(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105728605 B
(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201610279295.X

(22)申请日 2016.04.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105728605 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(73)专利权人 武汉理工大学
地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路122号

(72)发明人 钱东升 姜雪 兰箭 华林 韩双 邓加东

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102
代理人 唐万荣 王淳景

(51)Int.Cl.
B21H 1/06(2006.01)
B21H 1/22(2006.01)
B21B 37/00(2006.01)
B21B 37/46(2006.01)
B21B 37/74(2006.01)
B21B 45/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 103230993 A,2013.08.07,
JP 2002-210505 A,2002.07.30,全文.
CN 101279345 A,2008.10.08,
CN 102029340 A,2011.04.27,
CN 103316926 A,2013.09.25,全文.
CN 101279347 A,2008.10.08,
CN 101279348 A,2008.10.08,
CN 101279349 A,2008.10.08,
CN 101284296 A,2008.10.15,
CN 1748898 A,2006.03.22,
JP S6153135 B2,1986.11.17,全文.
RU 2185914 C2,2002.07.27,全文.
CN 102688962 A,2012.09.26,全文.

审查员 安丽娜

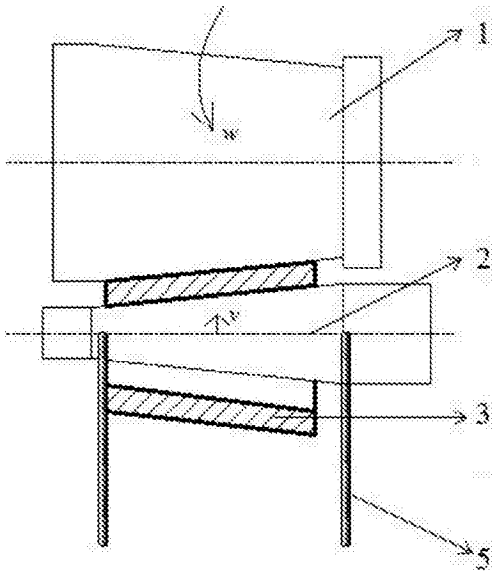
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法

(57)摘要

本发明公开了一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法，包括如下步骤：S1、毛坯设计：确定当量轧制比k取值范围为1.5～3，以锥筒环件的小端为基准，确定毛坯小端内径，根据毛坯小端内径以及锥筒环件各尺寸确定毛坯高度、毛坯大端内径、毛坯小端外径、毛坯大端外径和毛坯体积；S2、轧辊孔型设计：轧制孔型由驱动辊和芯辊工作面组成，驱动辊和芯辊工作面型腔与锥筒环件截面形状相对应；驱动辊型腔高度在锥筒环件高度的基础上增加轴向窜动量，芯辊型腔高度比驱动辊型腔高度大；确定驱动辊工作面的小端直径和大端直径以及芯辊工作面的小端直径和大端直径。本发明具有生产效率高、能源和材料消耗低、产品尺寸精度和组织性能好等优点。



CN 105728605 B

1.一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法，其特征在于，包括如下步骤：

S1、毛坯设计：根据锥筒环件尺寸，确定当量轧制比k取值范围为1.5～3，以锥筒环件的小端为基准，确定毛坯小端内径$d_{01}=d_1/k$，d_1为锥筒环件小端内径，根据毛坯小端内径以及锥筒环件各尺寸确定毛坯高度H_0、毛坯大端内径d_{02}、毛坯小端外径D_{01}、毛坯大端外径D_{02}和毛坯体积V_0；

S2、轧辊孔型设计：轧制孔型由驱动辊和芯辊工作面组成，驱动辊和芯辊工作面型腔与锥筒环件截面形状相对应，驱动辊型腔斜度$\alpha_d=\theta_1$，芯辊型腔斜度$\alpha_i=\theta_2$，θ_1为锥筒环件外表面斜度，θ_2为锥筒环件内表面斜度；

驱动辊型腔高度$H_d=H+\Delta H$，芯辊型腔高度$H_i=H_d+(100\sim200)$mm，ΔH为轴向窜动量，H为锥筒环件高度；

驱动辊工作面的小端直径D_{d1}和大端直径D_{d2}以及芯辊工作面的小端直径D_{i1}和大端直径D_{i2}由以下5个公式确定：

$$\begin{cases} D_{d1}\geq \dfrac{2D_{i2}(D_2-d_2)}{17.5\beta D_{i2}-2(D_2-d_2)} \\ D_{i2}\geq \dfrac{2D_{d1}(D_2-d_2)}{17.5\beta D_{d1}-2(D_2-d_2)} \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} D_{d2}\geq \dfrac{2D_{i1}(D_1-d_1)}{17.5\beta D_{i1}-2(D_1-d_1)} \\ D_{i1}\geq \dfrac{2D_{d2}(D_1-d_1)}{17.5\beta D_{d2}-2(D_1-d_1)} \end{cases}, \quad (2)$$

$$\begin{cases} D_{d2}=D_{d1}+2H_d\cot\alpha_d \\ D_{i2}=D_{i1}+2H_i\cot\alpha_i \end{cases}, \quad (3)$$

$D_{i1}=d_1-(40\sim160)$mm，(4)

$$\begin{cases} \dfrac{D_{d2}}{2}+\dfrac{d_{02}-d_{01}}{2}+\dfrac{D_{i1}}{2}\leq L_{max} \\ \dfrac{D_{d2}}{2}+\dfrac{d_2-d_1}{2}+\dfrac{D_{i1}}{2}\geq L_{min} \end{cases}, \quad (5)$$

其中，d_1为锥筒环件小端内径，d_2为锥筒环件大端内径，D_1为锥筒环件小端外径，D_2为锥筒环件端外径，β为摩擦角，$\beta=\arctan\mu$，μ为摩擦系数，μ为0.35～0.45，L_{max}和L_{min}分别为轧环机允许的最大和最小闭合中心距；

驱动辊和芯辊闭合时驱动辊的型腔宽度$S_d=\dfrac{D_2-D_1}{2}-(5\sim18)mm$。

2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括步骤S3、轧制工艺参数设计：锥筒环件轧制过程的工艺参数包括驱动辊转速和芯辊进给速度，

驱动辊转速$n_d=V_{d2}/(\pi D_{d2})$，V_{d2}为驱动辊最大线速度，取0.8～1.4m/s；

芯辊进给速度v_i满足下式

$$\begin{cases} v_i \geq v_{\min} = \dfrac{3.275\times10^{-3} n_d D_{d2} \left(D_{01}-d_{01}\right)^2}{D_{01}} \left(\dfrac{1}{D_{d2}}+\dfrac{1}{D_{i1}}+\dfrac{1}{D_{01}}-\dfrac{1}{d_{01}}\right) \\ v_i \leq v_{\max} = \dfrac{\beta^2 n_d D_{d2}^2}{D_{01}\left(1+D_{d2}/D_{i1}\right)^2} \left(1+\dfrac{D_{d2}}{D_{i1}}+\dfrac{D_{d2}}{D_{01}}-\dfrac{D_{d2}}{d_{01}}\right) \end{cases}。$$

3.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括步骤S4、轧制成形过程控制：

(a)温度控制：轧制成形过程的温度控制包括：

①毛坯由加热炉转移到轧环机附近的保温控制：将毛坯置于预热过的保温罩中进行转移，以减少毛坯转移过程中热量散失；

②上料过程中毛坯保温控制：在上料过程中，在夹持毛坯的机械手外包裹一层石棉，以减少毛坯与机械手接触过程的热量散失；

③轧辊预热：轧制铝合金锥筒环件前，利用热的钢环空转的方式对轧辊进行预热，预热温度控制在300℃左右，以减少毛坯与模具接触过程中的热量散失。

4.根据权利要求3所述的方法，其特征在于，步骤S4还包括(b)润滑控制：

①保证轧辊加工的表面粗糙度；

②在轧辊预热后清理轧辊表面的氧化皮，然后在芯辊和导向辊上涂抹润滑剂，以防止铝合金材料在热锻过程中发生粘辊缺陷；

③在锥筒环件轧制过程中通过润滑喷枪向驱动辊与锥筒环件间喷涂润滑剂。

5.根据权利要求3所述的方法，其特征在于，步骤S4还包括(c)轴向蹿动方式控制：在轧机挡板与毛坯端面间预留一定的距离作为窜动量，以减少锥筒环件端面的切料现象以及对挡板的侧压力。

6.根据权利要求3所述的方法，其特征在于，步骤S4还包括(d)进给过程控制：在轧制过程前期，采用缓慢进给速度，以使毛坯顺利咬入孔型；当毛坯咬入后，逐渐增大进给速度，以使毛坯锻透产生轧制变形反应；在轧制末期，采用较小的进给速度进行整圆轧制，以保证锥筒环件轧制精度。

7.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，步骤S1中：

毛坯高度$H_0=H$，

毛坯大端内径$d_{02}=d_{01}+(d_2-d_1)$，

毛坯小端外径$D_{01}=\sqrt{\dfrac{4S_1+\pi d_{01}^{\ 2}}{\pi}}$，

毛坯大端外径$D_{02}=\sqrt{\dfrac{4S_2+\pi d_{02}^{\ 2}}{\pi}}$，

毛坯体积$V_0=\dfrac{\pi}{12}H_0\left(D_{01}^{\ 2}+D_{02}^{\ 2}+D_{02}D_{01}-d_{01}^{\ 2}-d_{02}^{\ 2}-d_{01}d_{02}\right)$，

其中，S_1为锥筒环件小端的端面面积，$S_1=\dfrac{\pi}{4}\left(D_1^2-d_1^2\right)$，$S_2$为锥筒环件大端的端面面积，$S_2=\dfrac{\pi}{4}\left(D_2^2-d_2^2\right)$。

一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法

技术领域

[0001] 本发明具体涉及一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法。

背景技术

[0002] 铝合金锥筒环件是航天航空、国防装备和民用装备的重要结构件，环件的性能对装备的安全可靠、稳定运行和服役寿命都至关重要。该环件内外表面均带有斜度，属于复杂异形环件范畴，而且铝合金材料锻造温度范围窄，造成该类环件制造难度大。

[0003] 目前铝合金锥筒环件主要有以下两种生产制造方式：一是采用自由锻造成形，该方法成形环件尺寸精度差、生产效率低、工作环境差、工人劳动强度大，而且材料反复加热，产品组织性能差，能源消耗大；二是先利用环件轧制技术成形矩形截面环件然后经过机加工成形锥筒环件，这种方式材料利用率低，不能达到节能减排的目标，而且切削加工破坏了环件内部金属流线，不能最大限度的发挥环件轧制这种先进塑性成形技术高效、优质、精密成形等优势。

[0004] 因此，采用环件径向热轧方法直接轧制成形铝合金锥筒环件具有显著的技术经济优点。但是，对于该种异形截面环件轧制，毛坯尺寸设计直接影响成形环件尺寸精度；另外，锥面接触模式下，环件在轧制过程中容易产生轴向窜动行为，轧制过程极不稳定；此外，对于铝合金环件，其锻造温度范围较窄，进行温度的合理控制也是保证成形的重要前提。因此，合理的设计和控制轧制工艺参数，保证轧制过程稳定进行，是实现铝合金锥筒环件径向热轧成形的关键问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法，它通过合理设计毛坯、孔型和轧制工艺参数，并有效控制轧制过程相关参数，可以保证轧制过程顺利进行，获得尺寸精度高和组织性能好的铝合金锥筒环件。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：

[0007] 一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法，包括如下步骤：

[0008] S1、毛坯设计：根据锥筒环件尺寸，确定当量轧制比k取值范围为1.5～3，以锥筒环件的小端为基准，确定毛坯小端内径$d_{01}=d_1/k$，d_1为锥筒环件小端内径，根据毛坯小端内径以及锥筒环件各尺寸确定毛坯高度H_0、毛坯大端内径d_{02}、毛坯小端外径D_{01}、毛坯大端外径D_{02}和毛坯体积V_0；

[0009] S2、轧辊孔型设计：轧制孔型由驱动辊和芯辊工作面组成，驱动辊和芯辊工作面型腔与锥筒环件截面形状相对应，驱动辊型腔斜度$\alpha_d=\theta_1$，芯辊型腔斜度$\alpha_i=\theta_2$，θ_1为锥筒环件外表面斜度，θ_2为锥筒环件内表面斜度；

[0010] 驱动辊型腔高度$H_d=H+\Delta H$，芯辊型腔高度$H_i=H_d+(100\sim200)$mm，ΔH为轴向窜动量，H为锥筒环件高度；

[0011] 驱动辊工作面的小端直径D_{d1}和大端直径D_{d2}以及芯辊工作面的小端直径D_{i1}和大端

直径D_{i2}由以下5个公式确定：

[0012] $$\begin{cases} D_{d1} \geq \dfrac{2D_{i2}(D_2 - d_2)}{17.5\beta D_{i2} - 2(D_2 - d_2)} \\ D_{i2} \geq \dfrac{2D_{d1}(D_2 - d_2)}{17.5\beta D_{d1} - 2(D_2 - d_2)} \end{cases}, \quad (1)$$

[0013] $$\begin{cases} D_{d2} \geq \dfrac{2D_{i1}(D_1 - d_1)}{17.5\beta D_{i1} - 2(D_1 - d_1)} \\ D_{i1} \geq \dfrac{2D_{d2}(D_1 - d_1)}{17.5\beta D_{d2} - 2(D_1 - d_1)} \end{cases}, \quad (2)$$

[0014] $$\begin{cases} D_{d2} = D_{d1} + 2H_d \cot\alpha_d \\ D_{i2} = D_{i1} + 2H_i \cot\alpha_i \end{cases}, \quad (3)$$

[0015] $D_{i1} = d_1 - (40 \sim 160)\,mm$, (4)

[0016] $$\begin{cases} \dfrac{D_{d2}}{2} + \dfrac{d_{02} - d_{01}}{2} + \dfrac{D_{i1}}{2} \leq L_{max} \\ \dfrac{D_{d2}}{2} + \dfrac{d_2 - d_1}{2} + \dfrac{D_{i1}}{2} \geq L_{min} \end{cases}, \quad (5)$$

[0017] 其中，d_1为锥筒环件小端内径，d_2为锥筒环件大端内径，D_1为锥筒环件小端外径，D_2为锥筒环件端外径，β为摩擦角，$\beta = \arctan\mu$，μ为摩擦系数，μ为0.35～0.45，L_{max}和L_{min}分别为轧环机允许的最大和最小闭合中心距；

[0018] 驱动辊和芯辊闭合时驱动辊的型腔宽度$S_d = \dfrac{D_2 - D_1}{2} - (5 \sim 18)mm$。

[0019] 按上述技术方案，还包括步骤S3、轧制工艺参数设计：锥筒环件轧制过程的工艺参数包括驱动辊转速和芯辊进给速度，

[0020] 驱动辊转速$n_d = V_{d2}/(\pi D_{d2})$，$V_{d2}$为驱动辊最大线速度，取0.8～1.4m/s；

[0021] 芯辊进给速度v_i满足下式

[0022] $$\begin{cases} v_i \geq v_{min} = \dfrac{3.275\times10^{-3} n_d D_{d2}(D_{01} - d_{01})^2}{D_{01}}\left(\dfrac{1}{D_{d2}} + \dfrac{1}{D_{i1}} + \dfrac{1}{D_{01}} - \dfrac{1}{d_{01}}\right) \\ v_i \leq v_{max} = \dfrac{\beta^2 n_d D_{d2}^2}{D_{01}(1 + D_{d2}/D_{i1})^2}\left(1 + \dfrac{D_{d2}}{D_{i1}} + \dfrac{D_{d2}}{D_{01}} - \dfrac{D_{d2}}{d_{01}}\right) \end{cases};$$

[0023] 按上述技术方案，还包括步骤S4、轧制成形过程控制：

[0024] (a)温度控制：轧制成形过程的温度控制包括：

[0025] ①毛坯由加热炉转移到轧环机附近的保温控制：将毛坯置于预热过的保温罩中进行转移，以减少毛坯转移过程中热量散失；

[0026] ②上料过程中毛坯保温控制：在上料过程中，在夹持毛坯的机械手外包裹一层石棉，以减少毛坯与机械手接触过程的热量散失；

[0027] ③轧辊预热：轧制铝合金锥筒环件前，利用热的钢环空转的方式对轧辊进行预热，预热温度控制在300℃左右，以减少毛坯与模具接触过程中的热量散失。

[0028] 按上述技术方案，步骤S4还包括(b)润滑控制：

[0029] ①保证轧辊加工的表面粗糙度；

[0030] ②在轧辊预热后清理轧辊表面的氧化皮，然后在芯辊和导向辊上涂抹润滑剂，以防止铝合金材料在热锻过程中发生粘辊等缺陷；

[0031] ③在锥筒环件轧制过程中通过润滑喷枪向驱动辊与锥筒环件间喷涂润滑剂。

[0032] 按上述技术方案，步骤S4还包括(c)轴向蹿动方式控制：在轧机挡板与毛坯端面间预留一定的距离作为窜动量，以减少锥筒环件端面的切料现象以及对挡板的侧压力。

[0033] 按上述技术方案，步骤S4还包括(d)进给过程控制：在轧制过程前期，采用缓慢进给速度，以为使毛坯顺利咬入孔型；当毛坯咬入后，逐渐增大进给速度，以使毛坯锻透产生轧制变形应；在轧制末期，采用较小的进给速度进行整圆轧制，以保证锥筒环件轧制精度。

[0034] 按上述技术方案，步骤S1中：

[0035] 毛坯高度$H_0=H$，

[0036] 毛坯大端内径$d_{02}=d_{01}+(d_2-d_1)$，

[0037] 毛坯小端外径$D_{01}=\sqrt{\frac{4S_1+\pi d_{01}^2}{\pi}}$，

[0038] 毛坯大端外径$D_{02}=\sqrt{\frac{4S_2+\pi d_{02}^2}{\pi}}$，

[0039] 毛坯体积$V_0=\frac{\pi}{12}H_0\left(D_{01}^2+D_{02}^2+D_{02}D_{01}-d_{01}^2-d_{02}^2-d_{01}d_{02}\right)$，

[0040] 其中，S_1为锥筒环件小端的端面面积，$S_1=\frac{\pi}{4}\left(D_1^2-d_1^2\right)$，$S_2$为锥筒环件大端的端面面积，$S_2=\frac{\pi}{4}\left(D_2^2-d_2^2\right)$。

[0041] 本发明具有以下有益效果：因轧制锥筒环件的毛坯尺寸直接影响成形环件尺寸精度，故首先需合理设计毛坯，本发明为了改善等斜度毛坯体积分配不均匀的问题，提出毛坯内表面与锥筒环件内表面斜度相等，而毛坯两端壁厚不相等，使得毛坯两端的截面积与锥筒环件两端的截面积相等的等截面毛坯设计方法，其以锥筒环件的小端为基准，通过设置合理的当量轧制比，先确定毛坯小端内径，再据此结合锥筒环件尺寸确定毛坯其他尺寸；另外，本发明结合锥筒环件轧制过程金属流动规律、轧制设备结构和环件轧制过程的运动规律，设计合理的轧辊孔型，可以保证锥筒环件在轧制过程中的稳定性，保证轧制过程顺利进行。本发明具有生产效率高、能源和材料消耗低、产品尺寸精度和组织性能好等优点。

附图说明

[0042] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明，附图中：

[0043] 图1是本发明实施例中铝合金锥筒环件的截面示意图；

[0044] 图2是本发明实施例中毛坯的截面示意图；

[0045] 图3是本发明实施例中驱动辊工作面的结构示意图；

[0046] 图4是本发明实施例中芯辊工作面的结构示意图；

[0047] 图5是本发明实施例中铝合金锥筒环件径向热轧成形过程示意图一；

[0048] 图6是本发明实施例中铝合金锥筒环件径向热轧成形过程示意图二。

[0049] 图中：1-驱动辊；2-芯辊；3-毛坯；4-锥筒环件；5-挡板。

具体实施方式

[0050] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0051] 在本发明的较佳实施例中，如图1-图4所示，一种铝合金锥筒环件径向热轧成形方法，包括如下步骤：

[0052] S1、毛坯设计：根据锥筒环件尺寸，确定当量轧制比k取值范围为1.5～3，以锥筒环件的小端为基准，确定毛坯小端内径$d_{01}=d_1/k$，d_1为锥筒环件小端内径，根据毛坯小端内径以及锥筒环件各尺寸确定毛坯高度H_0、毛坯大端内径d_{02}、毛坯小端外径D_{01}、毛坯大端外径D_{02}和毛坯体积V_0；

[0053] S2、轧辊孔型设计：轧制孔型由驱动辊和芯辊工作面组成，驱动辊和芯辊工作面型腔与锥筒环件截面形状相对应，驱动辊型腔斜度$\alpha_d=\theta_1$，芯辊型腔斜度$\alpha_i=\theta_2$，θ_1为锥筒环件外表面斜度，θ_2为锥筒环件内表面斜度；

[0054] 驱动辊型腔高度$H_d=H+\Delta H$，芯辊型腔高度$H_i=H_d+(100\sim200)$mm，ΔH为轴向窜动量，H为锥筒环件高度；

[0055] 驱动辊工作面的小端直径D_{d1}和大端直径D_{d2}以及芯辊工作面的小端直径D_{i1}和大端直径D_{i2}由以下5个公式确定：

[0056]
$$\begin{cases} D_{d1}\geq\dfrac{2D_{i2}(D_2-d_2)}{17.5\beta D_{i2}-2(D_2-d_2)} \\ D_{i2}\geq\dfrac{2D_{d1}(D_2-d_2)}{17.5\beta D_{d1}-2(D_2-d_2)} \end{cases}, \quad (1)$$

[0057]
$$\begin{cases} D_{d2}\geq\dfrac{2D_{i1}(D_1-d_1)}{17.5\beta D_{i1}-2(D_1-d_1)} \\ D_{i1}\geq\dfrac{2D_{d2}(D_1-d_1)}{17.5\beta D_{d2}-2(D_1-d_1)} \end{cases}, \quad (2)$$

[0058]
$$\begin{cases} D_{d2}=D_{d1}+2H_d\cot\alpha_d \\ D_{i2}=D_{i1}+2H_i\cot\alpha_i \end{cases}, \quad (3)$$

[0059] $D_{i1}=d_1-(40\sim160)$mm，(4)

[0060]
$$\begin{cases} \dfrac{D_{d2}}{2}+\dfrac{d_{02}-d_{01}}{2}+\dfrac{D_{i1}}{2}\leq L_{max} \\ \dfrac{D_{d2}}{2}+\dfrac{d_2-d_1}{2}+\dfrac{D_{i1}}{2}\geq L_{min} \end{cases}, \quad (5)$$

[0061] 其中，d_1为锥筒环件小端内径，d_2为锥筒环件大端内径，D_1为锥筒环件小端外径，D_2为锥筒环件端外径，β为摩擦角，$\beta=\arctan\mu$，μ为摩擦系数，μ为0.35～0.45，L_{max}和L_{min}分别为轧环机允许的最大和最小闭合中心距；

[0062] 驱动辊和芯辊闭合时驱动辊的型腔宽度$S_d=\frac{D_2-D_1}{2}-(5\sim18)mm$。

[0063] 在本发明的优选实施例中，该方法还包括步骤S3、轧制工艺参数设计：根据环件轧制成形理论、锥筒环件和毛坯的形状尺寸以及轧辊的形状尺寸等设计环件轧制过程的运动参数，锥筒环件轧制过程的工艺参数包括驱动辊转速和芯辊进给速度，

[0064] 驱动辊转速$n_d=V_{d2}/(\pi D_{d2})$，V_{d2}为驱动辊最大线速度，取0.8～1.4m/s；

[0065] 芯辊进给速度v_i满足下式

[0066] $$\begin{cases} v_i \geq v_{\min}=\dfrac{3.275\times10^{-3}n_dD_{d2}\left(D_{01}-d_{01}\right)^2}{D_{01}}\left(\dfrac{1}{D_{d2}}+\dfrac{1}{D_{i1}}+\dfrac{1}{D_{01}}-\dfrac{1}{d_{01}}\right) \\ v_i \leq v_{\max}=\dfrac{\beta^2n_dD_{d2}^2}{D_{01}\left(1+D_{d2}/D_{i1}\right)^2}\left(1+\dfrac{D_{d2}}{D_{i1}}+\dfrac{D_{d2}}{D_{01}}-\dfrac{D_{d2}}{d_{01}}\right) \end{cases};$$

[0067] 在本发明的优选实施例中，该方法还包括步骤S4、轧制成形过程控制：

[0068] (a)温度控制：轧制成形过程的温度控制包括：

[0069] ①毛坯由加热炉转移到轧环机附近的保温控制：将毛坯置于预热过的保温罩中进行转移，以减少毛坯转移过程中热量散失；

[0070] ②上料过程中毛坯保温控制：在上料过程中，在夹持毛坯的机械手外包裹一层石棉，以减少毛坯与机械手接触过程的热量散失；

[0071] ③轧辊预热：轧制铝合金环件前，利用热的钢环空转的方式对轧辊进行预热，预热温度控制在300℃左右，以减少毛坯与模具接触过程中的热量散失。

[0072] 在本发明的优选实施例中，步骤S4还包括(b)润滑控制：

[0073] ①保证轧辊加工的表面粗糙度；

[0074] ②在轧辊预热后清理轧辊表面的氧化皮，然后在芯辊和导向辊上涂抹润滑剂，以防止铝合金材料在热锻过程中发生粘辊等缺陷；

[0075] ③在锥筒环件轧制过程中通过润滑喷枪向驱动辊与锥筒环件间喷涂润滑剂。

[0076] 在本发明的优选实施例中，步骤S4还包括(c)轴向蹿动方式控制：在轧机挡板与毛坯端面间预留一定的距离作为窜动量，以减少锥筒环件端面的切料现象以及对挡板的侧压力。

[0077] 在本发明的优选实施例中，步骤S4还包括(d)进给过程控制：在轧制过程前期，采用缓慢进给速度，以为使毛坯顺利咬入孔型；当毛坯咬入后，逐渐增大进给速度，以使毛坯锻透产生轧制变形应；在轧制末期，采用较小的进给速度进行整圆轧制，以保证环件轧制精度。

[0078] 在本发明的优选实施例中，步骤S1中：

[0079] 毛坯高度$H_0=H$，

[0080] 毛坯大端内径$d_{02}=d_{01}+(d_2-d_1)$，

[0081] 毛坯小端外径$D_{01}=\sqrt{\dfrac{4S_1+\pi d_{01}^2}{\pi}}$，

[0082] 毛坯大端外径$D_{02}=\sqrt{\dfrac{4S_2+\pi d_{02}^2}{\pi}}$，

[0083] 毛坯体积$V_0=\frac{\pi}{12}H_0\left(D_{01}^2+D_{02}^2+D_{02}D_{01}-d_{01}^2-d_{02}^2-d_{01}d_{02}\right)$，

[0084] 其中，S_1为锥筒环件小端的端面面积，$S_1=\frac{\pi}{4}\left(D_1^2-d_1^2\right)$，$S_2$为锥筒环件大端的端面面积，$S_2=\frac{\pi}{4}\left(D_2^2-d_2^2\right)$。

[0085] 如图1-图6所示，以2A14铝合金锥筒环件为例，其小端的内外径分别为639mm、826mm，大端的内外径分别为868mm、1055mm，轴向高度为1200mm，该方法包括以下步骤：

[0086] 1)毛坯设计：

[0087] (a)确定当量轧制比：当量轧制比k为锥筒环件的内径与毛坯的内径之比，由于锥筒环件的形状为锥筒形，锥筒环件两端的内径不同，因此以锥筒环件的小端为基准，$k=d_1/d_{01}$，根据锥筒环件的尺寸，当量轧制比k＝1.53；

[0088] (b)确定毛坯尺寸

[0089] 由于环件轧制过程轴向变形可以忽略，因此设计毛坯的高度H_0与锥筒环件的高度H相等，即毛坯轴向高度为1200mm；

[0090] 根据当量轧比可以确定毛坯小端内径为400mm；

[0091] 毛坯内表面斜度与锥筒环件内表面斜度相等，因此毛坯大端内径为630mm；

[0092] 根据等截面环件毛坯的计算方法可得毛坯小端外径为660mm，毛坯大端外径为870mm，毛坯的体积为300901744mm^3，比锥筒环件体积大1％左右，符合设计要求；

[0093] 取合适尺寸的2A14铝锭下料，然后将料段从室温加热至该材料的最佳锻造温度范围(一般为420℃～470℃)，在经过镦粗冲孔获得最初的环形毛坯，该毛坯在加热保温后，经过芯轴拔长和马架扩孔至轧制用毛坯尺寸；

[0094] 2)孔型设计

[0095] 轧制孔型由驱动辊和芯辊工作面组成，驱动辊和芯辊工作面型腔与锥筒环件截面形状相对应，所有轧辊工作面的斜度均与锥筒环件表面斜度相等，轧辊尺寸设计如下：

[0096] (a)驱动辊和芯辊型腔尺寸：考虑到轧制过程中锥筒环件的轴向窜动，ΔH取186mm，则驱动辊型腔高度为1386mm，芯辊型腔高度为1500mm；

[0097] 为了保证成形锥筒环件截面尺寸精度，根据锥筒环件外表面斜度θ_1和内表面斜度θ_2，可确定驱动辊型腔斜度α_d以及芯辊型腔斜度α_i为：$\alpha_d=\theta_1$，$\alpha_i=\theta_2$；

[0098] 根据设备结构要求，驱动辊和芯辊闭合时驱动辊的型腔宽度S_d不应超过锥筒环件的壁厚，通常定为：$S_d=\frac{D_2-D_1}{2}-(5\sim18)mm$；

[0099] (b)驱动辊和芯辊工作面径向尺寸：驱动辊和芯辊径向尺寸设计应满足以下条件：

[0100] ①由于毛坯为锥筒形，其两端内外径尺寸以及驱动辊和芯辊两端直径均不相同，因此为了使毛坯在辗扩中能够连续咬入由驱动辊和芯辊构成的孔型并被塑性穿透而产生壁厚减小、直径扩大的辗扩变形，则驱动辊和芯辊工作面的小端直径D_{d1}和D_{i1}以及大端直径D_{d2}和D_{i2}应满足下述公式：

[0101] $$\begin{cases} D_{d1} \geq \dfrac{2D_{i2}(D_2-d_2)}{17.5\beta D_{i2}-2(D_2-d_2)} \\ D_{i2} \geq \dfrac{2D_{d1}(D_2-d_2)}{17.5\beta D_{d1}-2(D_2-d_2)} \end{cases} ; \quad \begin{cases} D_{d2} \geq \dfrac{2D_{i1}(D_1-d_1)}{17.5\beta D_{i1}-2(D_1-d_1)} \\ D_{i1} \geq \dfrac{2D_{d2}(D_1-d_1)}{17.5\beta D_{d2}-2(D_1-d_1)} \end{cases}$$

[0102] 其中β=arctanμ为摩擦角，μ为摩擦系数，可根据实际情况选取，当选用乳化液润滑时，其取值大约在0.35～0.45；

[0103] 驱动辊工作面的小端直径D_{d1}和大端直径D_{d2}之间以及芯辊工作面的小端直径D_{i1}和大端直径D_{i2}之间应满足下式：

[0104] $$\begin{cases} D_{d2} = D_{d1} + 2H_d \cot\alpha_d \\ D_{i2} = D_{i1} + 2H_i \cot\alpha_i \end{cases} ;$$

[0105] ②为了保证芯辊强度并能够顺利穿入环件毛坯，芯辊工作面小端直径一般设计为：

[0106] $D_{i1}=d_1-(40\sim160)$mm；

[0107] ③为了上、下料顺利，根据轧环机设备结构要求，驱动辊和芯辊的闭合中心距应在轧环机极限闭合中心距范围内，则有：

[0108] $$\begin{cases} \dfrac{D_{d2}}{2} + \dfrac{d_{02}-d_{01}}{2} + \dfrac{D_{i1}}{2} \leq L_{\max} \\ \dfrac{D_{d2}}{2} + \dfrac{d_2-d_1}{2} + \dfrac{D_{i1}}{2} \geq L_{\min} \end{cases} ,$$

[0109] 其中L_{max}和L_{min}分别为轧环机允许的最大和最小闭合中心距；

[0110] 根据轧环机设备的能力及以上条件可综合确定驱动辊工作面的小端直径D_{d1}为934mm，大端直径D_{d2}为1200mm，台阶部分外径为1064mm，芯辊工作面的小端直径D_{i1}为260mm，大端直径D_{i2}为546.2mm；

[0111] 3)轧制工艺参数设计：锥筒环件轧制过程的工艺参数主要包括驱动辊转速和芯辊进给速度等，驱动辊的转速和芯辊的进给速度主要与环件轧制过程的咬入和锻透条件有关：

[0112] (a)驱动辊转速n_d确定

[0113] 为了保证环件稳定轧制，驱动辊最大线速度V_{d2}通常取0.8～1.4m/s，本实施例中取1.2m/s，可计算驱动辊转速为n_d为0.318r/s；

[0114] (b)芯辊进给速度v_i确定

[0115] 为了保证轧制过程中环件毛坯能够顺利咬入和锻透，芯辊的进给速度v_i需满足一定的范围，即：

[0116] $$\begin{cases} v_i \geq v_{\min} = \dfrac{3.275\times10^{-3} n_d D_{d2}\left(D_{01}-d_{01}\right)^2}{D_{01}} \left(\dfrac{1}{D_{d2}} + \dfrac{1}{D_{i1}} + \dfrac{1}{D_{01}} - \dfrac{1}{d_{01}}\right) \\ v_i \leq v_{\max} = \dfrac{\beta^2 n_d D_{d2}^2}{D_{01}\left(1+D_{d2}/D_{i1}\right)^2} \left(1 + \dfrac{D_{d2}}{D_{i1}} + \dfrac{D_{d2}}{D_{01}} - \dfrac{D_{d2}}{d_{01}}\right) \end{cases} ,$$

[0117] 结合实际生产经验取芯辊进给速度为2mm/s；

[0118] 4)轧制成形过程控制:通过控制环件温度、润滑条件、轴向蹿动方式和芯辊进给规范,保证轧制过程稳定进行:

[0119] (a)温度控制:轧制成形过程的温度控制包括毛坯由加热炉转移到轧环机附近的保温控制、上料过程中毛坯保温控制和轧辊预热:

[0120] ①毛坯的转移需要一定的时间,在毛坯出炉前对保温罩进行预热,在毛坯出炉时迅速将毛坯放置在预热后的保温罩中并将其转移至轧环机,减少毛坯转移过程中热量散失;

[0121] ②在上料过程中,给夹持毛坯的机械手包裹一层石棉,以减少毛坯与机械手接触过程的热量散失;

[0122] ③为了减少毛坯与模具接触过程中的热量散失,设计形状尺寸与毛坯相似的钢环,将其加热,轧制铝合金环件前,利用热的钢环空转的方式对轧辊进行预热,预热温度控制在300℃左右;

[0123] (b)润滑控制:为了保证锥筒环件轧制过程稳定顺利进行,采用以下措施进行润滑控制:

[0124] ①保证轧辊加工的表面粗糙度;

[0125] ②为了防止铝合金材料在热锻过程中发生粘辊等缺陷,在轧辊预热后清理轧辊表面的氧化皮,然后在芯辊和导向辊上涂抹润滑剂;

[0126] ③环件轧制过程中,轧辊与环件间无润滑液或环件的温度较高时,应立即通过润滑喷枪向驱动辊与环件间喷涂润滑剂;

[0127] (c)轴向蹿动控制:针对锥筒环件轧制过程存在的轴向位移的不稳定现象,本发明提出了预留窜动量的方法,即在挡板与坯料端面间预留186mm的窜动量,减少环件端面的切料现象以及对挡板的侧压力;

[0128] (d)进给过程控制:轧环开始时,控制芯辊进给速度为较小值,在轧制稳定后,增大芯辊进给速度至2mm/s;而且在轧制过程中应保证芯辊轴向的液压,防止芯辊由于轴向压力不足导致芯辊随环件轴向移动,而使环件轧制过程不能继续进行的情况;如果轧制过程环件没有进入整圆阶段便已经与挡板接触,应停机并重新调整环件的位置后,继续进行轧制,直至达到预定尺寸后,停止进给,控制各轧辊退回至初始位置,取出成形锥筒环件。

[0129] 与传统的锻造成形锥筒环件或者轧制矩形截面环件后再加工成锥筒环件相比,采用本发明径向热轧直接轧制锥筒环件,可节约材料25%～52%。

[0130] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

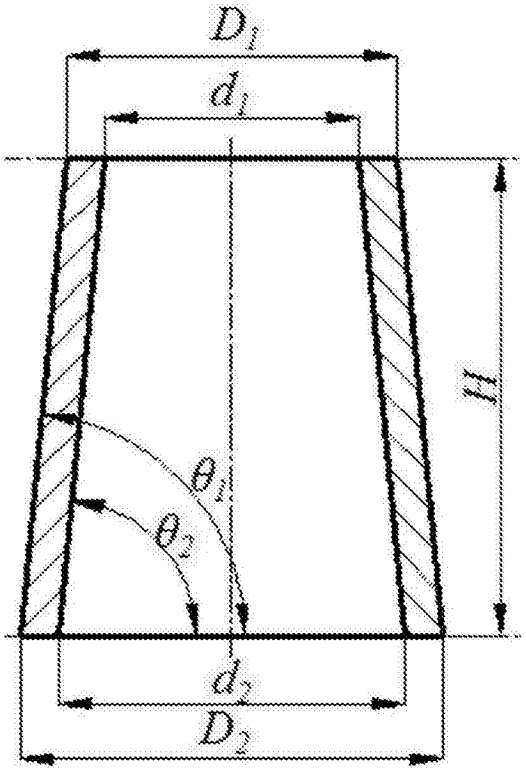


图1

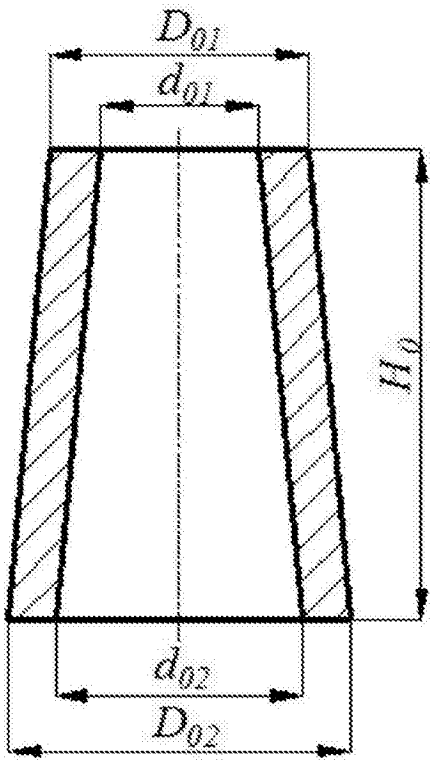


图2

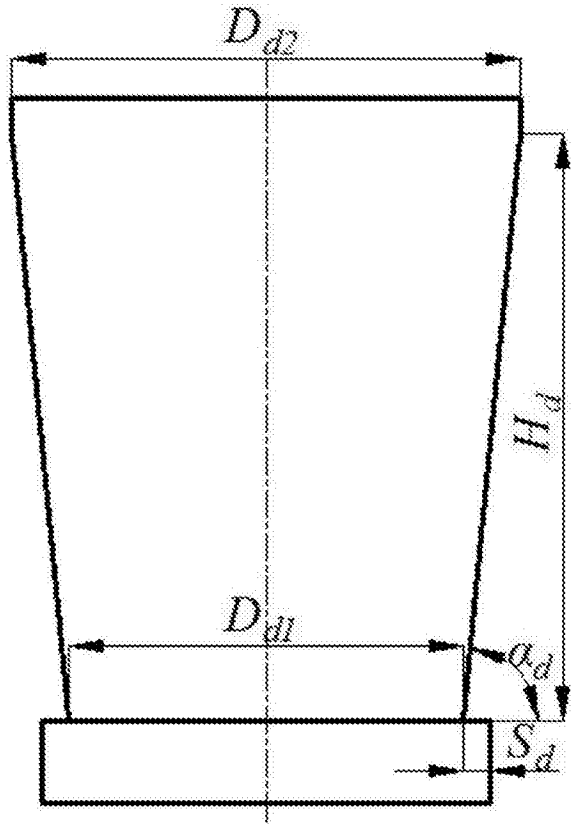


图3

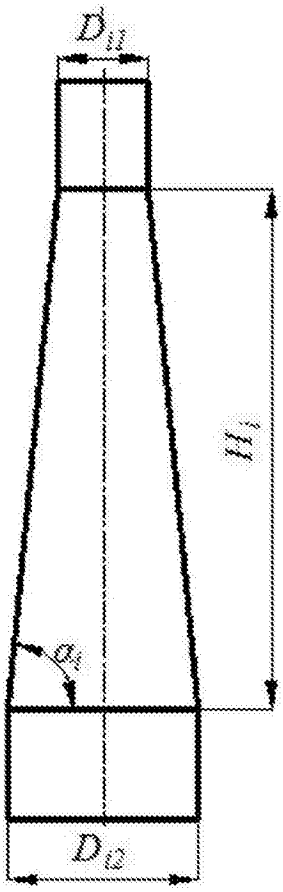


图4

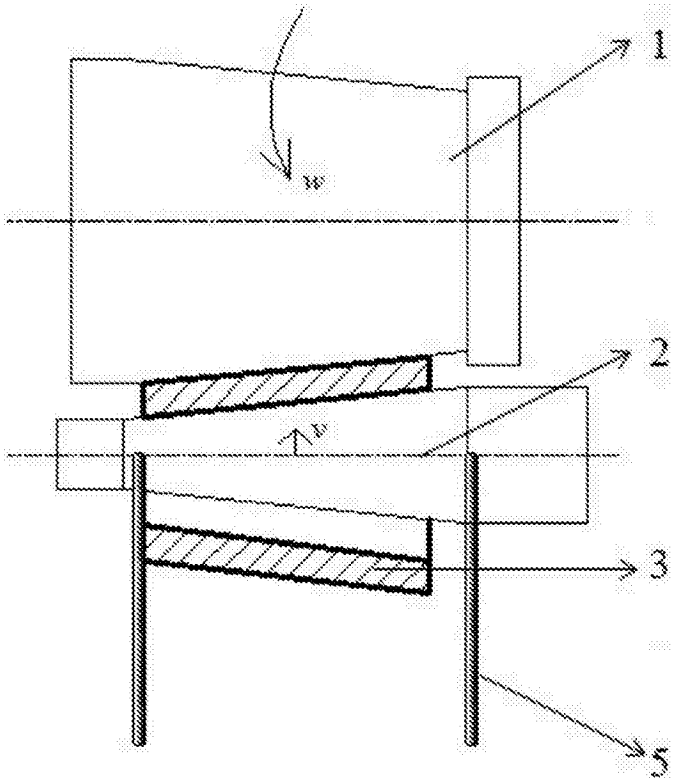


图5

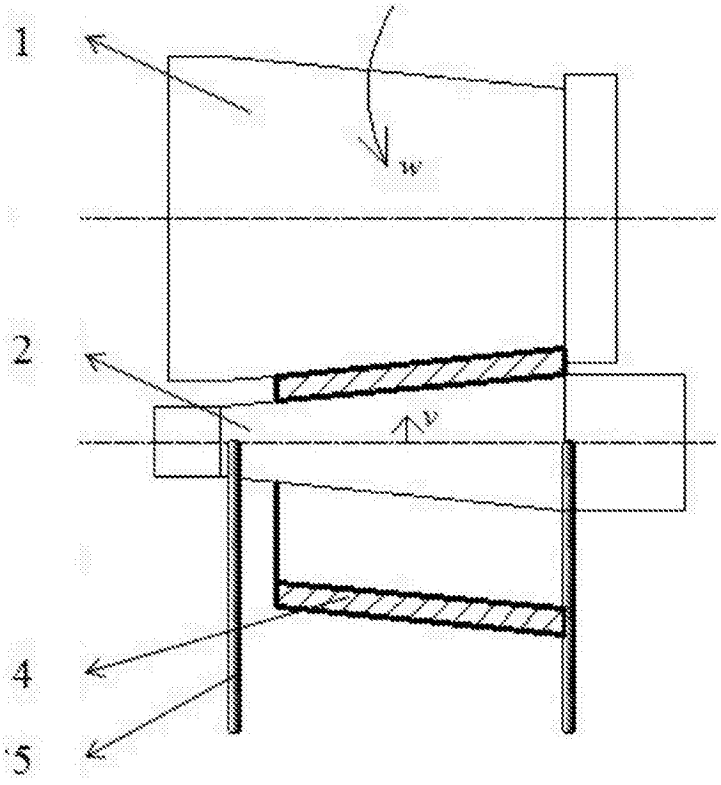


图6