩荣 闫飞宇 袁牧 詹西刚
史宝丽 张海峰

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 慕安荣

(51) Int. Cl.

B23Q 3/00 (2006. 01)

B23Q 1/76 (2006. 01)

B23C 3/00 (2006. 01)

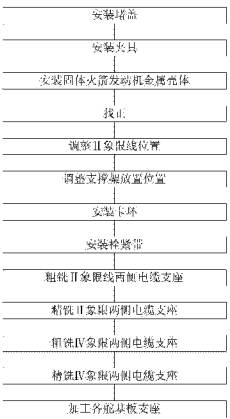
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

加工金属壳体上外部件时的装夹方法

(57) 摘要

一种加工金属壳体上外部件时的装夹方法，通过在金属壳体的加工中使用支撑架，并通过栓紧带将支撑架与金属壳体连接为一体，提高工艺系统的刚度。所使用的带有橡胶内衬的卡环，能够在不同方位抱紧金属壳体，增大工艺系统的阻尼。由于采取的上述技术方案，在加工金属壳体外部件时，颤振现象明显减弱，切削参数得以提高，加工过程中刀具刀尖崩碎现象大幅度降低，在大幅度提高生产效率的同时降低了生产成本。



1. 一种加工金属壳体上外部件时的装夹方法,其特征在于,具体步骤为:

步骤 1, 安装堵盖:在金属壳体前接头处安装前堵盖,在金属壳体后接头处安装后堵盖;

步骤 2, 安装夹具:所述夹具包括机床回转台、四爪卡盘和 3 个支撑架;在机床工作台两端分别安装机床回转台与带四爪卡盘的尾座;在机床回转台与尾座之间放置 3 个支撑架,并使所述机床回转台、尾座和 3 个支撑架同心;

步骤 3, 安装金属壳体;安装时,所述机床回转台的四爪卡盘夹持前堵盖装夹圆柱;尾座的四爪卡盘夹持后堵盖外圆表面;

步骤 4, 找正:找正金属壳体前裙外圆和后裙外圆及端面;

步骤 5, 调整 II 象限线位置:转动金属壳体,使金属壳体上的 II 象限线位于最高点;

步骤 6, 调整支撑架放置位置;使所述的支撑架与电缆支座和舵基板支座之间无干涉;支撑架的底板固定在机床的工作台上;

步骤 7, 安装卡环;所述卡环有 3 个,分布在金属壳体的两端及中部,并且各卡环与电缆支座和舵基板支座之间无干涉;

步骤 8, 安装栓紧带;将 3 条栓紧带穿入支撑架面板两端表面环内,通过所述栓紧带将金属壳体与支撑架箍紧;

步骤 9, 粗铣 II 象限线两侧电缆支座;采用常规铣加工方法粗铣电缆支座上表面,并留余量 0.5mm 以待精加工;粗铣时,机床主轴转速为 800r/min,每刀吃刀量为 0.5mm,每转进给量为 0.3mm/r,得到粗铣 II 象限线两侧后的电缆支座;

步骤 10, 精铣 II 象限两侧电缆支座;采用常规铣加工方法精铣电缆支座上表面,以满足设计图纸的尺寸要求及表面粗糙度要求;精铣时,机床主轴转速为 1500r/min,每刀吃刀量为 0.25mm,每转进给量为 0.2mm/r,得到精铣 II 象限两侧电缆支座;

步骤 11, 粗铣 IV 象限两侧电缆支座;

松开所述支撑架上的顶块,并松开 3 条栓紧带,将所述金属壳体旋转 180°;使 IV 象限线处于最高点;重新固紧所述支撑架上的顶块,并箍紧各栓紧带;采用常规铣加工方法粗铣电缆支座上表面,并留余量 0.5mm;粗铣时,机床主轴转速为 800r/min,每刀吃刀量为 0.5mm,每转进给量为 0.3mm/r,得到粗铣 IV 象限线两侧后的电缆支座;

步骤 12, 精铣 IV 象限两侧电缆支座;

采用常规铣加工方法精铣电缆支座上表面,以满足设计图纸的尺寸要求及表面粗糙度要求;精铣时,机床主轴转速为 1500r/min,每刀吃刀量为 0.25mm,每转进给量为 0.2mm/r,得到精铣 IV 象限两侧电缆支座;

步骤 13, 加工各舵基板支座;

松开所述支撑架上的顶块和栓紧带,将所述金属壳体顺时针旋转 45°;使与 IV 象限相邻的 III 象限的角平分线处于最高点;采用常规的铣加工方法加工位于该 III 象限内的舵基板支座;加工时,机床主轴转速为 1000r/min,每刀吃刀量为 0.3mm,每转进给量为 0.15mm/r,完成该 III 象限内的舵基板支座的加工;将所述金属壳体继续顺时针旋转 90°,使相邻的 II 象限的角平分线处于最高点,采用常规的铣加工方法加工位于该 II 象限内的舵基板支座;重复所述顺时针旋转 90°和采用常规的铣加工方法加工位于各象限内的舵基板支座的过

所有舵基板支座时,机床切削参数相同。

2. 如权利要求 1 所述加工金属壳体上外部件时的装夹方法,其特征在于,所述的前堵盖的一个表面有轴向突出的装夹圆柱,在前堵盖边缘均布有与金属壳体前接头连接的通孔;在该前堵盖的另一个表面有轴向突出的凸台,该凸台的外径与所配合的金属壳体前接头处的内径相同,用于所述前堵盖与金属壳体前接头内孔之间的定位。

3. 如权利要求 1 所述加工金属壳体上外部件时的装夹方法,其特征在于,所述后堵盖的一个表面有轴向突出的套筒,该套筒的外径与所配合的金属壳体后接头处的内径相同,用于所述后堵盖与金属壳体后接头内孔之间的定位;在后堵盖边缘均布有与金属壳体后接头连接的通孔。

4. 如权利要求 1 所述加工金属壳体上外部件时的装夹方法,其特征在于,各支撑架均包括底板、支撑板、顶块和面板;底板与机床工作台固定连接,支撑板位于底板和面板之间;所述面板为与金属壳体的曲率相同的半圆弧面;在该面板半圆弧面的两端表面焊接有用于安装栓紧带的环;在凹弧面的上表面,通过螺栓安装有多个顶块,该顶块的上表面为与金属壳体表面相配合的弧面,在该顶块的下表面有安装螺栓的盲孔。

5. 如权利要求 1 所述加工金属壳体上外部件时的装夹方法,其特征在于,所述卡环由两个半环组成;所述两个半环的一端相互铰接,两个半环的另一端通过活结螺栓连接;在各半环的内表面粘接有橡胶垫。

加工金属壳体上外部件时的装夹方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机械加工领域，具体是一种加工金属壳体外部件时的装夹方法。

背景技术

[0002] 某装置中的金属壳体结构复杂，壳体表面分布着数量众多、形状各异的电缆支座、舵基板支座等外部件。外部件相关尺寸多为与总体装配接口尺寸，且尺寸及形位精度要求高。目前在制的大部分固体火箭发动机外部件接口尺寸由外部件焊接时保证。外部件焊接完毕后与壳体整体进行热处理，外部件本身不再进行机械加工。壳体焊接外部件之后再对外部件进行加工的情况十分少见。且壳体焊接、热处理后易产生变形，电缆支座焊接于筒体后再进行加工，因整体刚性差，易发生振颤，致使整个外部件加工时的不确定性及加工难度大大增加。

[0003] 传统的壳体外部件加工首先安装机床装夹工装，机床前后四爪通过装夹工装与壳体实现装夹，然后找正壳体，对找正后的壳体外部件表面进行铣削加工。整个加工虽然流程简单，但壳体只有两头夹持于机床上，大部分处于悬空状态，壳体整体刚性极差，对焊接在其上的外部件表面进行铣削加工时，刀具与工件之间产生强烈的相对振动，在外部件的加工表面上残留有明显的、有规律的振纹，电缆支座上表面的表面粗糙度要求难以保证，往往需要后续工序再对其表面打磨抛光。加工中产生颤振，限制了切削用量的进一步提高。同时，极易使刀尖刀刃崩碎，对于韧性差的刀具如硬质合金刀具尤为明显。实际加工过程中，为了尽量避免刀尖刀刃崩碎，通常机床主轴转速和每刀吃刀量不得不控制在 200r/min，0.2mm 的较低水平上，致使单台壳体完成外部件加工耗时较长，在一天 12 小时工作制的情况下，通常需要 5 天以上时间，严重影响生产效率。且加工中的振颤对机床、夹具等也不利。振颤易使机床、夹具等的零件连接部分松动，间隙增大，刚度和精度降低，并缩短了夹具使用寿命。

发明内容

[0004] 为克服现有技术中存在的生产效率低、加工刚度和精度低，并缩短了夹具使用寿命的不足，本发明提出了一种加工金属壳体上外部件时的装夹方法。

[0005] 本发明的具体步骤为：

[0006] 步骤 1，安装堵盖。在金属壳体前接头处安装前堵盖，在金属壳体后接头处安装后堵盖。

[0007] 步骤 2，安装夹具。所述夹具包括机床回转台、四爪卡盘和 3 个支撑架。在机床工作台两端分别安装机床回转台与带四爪卡盘的尾座。在机床回转台与尾座之间放置 3 个支撑架，并使所述机床回转台、尾座和 3 个支撑架同心。

[0008] 步骤 3，安装金属壳体。安装时，所述机床回转台的四爪卡盘夹持前堵盖装夹圆柱。尾座的四爪卡盘夹持后堵盖外圆表面。

[0009] 步骤 4，找正。找正金属壳体前裙外圆和后裙外圆及端面。

[0010] 步骤5,调整Ⅱ象限线位置。转动金属壳体,使金属壳体上的Ⅱ象限线位于最高点。

[0011] 步骤6,调整支撑架放置位置。使所述的支撑架与电缆支座和舵基板支座之间无干涉。支撑架的底板固定在机床的工作台上。

[0012] 步骤7,安装卡环。所述卡环有3个,分布在金属壳体的两端及中部,并且各卡环与电缆支座和舵基板支座之间无干涉。

[0013] 步骤8,安装栓紧带。将3条栓紧带穿入支撑架面板两端表面环内,通过所述栓紧带将金属壳体与支撑架箍紧。

[0014] 步骤9,粗铣Ⅱ象限线两侧电缆支座3。采用常规铣加工方法粗铣电缆支座上表面,并留余量0.5mm以待精加工。粗铣时,机床主轴转速为800r/min,每刀吃刀量为0.5mm,每转进给量为0.3mm/r,得到粗铣Ⅱ象限线两侧后的电缆支座。

[0015] 步骤10,精铣Ⅱ象限两侧电缆支座。采用常规铣加工方法精铣电缆支座上表面,以满足设计图纸的尺寸要求及表面粗糙度要求。精铣时,机床主轴转速为1500r/min,每刀吃刀量为0.25mm,每转进给量为0.2mm/r,得到精铣Ⅱ象限两侧电缆支座。

[0016] 步骤11,粗铣Ⅳ象限两侧电缆支座。

[0017] 松开所述支撑架上的顶块,并松开3条栓紧带,将所述金属壳体旋转180°。使Ⅳ象限线处于最高点。重新固紧所述支撑架上的顶块,并箍紧各栓紧带。采用常规铣加工方法粗铣电缆支座上表面,并留余量0.5mm。粗铣时,机床主轴转速为800r/min,每刀吃刀量为0.5mm,每转进给量为0.3mm/r,得到粗铣Ⅳ象限线两侧后的电缆支座。

[0018] 步骤12,精铣Ⅳ象限两侧电缆支座。

[0019] 采用常规铣加工方法精铣电缆支座上表面,以满足设计图纸的尺寸要求及表面粗糙度要求。精铣时,机床主轴转速为1500r/min,每刀吃刀量为0.25mm,每转进给量为0.2mm/r,得到精铣Ⅳ象限两侧电缆支座。

[0020] 步骤13,加工各舵基板支座。

[0021] 松开所述支撑架上的顶块和栓紧带,将所述金属壳体顺时针旋转45°。使与Ⅳ象限相邻的Ⅲ象限的角平分线处于最高点。采用常规的铣加工方法加工位于该Ⅲ象限内的舵基板支座。加工时,机床主轴转速为1000r/min,每刀吃刀量为0.3mm,每转进给量为0.15mm/r,完成该Ⅲ象限内的舵基板支座的加工。将所述金属壳体继续顺时针旋转90°,使相邻的Ⅱ象限的角平分线处于最高点,采用常规的铣加工方法加工位于该Ⅱ象限内的舵基板支座。重复所述顺时针旋转90°和采用常规的铣加工方法加工位于各象限内的舵基板支座的过程,直至完成分别位于Ⅰ象限~Ⅳ象限内所有舵基板支座的加工。加工Ⅰ象限~Ⅳ象限内所有舵基板支座时,机床切削参数相同。

[0022] 所述前堵盖的一个表面有轴向突出的装夹圆柱,在前堵盖边缘均布有与金属壳体前接头连接的通孔。在该前堵盖的另一个表面有轴向突出的凸台,该凸台的外径与所配合的金属壳体前接头处的内径相同,用于所述前堵盖与金属壳体前接头内孔之间的定位。

[0023] 所述后堵盖的一个表面有轴向突出的套筒,该套筒的外径与所配合的金属壳体后接头处的内径相同,用于所述后堵盖与金属壳体后接头内孔之间的定位。在后堵盖边缘均布有与金属壳体后接头连接的通孔。

[0024] 所述各支撑架均包括底板、支撑板、顶块和面板。底板与机床工作台固定连接,支撑板位于底板和面板之间。所述面板为与金属壳体的曲率相同的半圆弧面;在该面板半圆

弧面的两端表面焊接有用于安装栓紧带的环。在凹弧面的上表面,通过螺栓安装有多个顶块,该顶块的上表面为与金属壳体表面相配合的弧面,在该顶块的下表面有安装螺栓的盲孔。

[0025] 所述卡环由两个半环组成。所述两个半环的一端相互铰接,两个半环的另一端通过活结螺栓连接。在各半环的内表面粘接有厚度为 2mm 的橡胶垫。

[0026] 本发明通过在金属壳体的加工中使用支撑架,并通过栓紧带将支撑架与金属壳体连接为一体,提高工艺系统的刚度。所使用的带有橡胶内衬的卡环,能够在不同方位抱紧金属壳体,增大工艺系统的阻尼。由于采取的上述技术方案,在加工金属壳体外部件时,颤振现象明显减弱,切削参数得以提高,加工过程中刀具刀尖崩碎现象大幅度降低,在大幅度提高生产效率的同时降低了生产成本,克服了现有技术中存在的金属壳体外部件加工方法落后,外部件表面加工过程中工艺系统刚性较差,颤振现象明显,限制了切削参数的进一步提高,加工周期较长,难以满足产品批生产的进度要求的缺陷。

附图说明

[0027] 图 1 为金属壳体外部件的分布示意图:

[0028] 图 2 为前堵盖的结构示意图:其中图 2a 是主视图,图 2b 是图 2a 的 A-A 视图。

[0029] 图 3 为后堵盖的结构示意图:其中图 3a 是主视图,图 3b 是图 3a 的 B-B 视图。

[0030] 图 4 为支撑架的安装位置示意图:

[0031] 图 5 为支撑架的结构示意图:其中图 5a 是主视图,图 5b 是支撑架的侧视图。

[0032] 图 6 为卡环结构示意图:其中图 6a 是主视图,图 6b 是图 6a 的侧视图。

[0033] 图 7 为加工时工装装夹位置的示意图。

[0034] 图 8 为本发明的流程图。图中:

[0035] 1. 壳体;2. 电缆支座;3. 舵基板支座;4. 尾座;5. 四爪卡盘;6. 工作台;7. 支撑架;8. 机床回转台;9. 底板;10. 支撑板;11. 面板;12. 顶块;13. 卡环;14. 栓紧带。

具体实施方式

[0036] 本实施例是某型金属壳体上外部件的加工方法。所述金属壳体上外部件包括电缆支座和舵基板支座。

[0037] 所述金属壳体材料为 30CrMnSiA,总长 3813mm、壁厚 4mm、筒段外径 $\Phi 750\text{mm}$ 。

[0038] 所述电缆支座有 52 个,沿所述金属壳体 1 的轴向分布在该金属壳体外表面的 II 象限线和 IV 象限线的两侧。分别位于所述金属壳体两端的两个电缆支座 2 之间的距离 1 为 3500mm。各电缆支座上表面留机加余量 5mm。

[0039] 所述的舵基板支座 3 有 24 个,沿所述金属壳体的周向分布在该金属壳体一端外表面的 I 象限~IV 象限角平分线的两侧。各舵基板支座上表面留机加余量 3mm。

[0040] 外部件的加工在龙门镗铣加工中心 XH2420C 上完成。

[0041] 本实施例的具体步骤为:

[0042] 步骤 1,安装堵盖。在金属壳体前接头处安装前堵盖,在金属壳体后接头处安装后堵盖。

[0043] 所述的前堵盖为圆盘状,该前堵盖的一个表面有轴向突出的装夹圆柱,在前堵盖

边缘均布有与金属壳体前接头连接的通孔。在该前堵盖的另一个表面有轴向突出的凸台,该凸台的外径与所配合的金属壳体前接头处的内径相同,用于所述前堵盖与金属壳体前接头内孔之间的定位。

[0044] 所述后堵盖亦为中空圆盘状,在该后堵盖的一个表面有轴向突出的套筒,该套筒的外径与所配合的金属壳体后接头处的内径相同,用于所述后堵盖与金属壳体后接头内孔之间的定位。在后堵盖边缘均布有与金属壳体后接头连接的通孔。

[0045] 步骤2,安装夹具。所述夹具包括机床回转台8、四爪卡盘5和支撑架7。在机床工作台6两端分别安装机床回转台8与带四爪卡盘5的尾座4,所述尾座采用车床用的尾座。在机床回转台8与尾座之间放置3个支撑架7,并使所述机床回转台、尾座,以及3个支撑架7同心。

[0046] 步骤3,安装焊接外部件的发动机壳体。安装时,所述机床回转台的四爪卡盘夹持前堵盖装夹圆柱。尾座的四爪卡盘夹持后堵盖外圆表面。壳体通过前堵盖和后堵盖与机床的装夹,避免了壳体自身结构零件与机床的直接接触,防止了装夹过程中对壳体自身结构零件的夹伤。

[0047] 步骤4,找正壳体前裙外圆和后裙外圆及端面。

[0048] 步骤5,转动壳体1,使壳体上的Ⅱ象限线位于最高点。

[0049] 步骤6,调整支撑架放置位置。使所述的支撑架7与电缆支座2和舵基板支座3之间无干涉。支撑架的底板9固定在机床的工作台6上。

[0050] 所述支撑架的结构相同。各支撑架均包括底板9、支撑板10、顶块12和面板11。底板用于与机床工作台固定连接,支撑板位于底板和面板之间,以支撑面板。所述面板为半圆弧面,该凹弧面的曲率与壳体的曲率相同;在该面板半圆弧面的两端表面焊接有用于安装拴紧带的环。在凹弧面的上表面,通过螺栓安装有多个顶块,该顶块的上表面为与壳体表面相配合的弧面,在该顶块的下表面有安装螺栓的盲孔。使用时,将壳体安放在多个顶块的上表面,并通过调节各螺栓,使所述各顶块的上表面与壳体的外表面贴紧。本实施例中,每个支撑架上有8个顶块。

[0051] 步骤7,安装卡环13。所述卡环有3个,分布在金属壳体的两端及中部,并且各卡环与电缆支座和舵基板支座之间无干涉。本实施例中,第一个卡环中心距壳体后裙端面 $a=850\text{mm}$,第二个卡环与第一个卡环的距离和第三个卡环与第二个卡环的距离也均为 $a=850\text{mm}$ 。

[0052] 所述卡环由两个半环组成。所述两个半环的一端相互铰接,两个半环的另一端通过活结螺栓连接。在各半环的内表面粘接有厚度为2mm的橡胶垫。橡胶垫在卡环抱紧壳体时对壳体起保护作用,同时也增大了系统摩擦阻尼,消散了振动能量。

[0053] 步骤8,安装拴紧带14。将3条拴紧带穿入支撑架面板两端表面环内,通过所述拴紧带将壳体与支撑架箍紧。

[0054] 步骤9,粗铣Ⅱ象限线两侧电缆支座3。按照图纸,采用常规铣加工方法粗铣电缆支座上表面,并留余量0.5mm以待精加工。粗铣时,机床主轴转速为800r/min,每刀吃刀量为0.5mm,每转进给量为0.3mm/r,得到粗铣Ⅱ象限线两侧后的电缆支座。本实施例中,粗铣Ⅱ象限线两侧电缆支座所用时间为4.4h。

[0055] 步骤10,精铣Ⅱ象限两侧电缆支座。采用常规铣加工方法精铣电缆支座上表面,以

满足设计图纸的尺寸要求及表面粗糙度要求。精铣时,机床主轴转速为 1500r/min,每刀吃刀量为 0.25mm,每转进给量为 0.2mm/r,得到精铣 II 象限两侧电缆支座。本实施例中,精铣 II 象限线两侧电缆支座所用时间为 0.8h。

[0056] 步骤 11,粗铣IV象限两侧电缆支座。

[0057] 松开所述支撑架上的顶块,并松开 3 条栓紧带,将所述壳体旋转 180°。使IV象限线处于最高点。重新固紧所述支撑架上的顶块,并箍紧各栓紧带。采用常规铣加工方法粗铣电缆支座上表面,并留余量 0.5mm。粗铣时,机床主轴转速为 800r/min,每刀吃刀量为 0.5mm,每转进给量为 0.3mm/r,得到粗铣IV象限线两侧后的电缆支座。

[0058] 本实施例中,粗铣IV象限线两侧电缆支座所用时间为 4.4h。

[0059] 步骤 12,精铣IV象限两侧电缆支座。

[0060] 采用常规铣加工方法精铣电缆支座上表面,以满足设计图纸的尺寸要求及表面粗糙度要求。精铣时,机床主轴转速为 1500r/min,每刀吃刀量为 0.25mm,每转进给量为 0.2mm/r,得到精铣IV象限两侧电缆支座。本实施例中,精铣IV象限线两侧电缆支座所用时间为 0.8h。

[0061] 步骤 13,加工各舵基板支座。

[0062] 松开所述支撑架上的顶块,并松开 3 条栓紧带,将所述壳体顺时针旋转 45°。使与IV象限相邻的III象限的角平分线处于最高点。采用常规的铣加工方法加工位于该III象限内的舵基板支座。加工时,机床主轴转速为 1000r/min,每刀吃刀量为 0.3mm,每转进给量为 0.15mm/r,完成该III象限内的舵基板支座的加工。将所述壳体继续顺时针旋转 90°。使相邻的II象限的角平分线处于最高点,采用常规的铣加工方法加工位于该II象限内的舵基板支座。重复所述顺时针旋转 90°和采用常规的铣加工方法加工位于各象限内的舵基板支座的加工过程,直至完成分别位于I象限~IV象限内所有舵基板支座的加工。加工I象限~IV象限内所有舵基板支座时,机床切削参数相同。本实施例中,加工各象限内舵基板支座的时间均为 0.1h。

[0063] 经检验,本实施例加工的金属壳体质量满足图纸要求。实际加工所使用刀片数量降为以前的 1/5,加工效率提高 4 倍以上。本实施例与传统方法外部件加工振颤情况、切削参数、加工工时、刀具消耗的对比情况具体见表 1。

[0064] 表 1

[0065]

切 削 参 数		现有技术	本发明	比 较
	主轴转速 n (r/min)	600	粗: 800 精: 1500	粗: $\uparrow 33.3\%$ 精: $\uparrow 150\%$
	每刀吃刀量 H (mm)	0.2	粗: 0.5 精: 0.25	粗: $\uparrow 150\%$ 精: $\uparrow 25\%$
	每转进给量 f (r/mm)	0.15	粗: 0.3 精: 0.2	粗: $\uparrow 100\%$ 精: $\uparrow 33.3\%$
加 工 工 时	工装准备 (h)	5	6.5	$\uparrow 30\%$
	实际加工(h)	65	10.8	$\downarrow 83.4\%$
	总工时(h)	70	17.3	$\downarrow 75.3\%$
平 均 刀 具 刀 尖 崩 碎 数	11/10=1.1 片/台 (样本为 011—020 台 壳体)	2/10=0.2 片 /台 (样 本 为 031 — 040 台壳体)	$\downarrow 81.8\%$	
加 工 颤 振 现 象	剧烈	轻微	加工时振颤现象明显减弱, 加工后外部件表面颤纹细微, 满足粗糙度要求, 无需后续工序打磨抛光。	

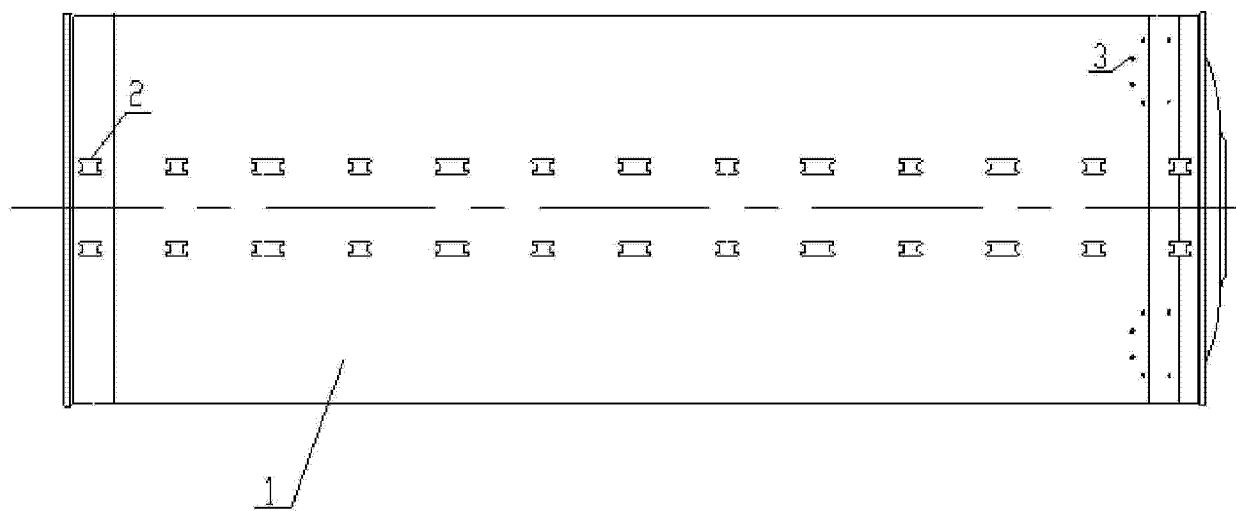


图 1

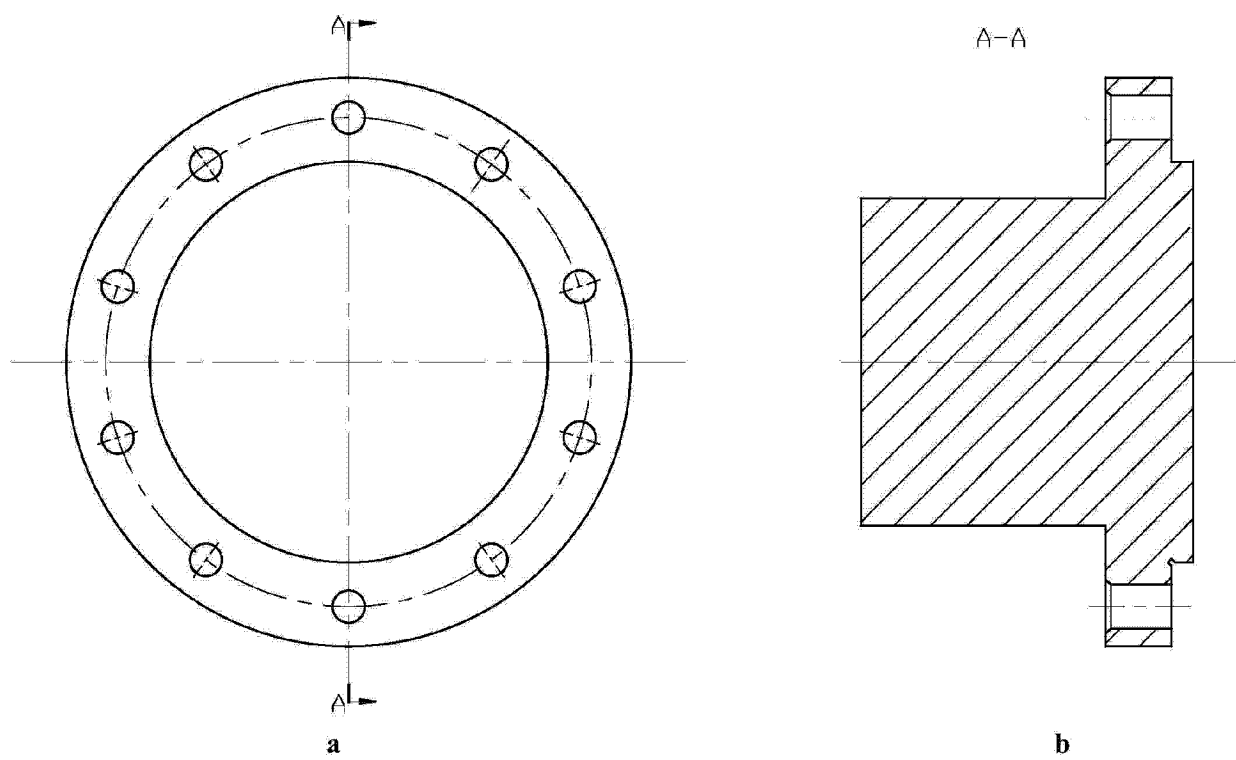


图 2

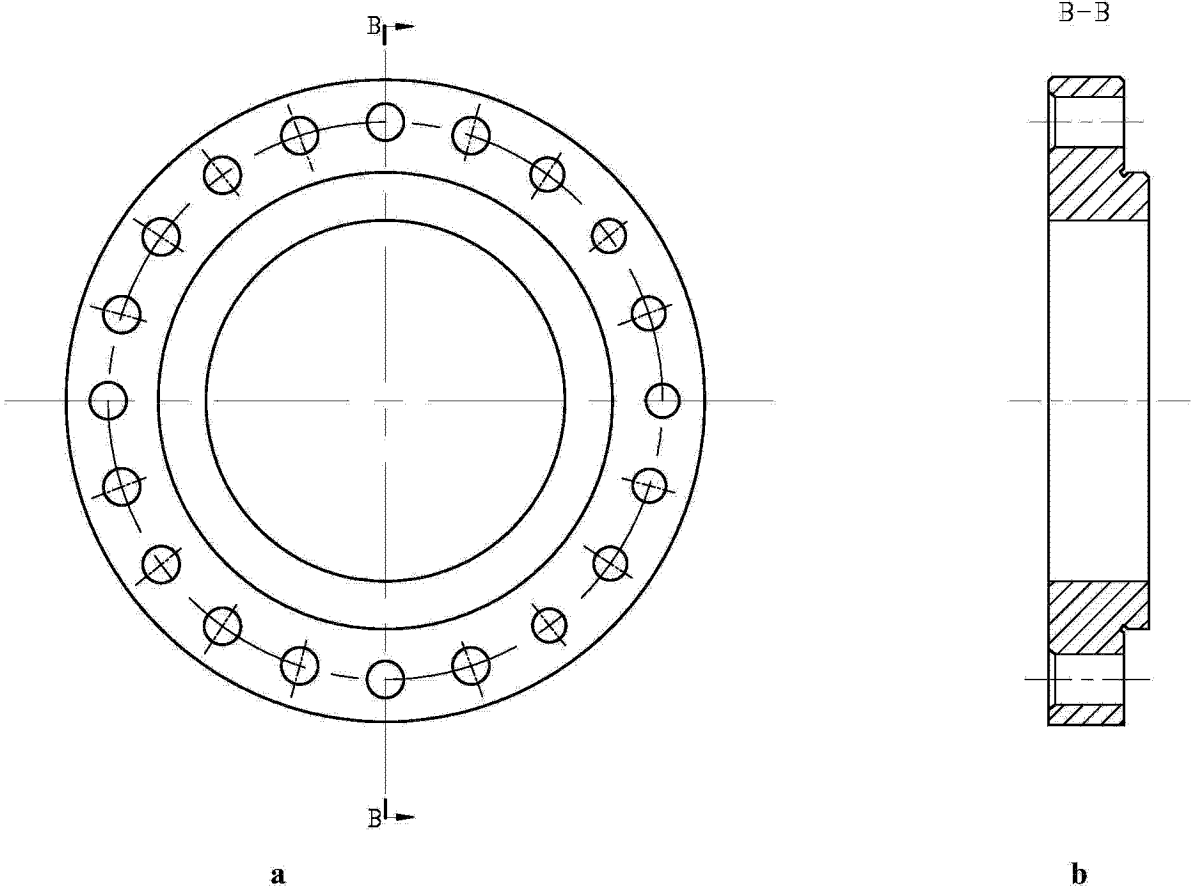


图 3

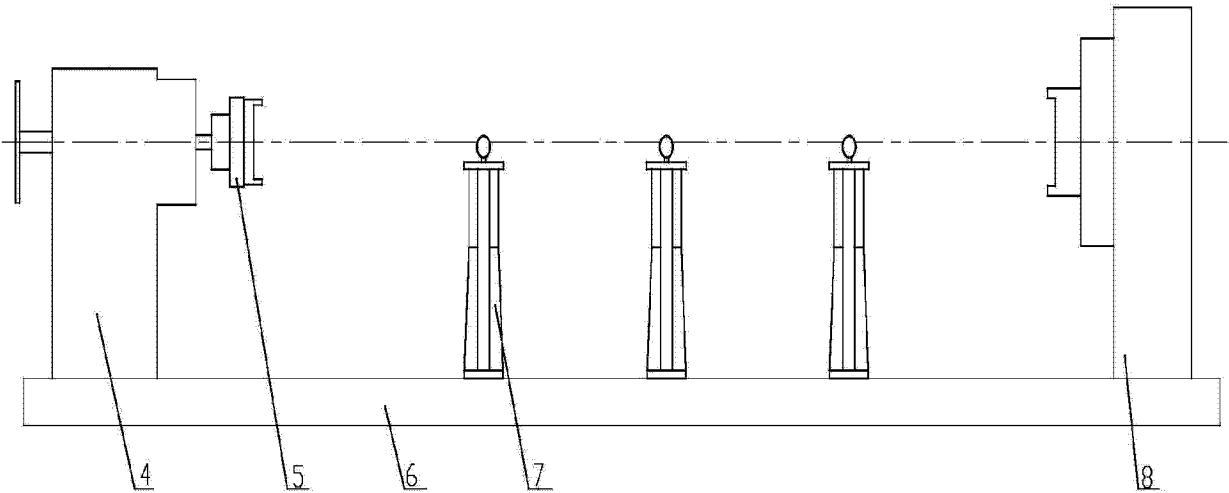


图 4

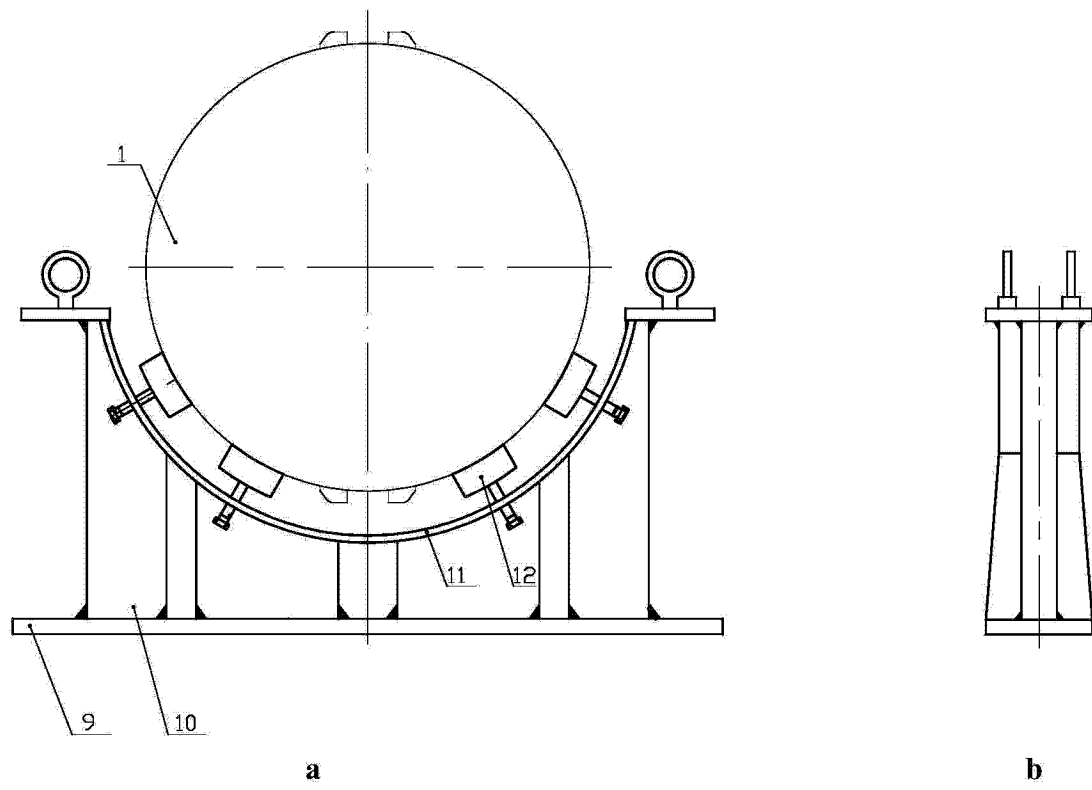


图 5

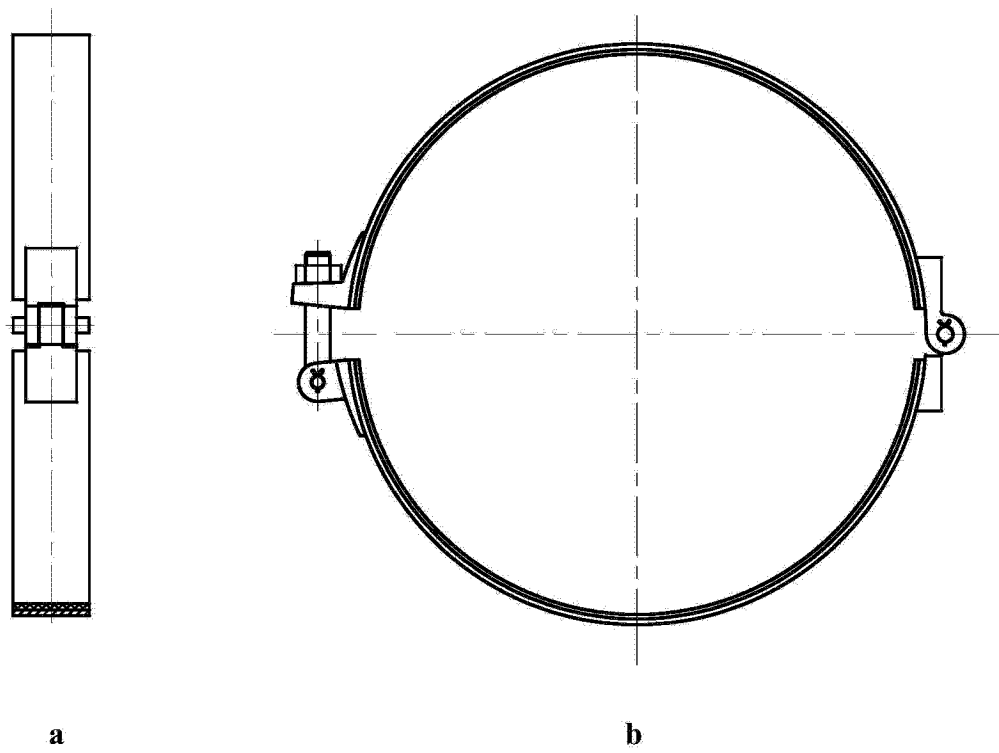


图 6

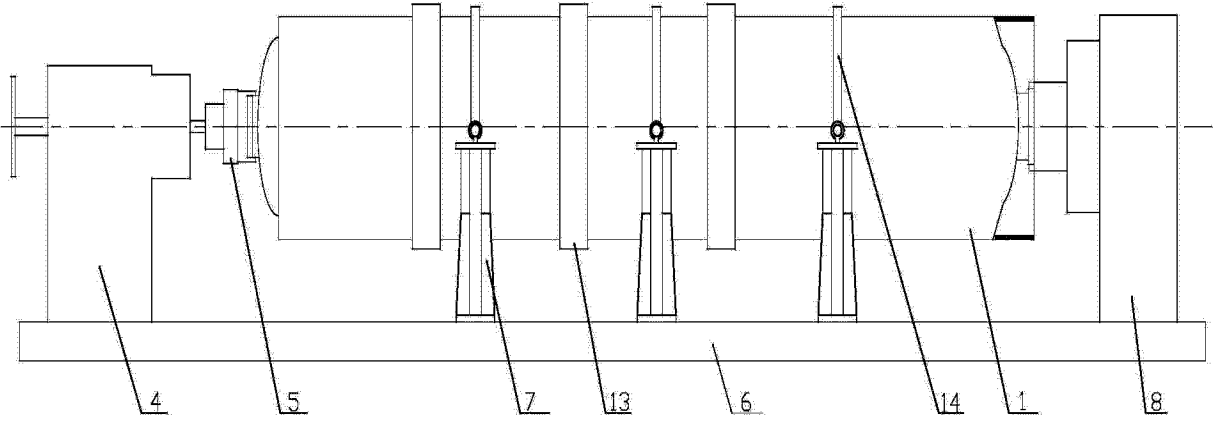


图 7



图 8