

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102000752 A

(43) 申请公布日 2011.04.06

(21) 申请号 201010523117.X

(22) 申请日 2010.10.28

(71) 申请人 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 华林 毛华杰 钱东升 田琛琛  
邵一川 田亮 周秀梅

(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

(51) Int. Cl.

B21H 1/06 (2006.01)

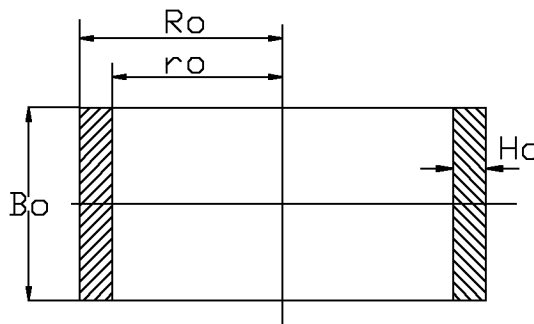
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

双球面环件轧制成形方法

(57) 摘要

本发明涉及一种双球面环件轧制成形的方  
法。双球面环件轧制成形的方  
法，其特征在于  
它包括以下步骤：1) 制坯：将棒料段从室温均  
匀加热到高塑性、低抗力的热变形温度，然后  
将热态的棒料段镦粗、冲孔、冲连皮，并去应力  
退火，制成冷轧用环件毛坯；确定环件毛坯尺  
寸：首先根据环件尺寸和轧制比设计环件毛坯  
尺寸；2) 确定轧制孔型：根据环件轧制变形条  
件和轧环机结构要求设计驱动辊和芯辊工作型  
腔；3) 轧制参数确定：根据环件轧制变形条  
件设计驱动辊转速和芯辊进给速度；4) 轧制：  
将加工好的环件毛坯放入轧环机孔内，按上述  
轧制参数轧制成环件。本发明具有生产效率高、  
生产成本低、产品质量好的特点。



1. 双球面环件轧制成形的方法,其特征在于它包括以下步骤:

1) 制坯:将棒料段从室温均匀加热到热变形温度,然后将热态的棒料段镦粗、冲孔、冲连皮,并去应力退火,制成冷轧用环件毛坯;

环件毛坯尺寸确定过程如下:

a) 计算冷轧成形的双球面截面环件体积  $V$ :

$$V = \pi(R^2 - r^2)b + \pi R^2(B - b) - \frac{\pi}{12}(B^3 - b^3) - \pi r_1(B - b),$$

$R$ 、 $r$ 、 $B$ 、 $b$ 、 $r_1$ 、 $H$  分别为环件球面外半径、环件球面内半径、环件高度、环件内球面高度、环件端面内半径以及环件在中间直径上的壁厚;

b) 选择合适的轧制比

轧制比  $\lambda = \frac{A_0}{A}$ , 定义为轧制前环件毛坯截面积  $A_0$  与轧制后的环件截面积  $A$  之比, 轧制比

取为  $1.2 \leq \lambda \leq 2.33$ ;

c) 根据环件体积和轧制比确定环件毛坯尺寸

环件毛坯壁厚  $H_0$ :

$$H_0 = \frac{\lambda A}{2B} = \frac{\lambda \left( \frac{B}{2} \sqrt{R^2 - \frac{B^2}{4}} + R^2 \arcsin \frac{B}{4} - \frac{b}{2} \sqrt{r^2 - \frac{b^2}{4}} - r^2 \arcsin \frac{b}{4} - r_1(B - b) \right)}{2B_0}$$

$R_0$ 、 $r_0$ 、 $B_0$ 、 $H_0$  分别为环件毛坯外半径、环件毛坯内半径、环件毛坯高度及环件毛坯壁厚; 环件毛坯的内半径、环件毛坯的外半径:

$$R_0 = \frac{V}{\pi \lambda A} + \frac{\lambda A}{4B}, r_0 = \frac{V}{\pi \lambda A} - \frac{\lambda A}{4B},$$

其中,  $V$  为环件体积,  $A$  为环件截面积;

采用闭式孔型轧制, 取环件毛坯高度  $B_0$  与环件高度  $B$  相等;

2) 确定轧制孔型

轧辊孔型的确定包括驱动辊和芯辊工作型腔确定, 驱动辊工作面半径和芯辊工作面半径应满足:

$$R_{1i} \geq R_{1i\min} = \frac{R_{2i}(R_0 - r_0)}{17.5\beta R_{2i} - (R_0 - r_0)}, R_{2i} \geq R_{2i\min} = \frac{R_{1i}(R_0 - r_0)}{17.5\beta R_{1i} - (R_0 - r_0)}$$

式中,  $R_{1i}$ 、 $R_{2i}$  分别为驱动辊工作面半径、芯辊工作面半径;  $R_0$ 、 $r_0$  分别为环件毛坯外半径和内半径;  $\beta$  为摩擦角,  $\beta = \arctan \mu$  为摩擦角,  $\mu$  为摩擦系数;  $R_{2i} \leq r_0 - 3\text{mm}$ ; 驱动辊与芯辊的形状由环件形状决定;

驱动辊和芯辊的闭合中心距应在轧环机允许的闭合中心距范围内, 而且驱动辊和芯辊的闭合槽深应不超过环件壁厚, 通常有:

$$R_{1i} + R_{2i} + S_1 + S_2 = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2}, S_1 + S_2 \approx H - (0.3 \sim 0.5)\text{mm},$$

式中,  $L_{\min}$  为轧环机允许的最小闭合中心距,  $L_{\max}$  为轧环机允许的最大闭合中心距,  $S_1$  为驱动辊侧壁宽度,  $S_2$  为芯辊侧壁宽度,  $H$  为环件在中间直径上的壁厚;

3) 轧制参数确定

轧制参数包括驱动辊转速和芯辊进给速度，

驱动辊线速度保持在  $V_d = 1.1 \sim 1.6\text{m/s}$ ，驱动辊转速  $n$  为

$$n = V_d / 2 \pi R_{1i},$$

$R_{1i}$  为驱动辊工作面半径，

芯辊进给速度  $v$  按下式确定

$$v = \frac{f^2 n R_{1i}^2}{R_0 (1 + R_{1i} / R_{2i})^2} \left( 1 + \frac{R_{1i}}{R_{2i}} + \frac{R_{1i}}{R_0} - \frac{R_{1i}}{r_0} \right)$$

式中， $n$  为驱动辊转速， $f$  为环件与孔型间的摩擦系数， $f$  通常取  $0.15 \sim 0.2$ ；

4) 轧制：将加工好的环件毛坯放入轧环机孔内，按上述轧制参数轧制成环件。

## 双球面环件轧制成形方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种双球面环件轧制成形的方法。

### 背景技术

[0002] 双球面环件是一种内外表面均为球面的复杂截面环件,主要用作轴承套圈、球笼式等速万向节等零件。该类零件对内外球面尺寸、内外球面中心偏置误差以及形位公差要求高。其传统的加工方法主要通过机械切削加工内外球面。由于环件壁厚较薄,切削加工时易产生附加变形,影响球面尺寸精度。而且内球面加工不方便,加工工时和材料消耗大。此外,切削加工破坏了环件表层的金属流线,降低了产品组织性能。这些缺点导致传统工艺加工双球面环件生产效率低,成本高,产品质量难以保证。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种生产效率高、成本低、产品质量好的双球面环件轧制成形的方法。

[0004] 为了实现上述目的,本发明的技术方案是:双球面环件轧制成形的方法,其特征在于它包括以下步骤:

[0005] 1) 制坯:将棒料段从室温均匀加热到热变形温度,然后将热态的棒料段镦粗、冲孔、冲连皮,并去应力退火,制成冷轧用环件毛坯;

[0006] 环件毛坯尺寸确定过程如下:

[0007] a) 计算冷轧成形的双球面截面环件体积  $V$  :

$$[0008] \quad V = \pi(R^2 - r^2)b + \pi R^2(B - b) - \frac{\pi}{12}(B^3 - b^3) - \pi r_1(B - b),$$

[0009]  $R$ 、 $r$ 、 $B$ 、 $b$ 、 $r_1$ 、 $H$  分别为环件球面外半径、环件球面内半径、环件高度、环件内球面高度、环件端面内半径以及环件在中间直径上的壁厚;

[0010] b) 选择合适的轧制比

[0011] 轧制比  $\lambda = \frac{A_0}{A}$ , 定义为轧制前环件毛坯截面积  $A_0$  与轧制后的环件截面积  $A$  之比, 轧制比取为  $1.2 \leq \lambda \leq 2.33$ ;

[0012] c) 根据环件体积和轧制比确定环件毛坯尺寸

[0013] 环件毛坯壁厚  $H_0$  :

$$[0014] \quad H_0 = \frac{\lambda A}{2B} = \frac{\lambda \left( \frac{B}{2} \sqrt{R^2 - \frac{B^2}{4}} + R^2 \arcsin \frac{B}{4} - \frac{b}{2} \sqrt{r^2 - \frac{b^2}{4}} - r^2 \arcsin \frac{b}{4} - r_1(B - b) \right)}{2B_0}$$

[0015]  $R_0$ 、 $r_0$ 、 $B_0$ 、 $H_0$  分别为环件毛坯外半径、环件毛坯内半径、环件毛坯高度及环件毛坯壁厚;

[0016] 环件毛坯的内半径、环件毛坯的外半径:

$$[0017] \quad R_0 = \frac{V}{\pi \lambda A} + \frac{\lambda A}{4B}, r_0 = \frac{V}{\pi \lambda A} - \frac{\lambda A}{4B},$$

[0018] 其中,  $V$  为环件体积,  $A$  为环件截面积;

[0019] 采用闭式孔型轧制, 取环件毛坯高度  $B_0$  与环件高度  $B$  相等;

[0020] 2) 确定轧制孔型

[0021] 轧辊孔型的确定包括驱动辊和芯辊工作型腔确定, 驱动辊工作面半径和芯辊工作面半径应满足:

$$[0022] \quad R_{1i} \geq R_{1i\min} = \frac{R_{2i}(R_0 - r_0)}{17.5\beta R_{2i} - (R_0 - r_0)}, R_{2i} \geq R_{2i\min} = \frac{R_{1i}(R_0 - r_0)}{17.5\beta R_{1i} - (R_0 - r_0)}$$

[0023] 式中,  $R_{1i}$ 、 $R_{2i}$  分别为驱动辊工作面半径、芯辊工作面半径;  $R_0$ 、 $r_0$  分别为环件毛坯外半径和内半径;  $\beta$  为摩擦角,  $\beta = \arctan \mu$  为摩擦角,  $\mu$  为摩擦系数;  $R_{2i} \leq r_0 - 3\text{mm}$ ; 驱动辊与芯辊的形状由环件形状决定;

[0024] 驱动辊和芯辊的闭合中心距应在轧环机允许的闭合中心距范围内, 而且驱动辊和芯辊的闭合槽深应不超过环件壁厚, 通常有:

$$[0025] \quad R_{1i} + R_{2i} + S_1 + S_2 = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2}, S_1 + S_2 \approx H - (0.3 \sim 0.5)\text{mm},$$

[0026] 式中,  $L_{\min}$  为轧环机允许的最小闭合中心距,  $L_{\max}$  为轧环机允许的最大闭合中心距,  $S_1$  为驱动辊侧壁宽度,  $S_2$  为芯辊侧壁宽度,  $H$  为环件在中间直径上的壁厚;

[0027] 3) 轧制参数确定

[0028] 轧制参数包括驱动辊转速和芯辊进给速度,

[0029] 驱动辊线速度保持在  $V_d = 1.1 \sim 1.6\text{m/s}$ , 驱动辊转速  $n$  为

$$[0030] \quad n = V_d / 2\pi R_{1i}$$

[0031]  $R_{1i}$  为驱动辊工作面半径,

[0032] 芯辊进给速度  $v$  按下式确定

$$[0033] \quad v = \frac{f^2 n R_{1i}^2}{R_0 (1 + R_{1i}/R_{2i})^2} \left(1 + \frac{R_{1i}}{R_{2i}} + \frac{R_{1i}}{R_0} - \frac{R_{1i}}{r_0}\right)$$

[0034] 式中,  $n$  为驱动辊转速,  $f$  为环件与孔型间的摩擦系数,  $f$  通常取  $0.15 \sim 0.2$ ;

[0035] 4) 轧制: 将加工好的环件毛坯放入轧环机孔内, 按上述轧制参数轧制成环件。

[0036] 本发明的有益效果是: 该方法通过连续局部塑性变形使矩形截面毛坯在常温下直接成形为双球面环件, 避免了球面切削加工缺陷, 有效地节约了原材料, 提高了生产效率和产品质量, 降低了生产成本。

#### 附图说明

[0037] 图 1a 是本发明的环件 (产品) 结构示意图;

[0038] 图 1b 是本发明的环件毛坯结构示意图;

[0039] 图 2a 是本发明的环件 (产品) 尺寸标注图;

[0040] 图 2b 是本发明的环件毛坯尺寸标注图;

[0041] 图 3 是本发明的环件轧制原理图;

[0042] 图 4 是图 3 的左视图;

[0043] 图 3 中 1- 驱动辊, 2- 芯辊, 3- 导向棍, 4- 环件毛坯, 5- 信号辊。

[0044] 图 4 中 1- 驱动辊, 2- 芯辊, 3- 环件毛坯。

### 具体实施方式

[0045] 双球面环件轧制成形的方法, 它包括以下步骤:

[0046] 1) 制坯: 将棒料段从室温均匀加热到高塑性、低抗力的热变形温度 (为现有技术), 然后将热态的棒料段镦粗、冲孔、冲连皮, 并去应力退火, 制成冷轧用环件毛坯;

[0047] 如图 1a、图 1b 所示, 环件毛坯尺寸确定过程如下:

[0048] a) 计算冷轧成形的双球面截面环件体积  $V$ :

$$[0049] \quad V = \pi(R^2 - r^2)b + \pi R^2(B - b) - \frac{\pi}{12}(B^3 - b^3) - \pi r_1(B - b)$$

[0050] 式中  $R$ 、 $r$ 、 $B$ 、 $b$ 、 $r_1$ 、 $H$  分别为环件球面外半径、环件球面内半径、环件高度、环件内球面高度、环件端面内半径以及环件在中间直径上的壁厚;

[0051] b) 选择合适的轧制比

[0052] 轧制比  $\lambda = \frac{A_0}{A}$ , 定义为轧制前环件毛坯截面积  $A_0$  与轧制后的环件 [轧制前称为环件毛坯; 轧制后称为环件 (即产品, 或称环件锻件)] 截面积  $A$  之比, 反映了轧制变形程度; 对于双球面环件冷轧成形, 球面成形和和环件直径扩大并非同步进行, 轧制比取值直接影响到环件形状和尺寸精度, 要合理取值以保证内、外球面形状和环件直径达到尺寸要求; 对于双球面环件冷轧, 轧制比一般取为  $1.2 \leq \lambda \leq 2.33$ ;

[0053] c) 根据环件体积和轧制比确定环件毛坯尺寸

[0054] 环件毛坯壁厚  $H_0$ :

$$[0055] \quad H_0 = \frac{\lambda A}{2B} = \frac{\lambda \left( \frac{B}{2} \sqrt{R^2 - \frac{B^2}{4}} + R^2 \arcsin \frac{B}{4} - \frac{b}{2} \sqrt{r^2 - \frac{b^2}{4}} - r^2 \arcsin \frac{b}{4} - r_1(B - b) \right)}{2B_0}$$

[0056] 式中,  $R_0$ 、 $r_0$ 、 $B_0$ 、 $H_0$  分别为环件毛坯外半径、环件毛坯内半径、环件毛坯高度及环件毛坯壁厚;

[0057] 环件毛坯的内半径、环件毛坯的外半径:

$$[0058] \quad R_0 = \frac{V}{\pi \lambda A} + \frac{\lambda A}{4B}, r_0 = \frac{V}{\pi \lambda A} - \frac{\lambda A}{4B}$$

[0059] 其中,  $V$  为环件体积,  $A$  为环件截面积;

[0060] 采用闭式孔型轧制, 环件毛坯轴向宽展很小, 可以被忽略, 因此取环件毛坯高度  $B_0$  与环件高度  $B$  相等;

[0061] 2) 确定轧制孔型

[0062] 如图 3、图 4 所示, 轧辊孔型的确定主要包括驱动辊和芯辊工作型腔确定, 驱动辊工作面半径和芯辊工作面半径应满足:

$$[0063] \quad R_{1i} \geq R_{1i\min} = \frac{R_{2i}(R_0 - r_0)}{17.5\beta R_{2i} - (R_0 - r_0)}, R_{2i} \geq R_{2i\min} = \frac{R_{1i}(R_0 - r_0)}{17.5\beta R_{1i} - (R_0 - r_0)}$$

[0064] 式中,  $R_{1i}$ 、 $R_{2i}$  分别为驱动辊工作面半径、芯辊工作面半径;  $R_0$ 、 $r_0$  分别为环件毛

坯外半径和内半径； $\beta$  为摩擦角， $\beta = \arctan \mu$  为摩擦角， $\mu$  为摩擦系数；为了保证芯辊能顺利穿入环件毛坯进行轧制，芯辊工作面半径应不超过环件毛坯内半径，通常有  $R_{2i} \leq r_0 - 3\text{mm}$ ；驱动辊与芯辊的形状由环件形状决定，芯辊要设计出球面才能轧制出所需环件，而芯辊部分的长度是由轧环机决定；

[0065] 此外，根据轧环机结构要求，驱动辊和芯辊的闭合中心距应在轧环机允许的闭合中心距范围内，而且驱动辊和芯辊的闭合槽深应不超过环件壁厚，通常有：

$$[0066] \quad R_{1i} + R_{2i} + S_1 + S_2 = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2}, S_1 + S_2 \approx H - (0.3 \sim 0.5)\text{mm},$$

[0067] 式中， $L_{\min}$  为轧环机允许的最小闭合中心距， $L_{\max}$  为轧环机允许的最大闭合中心距， $S_1$  为驱动辊侧壁宽度， $S_2$  为芯辊侧壁宽度， $H$  为环件在中间直径上的壁厚。

[0068] 3) 轧制参数确定

[0069] 轧制参数主要包括驱动辊转速和芯辊进给速度，

[0070] 为了保证环件稳定轧制，驱动辊线速度通常保持在  $V_d = 1.1 \sim 1.6\text{m/s}$ ，根据驱动辊工作面半径，可设计驱动辊转速  $n$  为

$$[0071] \quad n = V_d / 2\pi R_{1i}$$

[0072]  $R_{1i}$  为驱动辊工作面半径，

[0073] 根据环件轧制变形所需咬入和锻透条件，芯辊进给速度  $v$  通常按下式设计

$$[0074] \quad v = \frac{f^2 n R_{1i}^2}{R_0 (1 + R_{1i}/R_{2i})^2} \left(1 + \frac{R_{1i}}{R_{2i}} + \frac{R_{1i}}{R_0} - \frac{R_{1i}}{r_0}\right)$$

[0075] 式中， $n$  为驱动辊转速， $f$  为环件与孔型间的摩擦系数， $f$  通常取  $0.15 \sim 0.2$ ；

[0076] 4) 轧制：将加工好的环件毛坯放入轧环机孔内，按上述轧制参数轧制成环件。

[0077] 图 4 中的  $R_{1i}$ 、 $R_{11}$  分别为驱动辊工作面半径和球面半径， $R_{2i}$ 、 $R_{21}$  分别表示芯辊工作面半径和球面半径， $R_0$ 、 $r_0$  分别为环件毛坯的外半径和内半径。

[0078] 具体实例：

[0079] 1) 制坯：将棒料段（具体材料为 GCr15 钢）从室温均匀加热到高塑性、低抗力的热变形温度（ $1100 \sim 1200^\circ\text{C}$ ），然后将热态的棒料段镦粗、冲孔、冲连皮，并去应力退火，制成冷轧用环件毛坯；环件毛坯尺寸确定过程如下：

[0080] 如图 1a、图 1b、图 2a、图 2b 所示，要求轧制成形的 GCr15 钢双球面截面环件外径  $D$  为  $53.5\text{mm}$ （即环件球面外半径  $R$  为  $26.75\text{mm}$ ），内径  $d$  为  $47.7\text{mm}$ （即环件球面内半径  $r$  为  $23.85\text{mm}$ ），轴向宽度  $B$  为  $21\text{mm}$ （即环件高度  $B$  为  $21\text{mm}$ ）。根据环件毛坯设计方法，取轧制比为  $1.3$ ，设计轧制用毛坯外径  $D_0$  为  $41.8\text{mm}$ （即环件毛坯的外半径  $R_0$  为  $20.9\text{mm}$ ），内径  $d_0$  为  $33.8\text{mm}$ （即环件毛坯的内半径  $r_0$  为  $16.9\text{mm}$ ），轴向宽度  $B_0$  为  $21\text{mm}$ （即环件毛坯的高度  $B_0$  为  $10.5\text{mm}$ ）。

[0081] 为了便于轧制成形，锻造制坯时要严格保证环件毛坯的几何精度，消除环件毛坯内孔偏心、表面锤头印、冲孔毛刺等制坯缺陷。

[0082] 2) 确定轧制孔型：轧辊孔型的确定主要包括驱动辊和芯辊工作型腔确定，根据孔型确定方法，确定驱动辊工作面半径  $R_{1i}$  为  $112.5\text{mm}$ ；芯辊工作面半径  $R_{2i}$  为  $14\text{mm}$ 。

[0083] 3) 轧制参数确定：轧制参数主要包括驱动辊转速和芯辊进给速度。根据成形参数确定方法，计算确定驱动辊转速为  $2.43\text{r/s}$ ，芯辊进给速度为  $0.8\text{mm/s}$ 。

[0084] 4) 轧环机轧制成形 :将加工好的环件毛坯放入轧环机孔内轧制成形,轧制过程中环件与轧辊间保持良好的润滑。通过驱动辊的恒速转动和芯辊的连续进给,环件毛坯在轧制孔型中产生连续局部塑性变形。当测量辊测量所得环件外径达到预定值时,芯辊停止进给,轧制过程结束,环件毛坯最终成形为双球面截面环件。

[0085] 效果实验 :对得到的双球面截面环件(产品)进行检测,各项数据全部在产品所要求设计范围之内,且节约材料约 20%。本发明通过轧环机轧制成形,避免了切削加工缺陷引起的产品报废,成品率为 100%,说明本发明有效地提高了生产效率,降低了生产成本,提高了产品质量。



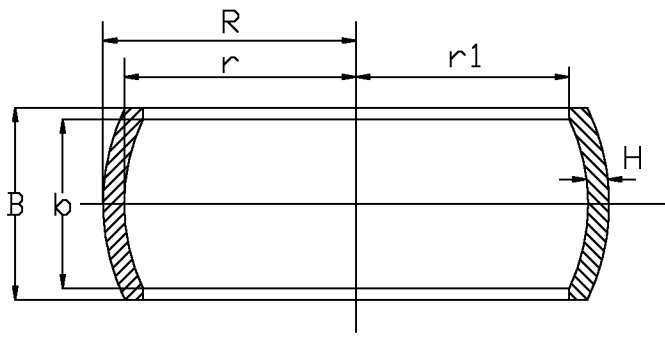


图 1a

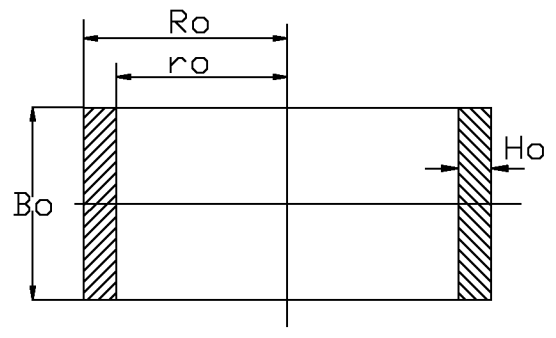


图 1b

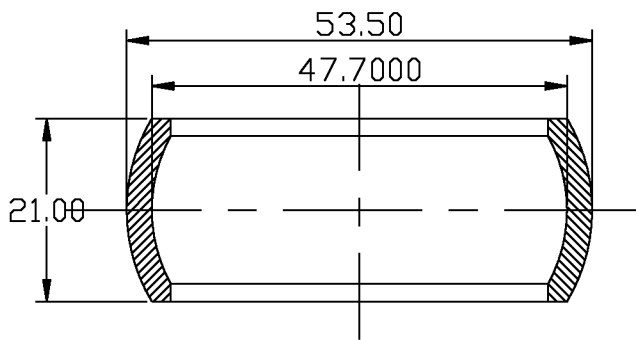


图 2a

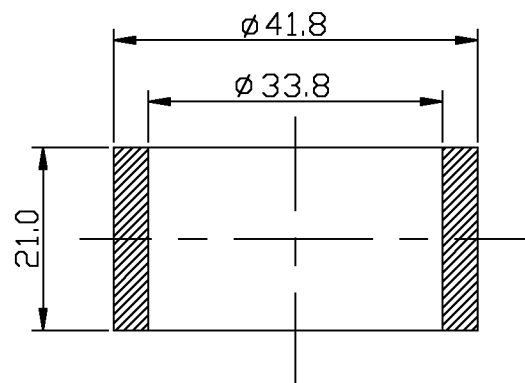


图 2b

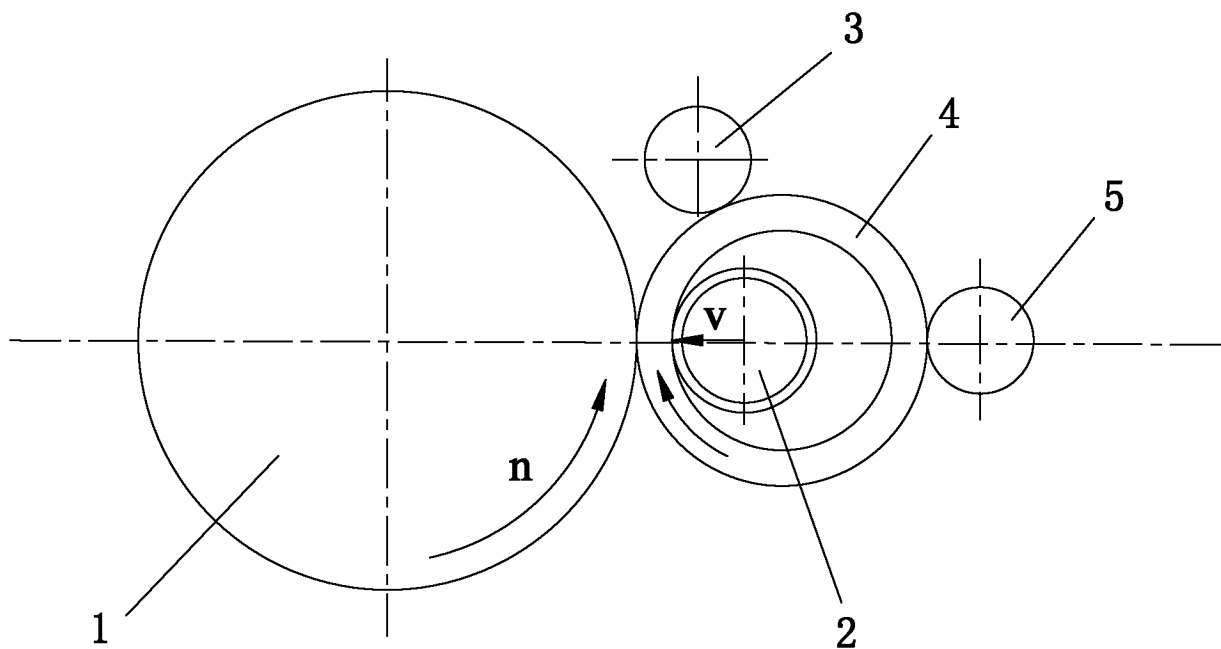


图 3

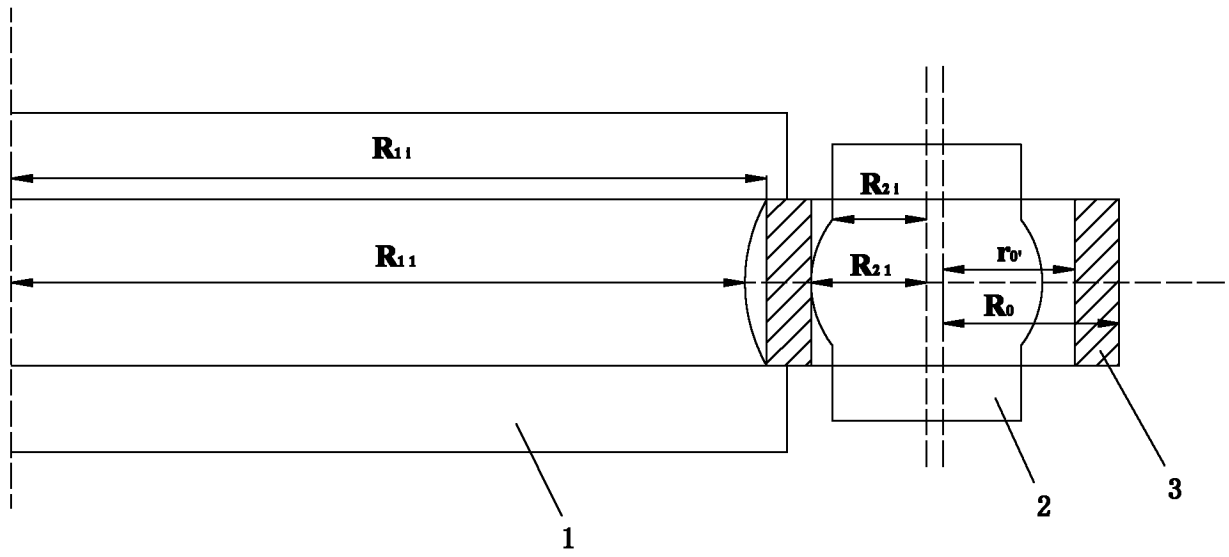


图 4