



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109570912 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201710913133.1

(22)申请日 2017.09.29

(71)申请人 贵州安大航空锻造有限责任公司
地址 561005 贵州省安顺市西秀区黄果树
大街东段322号

(72)发明人 魏志坚 杜常鹏 刘柱柱

(51)Int.Cl.

B23P 15/00(2006.01)

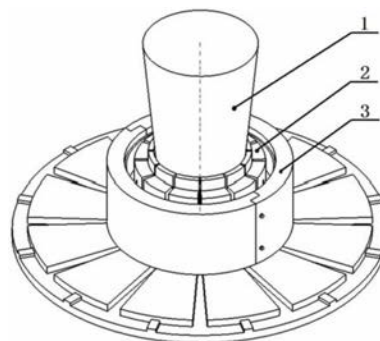
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

钛合金环件轧制及胀形复合成形方法

(57)摘要

本发明公开了一种钛合金环件轧制及胀形复合成形方法,其特征在于,通过对轧制毛坯和胀形毛坯的设计,以及轧制和胀形过程的精确控制,克服现有技术中存在的精度低,或者材料利用率不高,性能差的不足,制备了满足要求的钛合金环件。这种钛合金环件制备方法主要用于航空、航天、工业机械等领域的钛合金环件的成形。



1. 一种钛合金环件轧制及胀形复合成形方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步:确定胀形毛坯外径 R_z 、胀形毛坯内径 r_z 、胀形毛坯高度 h_z 、初始毛坯内径 r_0 、初始毛坯轴向高度 h_0 和初始毛坯外径 R_0 ;

根据未进行精加工的环件尺寸计算胀形工艺毛坯,所述未精加工环件壁厚为 b_f ,未精加工环件的最小外径为 R_{fmin} ,最大外径为 R_{fmax} ,所述未精加工环件壳体厚度的1/2处的轴向长度为 l_f ;所述胀形工艺毛坯为薄壁矩形环件,壁厚为 b_z ,高度为 h_z ,外径为 R_z ,内径为 r_z ;胀形工艺毛坯尺寸计算公式为:

所述毛坯的外径: $R_z = R_{fmin}$,式中 R_z 为毛坯外径, R_{fmin} 为环件最大外径;

所述毛坯的高度: $h_z = l_f$,式中 h_z 为毛坯高度, l_f 为未精加工环件壳体厚度的1/2处的轴向长度;

所述毛坯的内径: $r_z \leq \sqrt{R_z^2 + b_f^2 - 2R_{fmax} b_f}$,式中 r_z 为毛坯内径, R_z 为毛坯外径, b_f 为未精加工环件壁厚, R_{fmax} 为环件最大外径;

设定 $k=2.9 \frac{r_0}{R_1 R_2^2}$,则所述轴向高度缩减量: $\Delta h = h_0 \Delta b^2$,式中 Δh 为轴向高度缩减量, r_0 为初始毛坯内径, R_1 为主辊半径, R_2 为芯辊半径, h_0 为初始毛坯轴向高度, Δb 为初始毛坯壁厚总减小量;

上述可知,初始毛坯外径:

$$R_0 < \frac{(R_z^2 - r_z^2)(r_0 + b_z)k + \sqrt{(R_z^2 - r_z^2) + r_0^2 + (R_z^2 - r_z^2)^2 k + (R_z^2 - r_z^2)k r_0^2 - (R_z^2 - r_z^2)(r_0 + b_z)^2 k}}{1 + (R_z^2 - r_z^2)k}$$

初始毛坯高度:

$$h = \frac{(R_z^2 - r_z^2)h_z}{R_0^2 - r_0^2}$$

再根据等体积原则,计算出初始毛坯内径;

第二步:按照所述关系式,计算出初始毛坯各个尺寸,从而制备初始毛坯;

第三步:通过环件轧制将得到的初始毛坯成形为胀形毛坯;该毛坯的外径为 R_z ,壁厚为 b_z ,轴向高度为 h_z ;

第四步:将胀形毛坯放入加热炉中加热至相变点以上30℃,保温一段时间后,套进刚模胀形凸模外围进行胀形,胀形过程中模具芯轴在压力机作用下向下移动,从而使凸模块沿径向水平移动将毛坯压入凹模中,成形环件;胀形过程分为三次,每次胀形完成后将环件旋转90°进行下一次胀形,并通过控制每次胀形后环件最大外径来分配每次的胀形量。环件的初始最大外径为 R_z ,第一次胀形完成后环件的最大外径为 R_1 ;将环件旋转90°进行第二次胀形,第二次胀形完成后环件最大外径为 R_2 ,最次将环件旋转90°进行第三次胀形,将环件胀形至最终尺寸,最大外径为 R_{fmax} ;三次胀形时,环件的旋转方向相同;

所述每次胀形时间均为10~20s,完成胀形后环件旋转90°,然后对环件保压30s。

2. 根据权利要求1所述的钛合金环件轧制及胀形复合成形方法,其特征在于,所述第一次胀形完成后环件的最大外径为: $R_1 = \sqrt[3]{R_z^2 R_{fmax}}$ 。

3. 根据权利要求1所述的钛合金环件轧制及胀形复合成形方法,其特征在于,所述第二

次胀形完成后环件的最大外径为： $\mathbf{R}_2 = \sqrt[3]{R_z R_{\text{finax}}^2}$ 。

钛合金环件轧制及胀形复合成形方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种环件的成形方法,特别是涉及了钛合金环件轧制及胀形复合成形方法。

背景技术

[0002] 目前环件的生产一般采用环轧直接成形或环轧+切削或环坯刚模胀形的方法成形此类环件。采用环轧的方法直接成形异形环件时,当所成形异形环件壁厚均匀时,轧辊和环坯之间没有稳定的接触面,这将使得辗轧过程难以持续进行,成形环件精度也难以满足航空航天要求。环轧+切削的方法是先通过环轧成形矩形环件,再通过数控切削获得满足形状尺寸要求的异形环件;该方法一方面切削破坏了金属流线从而降低了环件性能,另一方面导致昂贵的钛合金材料利用率极低。

[0003] 环坯刚模胀形的方法,如公开号为102489596A的中国发明专利“钛合金矩形环轧件热胀形成形为异形环件的方法”,提出了一种采用刚模胀形工艺将钛合金矩形环坯胀形成为锥形环件的方法,由于该方法成形的环件精度由胀形模具保证,提高了成形精度。该方法需高精度、高性能的环轧件作为毛坯,该专利未披露毛坯的设计和成形方法。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种环轧及胀形的复合成形方法,克服现有技术中存在的精度低,或者材料利用率不高,性能差的不足。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明所述钛合金环件轧制及胀形复合成形方法,其技术方案包括以下步骤:

[0006] 第一步:确定胀形毛坯外径 R_z 、胀形毛坯内径 r_z 、胀形毛坯高度 h_z 、初始毛坯内径 r_0 、初始毛坯轴向高度 h_0 和初始毛坯外径 R_0 ;

[0007] 根据未进行精加工的环件尺寸计算胀形工艺毛坯,所述未精加工环件壁厚为 b_f ,未精加工环件的最小外径为 R_{fmin} ,最大外径为 R_{fmax} ,所述未精加工环件壳体厚度的1/2处的轴向长度为 l_f ;所述胀形工艺毛坯为薄壁矩形环件,壁厚为 b_z ,高度为 h_z ,外径为 R_z ,内径为 r_z ;胀形工艺毛坯尺寸计算公式为:

[0008] 所述毛坯的外径: $R_z = R_{fmin}$,式中 R_z 为毛坯外径, R_{fmin} 为环件最大外径;

[0009] 所述毛坯的高度: $h_z = l_f$,式中 h_z 为毛坯高度, l_f 为未精加工环件壳体厚度的1/2处的轴向长度;

[0010] 所述毛坯的内径: $r_z \leq \sqrt{R_z^2 + b_f^2 - 2R_{fmax} b_f}$,式中 r_z 为毛坯内径, R_z 为毛坯外径, b_f 为未精加工环件壁厚, R_{fmax} 为环件最大外径;

[0011] 设定 $k=2.9 \frac{r_0}{R_1 R_2}$,则所述轴向高度缩减量: $\Delta h = h_0 \Delta b^2$,式中 Δh 为轴向高度缩减量, r_0 为初始毛坯内径, R_1 为主辊半径, R_2 为芯辊半径, h_0 为初始毛坯轴向高度, Δb 为初始毛坯壁厚总减小量;

[0012] 上述可知,初始毛坯外径:

[0013]

$$R_0 < \frac{(R_z^2 - r_z^2)(r_0 + b_z)k + \sqrt{(R_z^2 - r_z^2) + r_0^2 + (R_z^2 - r_z^2)^2 k + (R_z^2 - r_z^2)kr_0^2 - (R_z^2 - r_z^2)(r_0 + b_z)^2 k}}{1 + (R_z^2 - r_z^2)k}$$

[0014] 初始毛坯高度:

$$[0015] \quad h = \frac{(R_z^2 - r_z^2)h_z}{R_0^2 - r_0^2}$$

[0016] 再根据等体积原则,计算出初始毛坯内径;

[0017] 第二步:按照所述关系式,计算出初始毛坯各个尺寸,从而制备初始毛坯;

[0018] 第三步:通过环件轧制将得到的初始毛坯成形为胀形毛坯;该毛坯的外径为 R_z ,壁厚为 b_z ,轴向高度为 h_z ;

[0019] 第四步:将胀形毛坯放入加热炉中加热至相变点以上 30°C ,保温一段时间后,套进刚模胀形凸模外围进行胀形,胀形过程中模具芯轴在压力机作用下向下移动,从而使凸模块沿径向水平移动将毛坯压入凹模中,成形环件;胀形过程分为三次,每次胀形完成后将环件旋转 90° 进行下一次胀形,并通过控制每次胀形后环件最大外径来分配每次的胀形量。环件的初始最大外径为 R_z ,第一次胀形完成后环件的最大外径为 R_1 ;将环件旋转 90° 进行第二次胀形,第二次胀形完成后环件最大外径为 R_2 ,最次将环件旋转 90° 进行第三次胀形,将环件胀形至最终尺寸,最大外径为 R_{fmax} ;三次胀形时,环件的旋转方向相同;

[0020] 所述每次胀形时间均为 $10 \sim 20\text{s}$,完成胀形后环件旋转 90° ,然后对环件保压 30s 。

[0021] 所述第一次胀形完成后环件的最大外径为: $R_1 = \sqrt[3]{R_z^2 R_{\text{fmax}}}$ 。

[0022] 所述第二次胀形完成后环件的最大外径为: $R_2 = \sqrt[3]{R_z R_{\text{fmax}}^2}$ 。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果如下:

[0024] 本发明所述的钛合金环件轧制及胀形复合成形方法,结合刚模胀形方法可获得高精度的技术优势,提出一种难变形钛合金等厚薄壁异形环件的轧胀复合成形方法。该方法首先通过环轧获得薄壁矩形环件,然后通过刚模胀形获得高精度的等厚薄壁异形环件。

[0025] 由于本发明采用了上述技术方案,初始毛坯经环件轧制得到薄壁矩形环件后经刚模胀形得到薄壁异形环件,整个流程主要靠材料塑性成形,仅在最终阶段通过切削去除加工余量。最终成形异形环件时采用的是刚模胀形,环件的最终几何形状和尺寸由模具保证。

附图说明

[0026] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0027] 图1是钛合金薄壁异形环件刚模热胀形模具图。

具体实施方式

[0028] 实施本发明所述的钛合金环件轧制及胀形复合成形方法需要提供锻造加热炉、压力机、轧环机、机械手等设备。下面以牌号为TC4的钛合金为例来详细说明该方法的具体实施方式:

[0029] 该合金的主要化学元素含量(重量百分比)为:含Al量5.5%~6.8%、含V量3.5%~4.5%、含Fe量 $\leq 0.30\%$ 、含C量 $\leq 0.10\%$ 、含N量 $\leq 0.05\%$ 、含H量 $\leq 0.015\%$ 、含O量 $\leq 0.20\%$ 、其他元素单个 $\leq 0.10\%$ 且总和 $\leq 0.40\%$ 、余量为Ti。

[0030] 本方法的步骤如下:

[0031] 第一步:确定胀形毛坯外径 R_z 、胀形毛坯内径 r_z 、胀形毛坯高度 h_z 、初始毛坯内径 r_0 、初始毛坯轴向高度 h_0 和初始毛坯外径 R_0 ;

[0032] 根据未进行精加工的环件尺寸计算胀形工艺毛坯,所述未精加工环件壁厚为 b_f ,未精加工环件的最小外径为 R_{fmin} ,最大外径为 R_{fmax} ,所述未精加工环件壳体厚度的1/2处的轴向长度为 l_f ;所述胀形工艺毛坯为薄壁矩形环件,壁厚为 b_z ,高度为 h_z ,外径为 R_z ,内径为 r_z ;胀形工艺毛坯尺寸计算公式为:

[0033] 所述毛坯的外径: $R_z = R_{fmin}$,式中 R_z 为毛坯外径, R_{fmin} 为环件最大外径;

[0034] 所述毛坯的高度: $h_z = l_f$,式中 h_z 为毛坯高度, l_f 为未精加工环件壳体厚度的1/2处的轴向长度;

[0035] 所述毛坯的内径: $r_z \leq \sqrt{R_z^2 + b_f^2 - 2R_{fmax} b_f}$,式中 r_z 为毛坯内径, R_z 为毛坯外径, b_f 为未精加工环件壁厚, R_{fmax} 为环件最大外径;

[0036] 设定 $k = 2.9 \frac{r_0}{R_1 R_2}$,则所述轴向高度缩减量: $\Delta h = h_0 \Delta b^2$,式中 Δh 为轴向高度缩减量, r_0 为初始毛坯内径, R_1 为主辊半径, R_2 为芯辊半径, h_0 为初始毛坯轴向高度, Δb 为初始毛坯壁厚总减小量;

[0037] 上述可知,初始毛坯外径:

[0038]

$$R_0 < \frac{(R_z^2 - r_z^2)(r_0 + b_z)k + \sqrt{(R_z^2 - r_z^2) + r_0^2 + (R_z^2 - r_z^2)^2 k + (R_z^2 - r_z^2)kr_0^2 - (R_z^2 - r_z^2)(r_0 + b_z)^2 k}}{1 + (R_z^2 - r_z^2)k}$$

[0039] 初始毛坯高度:

$$h = \frac{(R_z^2 - r_z^2)h_z}{R_0^2 - r_0^2}$$

[0041] 再根据等体积原则,计算出初始毛坯内径;

[0042] 第二步:按照所述关系式,计算出初始毛坯各个尺寸,从而制备初始毛坯;

[0043] 第三步:通过环件辗轧将得到的初始毛坯成形为胀形毛坯;该毛坯的外径为 R_z ,壁厚为 b_z ,轴向高度为 h_z ;

[0044] 第四步:如图1所示。将胀形毛坯放入加热炉中加热至相变点以上 30°C ,保温一段时间后,套进刚模胀形凸模外围进行胀形,胀形过程中模具芯轴在压力机作用下向下移动,从而使凸模块沿径向水平移动将毛坯压入凹模中,成形环件;胀形过程分为三次,每次胀形完成后将环件旋转 90° 进行下一次胀形,并通过控制每次胀形后环件最大外径来分配每次的胀形量。环件的初始最大外径为 R_z ,第一次胀形完成后环件的最大外径为 R_1 ;将环件旋转 90° 进行第二次胀形,第二次胀形完成后环件最大外径为 R_2 ,最次将环件旋转 90° 进行第三次胀形,将环件胀形至最终尺寸,最大外径为 R_{fmax} ;三次胀形时,环件的旋转方向相同;

[0045] 所述每次胀形时间均为 $10\sim 20\text{s}$,完成胀形后环件旋转 90° ,然后对环件保压 30s 。

[0046] 所述第一次胀形完成后环件的最大外径为： $R_1 = \sqrt[3]{R_z^2 R_{fmax}}$ 。

[0047] 所述第二次胀形完成后环件的最大外径为： $R_2 = \sqrt[3]{R_z R_{fmax}^2}$ 。

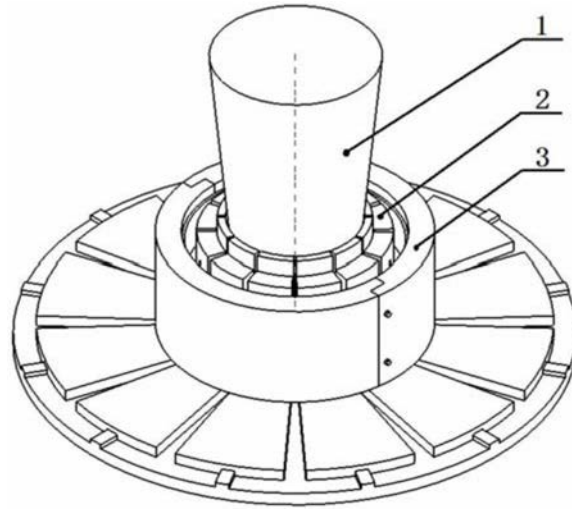


图1