



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105127340 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201510611318.8

审查员 谢旺

(22)申请日 2015.09.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105127340 A

(43)申请公布日 2015.12.09

(73)专利权人 太原科技大学

地址 030024 山西省太原市万柏林区瓦流路66号

(72)发明人 秦芳诚 李永堂 刘志奇 齐会萍 李志

(74)专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 王思俊

(51)Int.Cl.

B21H 1/06(2006.01)

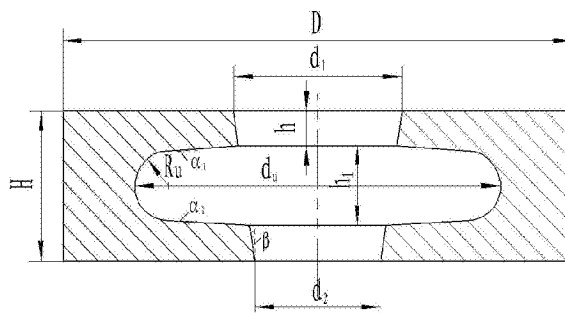
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种凹槽斜内孔环件辗扩成形方法

(57)摘要

一种凹槽斜内孔环件辗扩成形方法,属于环件辗扩成形技术领域,其特征在于工艺步骤如下:1)确定辗扩比λ;2)根据环件尺寸、辗扩比和体积不变原理,确定矩形截面毛坯尺寸,包括外径D₀、内径d₀和高度H₀;3)辗扩孔型设计:根据毛坯和环件的尺寸结构及变形条件,设计驱动辊和芯辊的工作面型腔尺寸;4)确定辗扩工艺参数,包括驱动辊转速、芯辊进给速度、初始辗扩温度以及辗扩终了温度;5)辗扩成形:根据上述设计参数,在闭式辗环机上经连续多道次变形使环坯直径不断扩大、斜内孔和凹槽截面辗扩成形。本发明优点是凹槽斜内孔环件辗扩过程稳定,工艺参数设计合理,环件外形尺寸精确、性能质量好,辗环成品率高,能源和材料浪费低。



1. 一种凹槽斜内孔环件辗扩成形方法,其特征在于工艺步骤如下:

(1) 确定辗扩比 λ ,根据给定的环件形状尺寸按经验选取辗扩比的范围, $\lambda=d_u/d_0$,其中 d_u 和 d_0 分别为环件凹槽部位的内径和毛坯的内径, λ 的取值范围为2.0~2.5;

(2) 根据凹槽环件尺寸、辗扩比和辗扩变形前后体积不变原理,确定矩形截面环形毛坯尺寸,凹槽环件体积为:

$$V = \pi H \left[\left(\frac{D-d_2}{2} \right)^2 - \frac{1}{3} (H \tan \beta)^2 \right] - \frac{4}{3} \pi R_u^3 - \frac{1}{3} \pi \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right)^3 \sin^4 \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 - \frac{8}{3} \pi R_u^3 \tan^2 \beta$$

$$- \frac{1}{3} \pi \left[(h_1 + 2R_u) \tan \beta - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) (\sin^2 \alpha_1 \tan \beta - \sin \alpha_2 \cos \alpha_2) \right]^2 \left[h_1 - 2R_u - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \right]$$

$$- \frac{1}{3} \left[h_1 \tan \beta - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \tan \beta \right]^2 \left[h_1 - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \right]$$

$$- 2\pi R_u \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right)^2 (\sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 \tan \beta)^2$$

其中, D 为环件外径, d_2 为斜内孔小内径, H 为轴向高度, h 为凹槽外沿与环件上下端面之间尺寸, h_1 为凹槽外沿高度, R_u 为凹槽圆弧半径, α_1 、 α_2 为凹槽上、下内壁与水平面夹角, β 为斜内孔壁与环件轴向夹角;辗扩变形前后轴向高度尺寸不变,即毛坯高度 $H_0=H$,毛坯内径 $d_0=d_u/\lambda$,毛坯外径 $D_0 = \sqrt{4V/\pi H + (d_u/\lambda)^2}$;

(3) 辗扩孔型设计:根据毛坯和环件的尺寸结构、截面形状及辗扩变形条件,设计驱动辊和芯辊的工作面型腔尺寸;驱动辊为主轧辊,其工作面型腔与凹槽环件截面形状对应,芯辊工作面设计为中部带外台阶形状,辗扩变形过程采用闭式孔型,芯辊外台阶沿环坯径向不断将其压入驱动辊工作面型腔;驱动辊与芯辊的工作面半径应满足: $(1/R_{M1}+1/R_I) \leq 1.75 \theta/H_0$, R_{M1} 为驱动辊最大型腔位置半径, R_I 为芯辊外台阶半径, $\theta = \tan^{-1} \mu$ 为摩擦角, μ 为摩擦系数,取值范围为0.5~0.7, R_{M1} 、 R_I 根据总进给量 $\Delta h = [(D_0-d_0)-(D-d_u)]/2$ 并结合与辗扩过程咬入条件和锻透条件的关系确定;芯辊外台阶高度与驱动辊工作面型腔高度一致,工作面型腔高度 $H_M = H_0 + 6 \sim 10 \text{mm}$,且为了提高辗扩时金属的流动性,设计型腔上、下内壁与水平面夹角 γ 为 $0^\circ \sim 6^\circ$;

(4) 确定辗扩工艺参数,包括驱动辊转速、芯辊进给速度、初始辗扩温度以及辗扩終了温度,辗扩过程中驱动辊转速采用28.3~30.6r/min,芯辊进给速度采用不同的规范,咬入阶段进给速度由0mm/s增加到1.5mm/s,逐渐咬入形成凹槽轮廓,完成凹槽部位成形总量的30%;稳定辗扩阶段由1.5mm/s增加到2.0mm/s,快速辗扩得到凹槽完整形状,凹槽部位成形达到90%;精确校圆、整形阶段由2.0mm/s减小到0.5mm/s,对凹槽和斜内孔尺寸进行校整;根据锻造温度范围确定初始辗扩温度为1100~1150℃,并控制辗扩終了温度在870~900℃;

(5) 辗扩成形:根据上述设计参数,在闭式辗环机上经过连续多道次变形使环坯直径不断扩大、斜内孔和凹槽截面辗扩成形。

一种凹槽斜内孔环件辗扩成形方法

技术领域

[0001] 本发明属于环件辗扩成形技术领域,具体涉及一种凹槽斜内孔环件辗扩成形方法。

背景技术

[0002] 凹槽环件是指外表面或内表面带有凹槽(槽深约占壁厚的五分之一以上)的异形环件,图1所示环件的凹槽深度占壁厚的二分之一,且内孔和凹槽上、下内壁具有一定的斜度,形状尺寸复杂。工程领域常用的双边支重轮体、混凝土搅拌车支撑导轨、双边法兰和高压球阀体等关键基础件均属于凹槽环件,对其尺寸精度、性能质量以及组织稳定性的要求较高。该类型环件的凹槽难以通过模锻直接成形,通常是先模锻简单预制坯成形,再经过机械切削加工出凹槽部位尺寸,但这会导致环件周向金属纤维流线在切削过程中被破坏,组织性能恶化,生产效率低、材料浪费严重。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种凹槽斜内孔环件辗扩成形方法,可以有效地克服现有技术存在的缺点。

[0004] 本发明的目的是这样实现的,其特征在于工艺步骤如下:如图1~5所示,

[0005] (1)确定辗扩比 λ ,即根据给定的环件形状尺寸按经验选取辗扩比的范围, $\lambda = d_u/d_0$,其中 d_u 和 d_0 分别为环件凹槽部位的内径和毛坯的内径, λ 的取值范围为2.0~2.5;

[0006] (2)根据凹槽环件尺寸、辗扩比和辗扩变形前后体积不变原理,确定矩形截面环形毛坯尺寸,凹槽环件体积为:

[0007]

$$\begin{aligned}
 V = & \pi H \left[\left(\frac{D-d_2}{2} \right)^2 - \frac{1}{3} (H \tan \beta)^2 \right] - \frac{4}{3} \pi R_u^3 - \frac{1}{3} \pi \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right)^3 \sin^4 \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 - \frac{8}{3} \pi R_u^3 \tan^2 \beta \\
 & - \frac{1}{3} \pi \left[(h_1 + 2R_u) \tan \beta - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) (\sin^2 \alpha_1 \tan \beta - \sin \alpha_2 \cos \alpha_2) \right]^2 \left[h_1 - 2R_u - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \right] \\
 & - \frac{1}{3} \left[h_1 \tan \beta - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \tan \beta \right]^2 \left[h_1 - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \right] \\
 & - 2\pi R_u \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right)^2 (\sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 \tan \beta)^2
 \end{aligned}$$

[0008] 其中, D 为环件外径, d_2 为斜内孔小内径, H 为轴向高度, h 为凹槽外沿与环件上下端面之间尺寸, h_1 为凹槽外沿高度, R_u 为凹槽圆弧半径, α_1 、 α_2 为凹槽上、下内壁与水平面夹角, β 为斜内孔壁与环件轴向夹角,辗扩变形前后轴向高度尺寸不变,即毛坯高度 $H_0 = H$,毛坯内径 $d_0 = d_u/\lambda$,毛坯外径 $D_0 = \sqrt{4V/\pi H + (d_u/\lambda)^2}$;

[0009] (3)辗扩孔型设计:根据毛坯和环件的尺寸结构、截面形状及辗扩变形条件,设计驱动辊和芯辊的工作面型腔尺寸;驱动辊为主轧辊,其工作面型腔与凹槽环件截面形状对

应,芯辊工作面设计为中部带外台阶形状,辗扩变形过程采用闭式孔型,芯辊外台阶沿环坯径向不断将其压入驱动辊工作面型腔;驱动辊与芯辊的工作面半径应满足: $(1/R_{M1}+1/R_I) \leq 1.75\theta/H_0$, R_{M1} 为驱动辊最大型腔位置半径, R_I 为芯辊外台阶半径, $\theta = \tan^{-1}\mu$ 为摩擦角, μ 为摩擦系数,取值范围为0.5~0.7, R_{M1} 、 R_I 根据总进给量 $\Delta h = [(D_0-d_0)-(D-d_u)]/2$ 并结合与辗扩过程咬入条件和锻透条件的关系确定;芯辊外台阶高度与驱动辊工作面型腔高度一致,工作面型腔高度 $H_M = H_0 + 6 \sim 10\text{mm}$,且为了提高辗扩时金属的流动性,设计型腔上下内壁与水平面夹角 γ 为 $0^\circ \sim 6^\circ$;

[0010] (4)确定辗扩工艺参数,包括驱动辊转速、芯辊进给速度、初始辗扩温度以及辗扩终了温度:辗扩过程中驱动辊转速采用28.3~30.6r/min,芯辊进给速度采用不同的规范,咬入阶段进给速度由0mm/s增加到1.5mm/s,逐渐咬入形成凹槽轮廓,完成凹槽部位成形总量的30%;稳定辗扩阶段由1.5mm/s增加到2.0mm/s,快速辗扩得到凹槽完整形状,凹槽部位成形达到90%;精确校圆、整形阶段由2.0mm/s减小到0.5mm/s,对凹槽和斜内孔尺寸进行校整;根据锻造温度范围确定初始辗扩温度为1100~1150℃,并控制辗扩终了温度在870~900℃;

[0011] (5)辗扩成形:根据上述设计参数,在闭式辗环机上经过连续多道次变形使环坯直径不断扩大、斜内孔和凹槽截面辗扩成形。

[0012] 本发明的优点及积极效果:采用本发明可以实现凹槽斜内孔环件辗扩过程的稳定进行和工艺参数的合理设计,环件的外形尺寸精确、内部组织性能质量较高,提高了辗环成品率,降低了能源和材料的浪费。

附图说明

[0013] 图1为凹槽斜内孔环件的截面示意图。

[0014] 图2为毛坯的截面示意图。

[0015] 图3为驱动辊截面示意图。

[0016] 图4为芯辊截面示意图。

[0017] 图5为凹槽斜内孔环件辗扩示意图。

[0018] 图中:1-芯辊 2-导向辊 3-凹槽斜内孔环件 4-驱动辊

[0019] D —环件外径, H —轴向高度, d_1 —斜内孔大内径, d_2 —斜内孔小内径, h —凹槽外沿与环件上下端面之间尺寸, h_1 —凹槽外沿高度, R_u —凹圆弧半径, d_u —凹槽部位内径, α_1 —凹槽上内壁与水平面夹角, α_2 —凹槽下内壁与水平面夹角, β —斜内孔壁与环件轴向夹角, D_0 —毛坯外径, H_0 —毛坯高度, d_0 —毛坯内径, D_M —驱动辊外径, R_{M1} —驱动辊最大型腔位置半径, D_{M1} —驱动辊最大型腔位置直径, R_I —芯辊外台阶半径, H_M —工作面型腔高度, γ —型腔上下内壁与水平面夹角, D_I —芯辊外台阶外径, H_I —芯辊外台阶高度, d_I —芯辊内台阶外径

具体实施方式

[0020] 以图1所示凹槽斜内孔环件为具体实施例,要求辗扩成形的凹槽斜内孔环件尺寸为:环件外径 $D = 1843\text{mm}$,斜内孔大内径 $d_1 = 1715\text{mm}$,斜内孔小内径 $d_2 = 1686\text{mm}$,轴向高度 $H = 60\text{mm}$,凹圆弧半径 $R_u = 12\text{mm}$,凹槽部位内径 $d_u = 1783\text{mm}$,凹槽外沿与环件上下端面之间尺寸 $h = 15\text{mm}$,凹槽外沿高度 $h_1 = 30\text{mm}$,凹槽上、下内壁与水平面夹角 α_1 、 α_2 分别为 6° 、 5° ,斜内

孔壁与环件轴向夹角 β 为 14° ；辗扩成形的工艺步骤是：如图1~5所示，

[0021] (1)确定辗扩比 λ ，根据给定的环件形状尺寸按经验选取辗扩比的范围， $\lambda = d_u/d_0$ ，其中 d_u 和 d_0 分别为环件凹槽部位的内径和毛坯的内径，该实施例取 $\lambda = 2.2$ ；

[0022] (2)根据凹槽环件尺寸、辗扩比和辗扩变形前后体积不变原理，确定矩形截面环形毛坯尺寸，凹槽环件体积为：

[0023]

$$\begin{aligned}
 V = \pi H & \left[\left(\frac{D-d_2}{2} \right)^2 - \frac{1}{3} (H \tan \beta)^2 \right] - \frac{4}{3} \pi R_u^3 - \frac{1}{3} \pi \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right)^3 \sin^4 \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 - \frac{8}{3} \pi R_u^3 \tan^2 \beta \\
 & - \frac{1}{3} \pi \left[(h_1 + 2R_u) \tan \beta - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) (\sin^2 \alpha_1 \tan \beta - \sin \alpha_2 \cos \alpha_2) \right]^2 \left[h_1 - 2R_u - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \right] \\
 & - \frac{1}{3} \left[h_1 \tan \beta - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \tan \beta \right]^2 \left[h_1 - \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right) \sin^2 \alpha_1 \right] \\
 & - 2\pi R_u \left(\frac{H}{2} - R_u - h \right)^2 (\sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 \tan \beta)^2
 \end{aligned}$$

[0024] 辗扩变形前后轴向高度尺寸不变，即毛坯高度 $H_0 = H = 60\text{mm}$ ，毛坯内径 $d_0 = d_u/\lambda = 810\text{mm}$ ，毛坯外径 $D_0 = \sqrt{4V/\pi H + (d_u/\lambda)^2} = 1070\text{mm}$ ；

[0025] (3)辗扩孔型设计：根据毛坯和环件的尺寸结构、截面形状及辗扩变形条件，设计驱动辊和芯辊的工作面型腔尺寸，驱动辊为主轧辊，其工作面型腔与凹槽环件截面形状对应，芯辊工作面设计为中部带外台阶形状，辗扩变形过程采用闭式孔型，芯辊外台阶沿环径向不断将其压入驱动辊工作面型腔；驱动辊与芯辊的工作面半径应满足： $(1/R_{M1} + 1/R_I) \leq 1.75\theta/H_0$ ， R_{M1} 为驱动辊最大型腔位置半径， R_I 为芯辊外台阶半径， $\theta = \tan^{-1}\mu$ 为摩擦角， μ 为摩擦系数，取 $\mu = 0.6$ ， R_{M1} 、 R_I 根据总进给量 $\Delta h = [(D_0 - d_0) - (D - d_u)]/2$ 并结合与辗扩过程咬入条件和锻透条件的关系确定， $R_{M1} = 170\text{mm}$ ， $R_I = 220\text{mm}$ ；芯辊外台阶高度与驱动辊工作面型腔高度一致，工作面型腔高度 $H_M = H_0 + 6 \sim 10\text{mm} = 70\text{mm}$ ，且为了提高辗扩时金属的流动性，设计型腔上下内壁与水平面夹角 γ 为 $0^\circ \sim 6^\circ$ ，该实例中取 γ 为 5° ；

[0026] (4)确定辗扩工艺参数，包括驱动辊转速、芯辊进给速度、初始辗扩温度以及辗扩终了温度：辗扩过程中驱动辊转速采用 28.3r/min ，芯辊进给速度采用不同的规范，咬入阶段进给速度由 0mm/s 增加到 1.5mm/s ，逐渐咬入形成凹槽轮廓，完成凹槽部位成形总量的30%；稳定辗扩阶段由 1.5mm/s 增加到 2.0mm/s ，快速辗扩得到凹槽完整形状，凹槽部位成形达到90%；精确较圆、整形阶段由 2.0mm/s 减小到 0.5mm/s ，对凹槽和斜内孔尺寸进行校整；根据锻造温度范围确定初始辗扩温度为 1140°C ，并控制辗扩终了温度在 890°C ；

[0027] (5)辗扩成形：根据上述设计参数，在闭式辗环机上经过连续多道次变形使环坯直径不断扩大、斜内孔和凹槽截面辗扩成形。

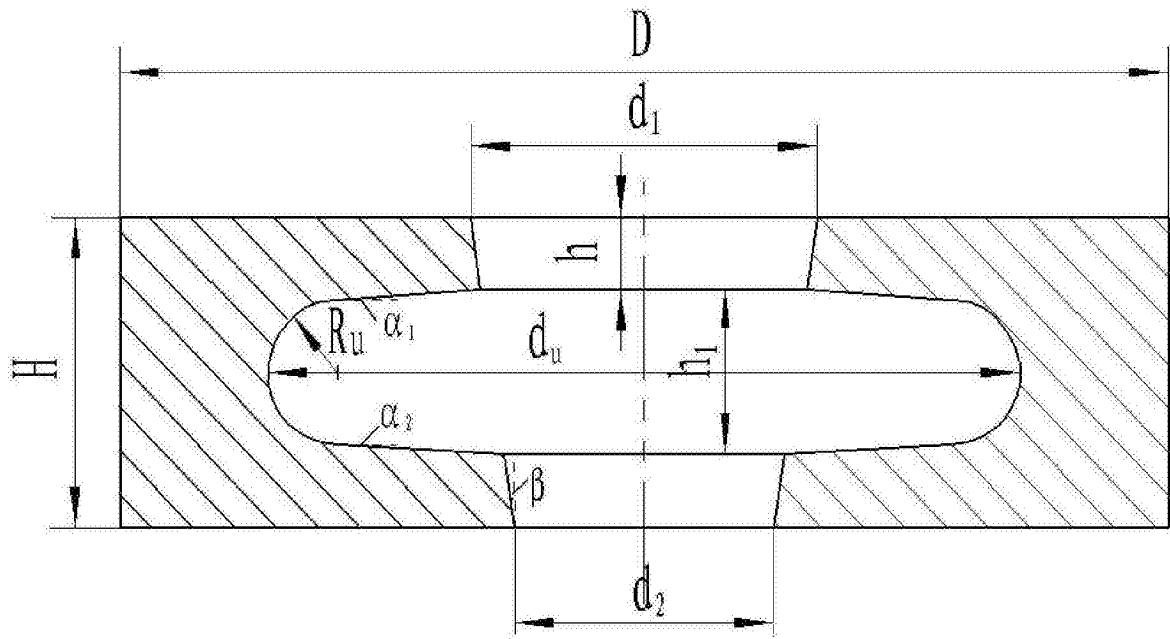


图1

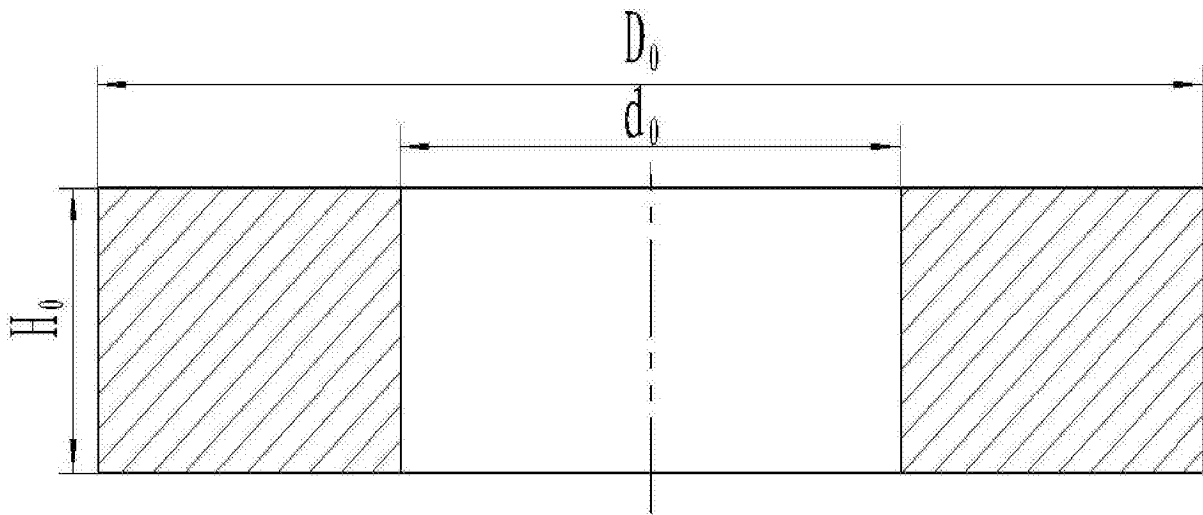


图2

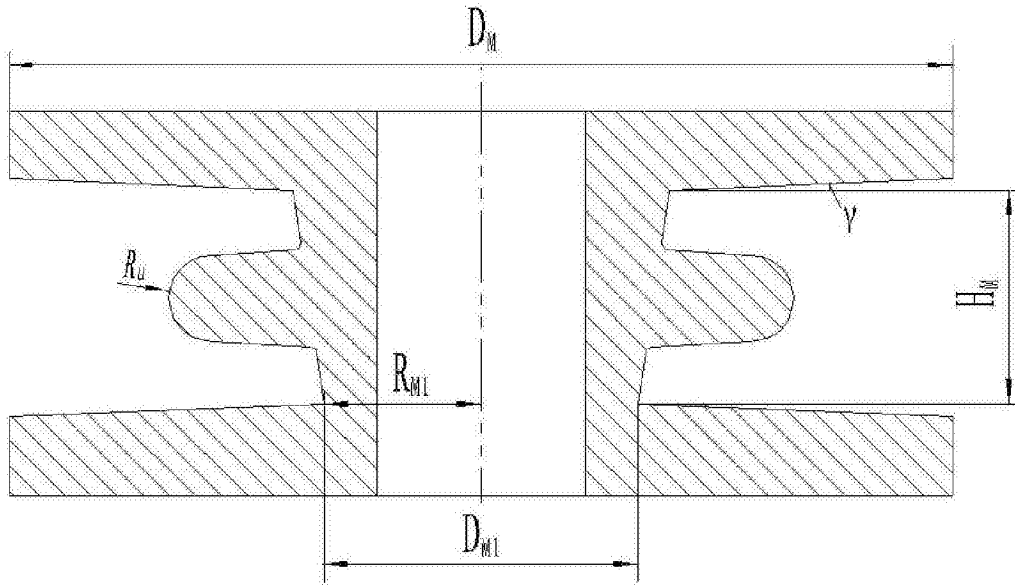


图3

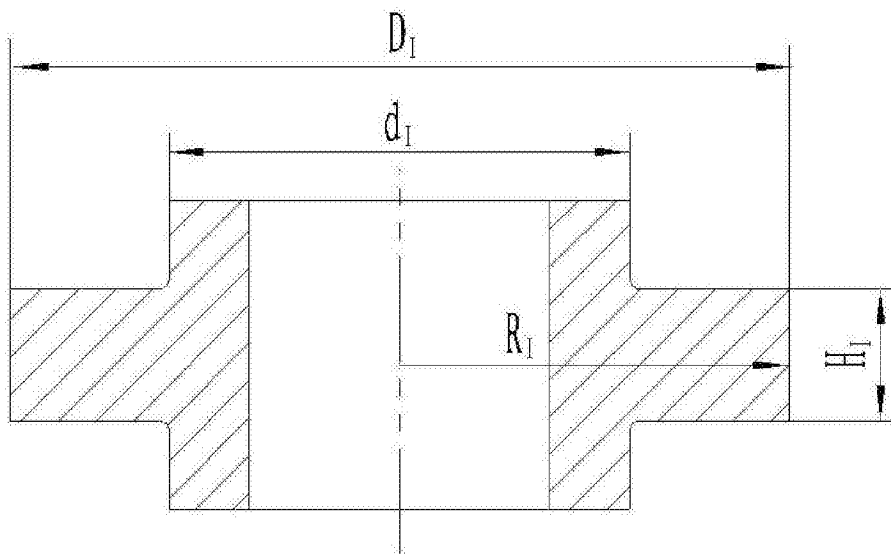


图4

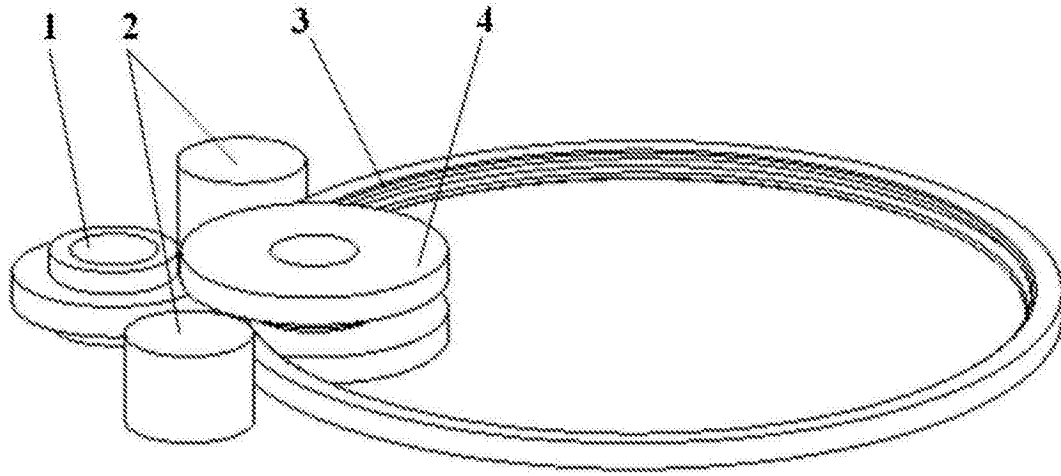


图5