



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102615224 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201210088288. 3

(22) 申请日 2012. 03. 30

(73) 专利权人 山东建筑大学

地址 250101 山东省济南市临港开发区凤鸣路

(72) 发明人 景财年 甘洋洋 于承雪 徐淑波
蔡元兴 刘敬广

(51) Int. Cl.

B21H 1/06(2006. 01)

B21J 1/00(2006. 01)

B21J 5/00(2006. 01)

G21D 1/28(2006. 01)

G21D 9/40(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101279347 A, 2008. 10. 08,

CN 101279347 A, 2008. 10. 08,

CN 100463739 C, 2009. 02. 25,

CN 100516246 C, 2009. 07. 22,
KR 20110105889 A, 2011. 09. 28,
JP 0471703 A, 1992. 03. 06,
JP 2002210504 A, 2002. 07. 30,
JP 2002239606 A, 2002. 08. 27,

审查员 王美娟

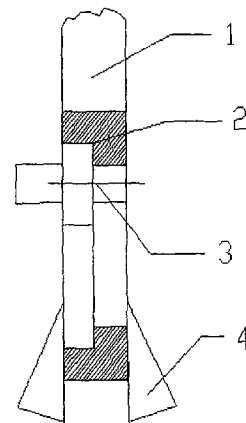
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

内台阶截面环件径轴向轧制成形的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种内台阶截面环件径轴向轧制成形的方法,该方法先将原材料锯切成料段,将料段从室温均匀加热到奥氏体化温度并保温后,经滚圆、镦粗、冲孔、扩孔、平整,锻成轧制用环件毛坯;再将环件毛坯放入加热炉中加热到设定温度保温后取出,放入径轴向轧环机孔型内轧制成形,经过多转轧制变形成为规定形状尺寸的内台阶截面环形锻件;锻件经正火、回火热处理以保障力学性能,最后将锻件切削加工成产品。本发明为内台阶截面环形锻件近终型精密成形,减少后续机械加工余量,大幅提高了材料利用率,减少了锻造火次节约了能耗,具有生产效率高、成本低的特点。



1. 内台阶截面环件径轴向轧制成形的方法,其特征是按以下步骤实现:

(1) 将圆柱形钢坯料锯切成料段;

(2) 将上述料段加热奥氏体化并保温,在热变形温度区间锻造成轧制用环件毛坯;

奥氏体化温度为 $1200^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$,奥氏体化保温时间为 $90 \sim 150$ 分钟,所述热变形温度区间为 $800^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$;

(3) 将上述环件毛坯加热奥氏体化并保温,放入径轴向轧环机孔型内轧制成形;

奥氏体化温度为 $1200^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$,奥氏体化保温时间为 $30 \sim 60$ 分钟;径轴向轧制成形温度区间为 $850^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$;径轴向轧制成形在径轴向轧环机孔型内进行,通过径向孔型后的毛坯又进入一对锥辊组成的轴向孔型,产生轴向高度减小的塑性变形;

所述的径轴向轧制成形,轧制中径轴向进给速度按下式计算:

$$v = \frac{f^2 n_1 R_2^2}{R \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)^2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R} - \frac{R_1}{r}\right)$$

$$v_s = \frac{2cv}{(D_0 - d_{b_0}) - (D - d_b)}$$

式中 v 为径向进给速度, v_s 轴向进给速度; n_1 为驱动辊转速; R_1 、 R_2 分别为驱动辊工作面半径和环件毛坯大孔部分对应的芯辊工作面半径; R 和 r 分别为环件锻件外半径和内半径, $R = D/2$, $r = d_s/2$; f 为环件毛坯与轧制孔型间的摩擦系数, $f = 0.05 \sim 0.4$; c 为环件锻件大孔部分的轴向尺寸与环件锻件小孔部分的轴向尺寸之和的 $0 \sim 0.3$ 倍; D_0 为环件毛坯外径; d_{b_0} 为环件毛坯的大孔直径; D 为环件锻件的外径; d_b 为环件锻件大孔直径; d_s 为环件锻件的小孔直径。

(4) 将上述环件毛坯正火、回火热处理;所述热处理由正火、回火组成,正火先加热到 $610^{\circ}\text{C} \sim 660^{\circ}\text{C}$,保温时间为 $60 \sim 120$ 分钟,然后加热到 $890^{\circ}\text{C} \sim 910^{\circ}\text{C}$,保温 $60 \sim 180$ 分钟后出炉,空冷至室温;回火温度为 $580^{\circ}\text{C} \sim 620^{\circ}\text{C}$,时间为 $180 \sim 360$ 分钟,后出炉空冷至室温;

(5) 将上述热处理后环件锻件经机械切削加工成产品。

2. 根据权利要求 1 所述的内台阶截面环件径轴向轧制成形的方法,其特征是,步骤 (1) 中所述的料段长度为 $L = (2 \sim 6)(B_b + B_s)$, B_b 为环件锻件大孔部分的轴向尺寸, B_s 为环件锻件小孔部分的轴向尺寸,料段直径根据环件锻件体积与料段体积相等条件确定。

3. 根据权利要求 1 所述的内台阶截面环件径轴向轧制成形的方法,其特征是,步骤 (2) 所述料段经滚圆、锻粗、冲孔、扩孔、平整工序,制成轧制用环件毛坯;所述环件毛坯大孔部分的轴向尺寸为 $B_{b_0} = B_b + c$, $c = 0 \sim 0.3(B_b + B_s)$,环件毛坯小孔部分的轴向尺寸为 $B_{s_0} = B_s$;环件毛坯的大孔直径为 $d_{b_0} = d_b/k$,轧制比 $k = 1.5 \sim 6$, d_b 为环件锻件大孔直径;根据环件锻件内孔台阶尺寸确定环件毛坯小孔直径 d_{s_0} , $d_{s_0} = d_{b_0} - (d_b - d_s)$,其中 d_s 为环件锻件的小孔直径;根据环件锻件体积与环件毛坯体积相等确定环件毛坯外径 D_0 , D 为环件锻件的外径; B_b 为环件锻件大孔部分的轴向尺寸; B_s 为环件锻件小孔部分的轴向尺寸。

4. 根据权利要求 1 所述的内台阶截面环件径轴向轧制成形的方法,其特征是,步骤 (5) 所述机械切削加工所用设备为立式车床。

内台阶截面环件径轴向轧制成形的方 法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种环件轧制成形的方 法,特别涉及一种内台阶截面环件径轴向轧制成形的方 法。

背景技术

[0002] 随着科技的进步和经济的发展,工业生产中 对环形件尤其是大型环形件的需求量越来越大,在某些大型设备中,环形件已成为影响装备性能指标的关键部 件。目前世界各国对环形件的生产 和加工工艺进行了广泛的研究,能够加工制造的环形件尺寸范围不断扩大,截面形状更加复杂,材料选择不断丰富,对制造工艺提出的要求也越来越高。

[0003] 传统的环形件尤其是风电法兰等 大型环形件的生产主要采用整体锻造和 马杠扩孔等方 法,环件轧制技术是连续局部塑性加工成形工艺,与传统锻造工艺相比,它具有大幅度降低设备吨位和投 资、振动冲击小、节能节材、生产成本低等显著技术经济优点,是大型轴承环、齿 轮环、法兰环、火车车轮及轮箍、燃汽轮机环等 各类无缝环件的先进制造技术。环 件轧制技术在机械、汽车、火车、船舶、石油化 工、航空航天、风电、原子能等许多工业领域 中日益得到广泛的应用。本发明涉及的内台阶截面环件用途广泛,对显微组织、力学性能 和尺寸精度要求高,利用环件轧制技术成形来生产内台阶截面环件已逐渐成为一 种趋势。

[0004] 目前,内台阶截面环件通常采用径 向轧制加机械切削加工联合完成,即先通过径 向辗扩加工出矩形截面的环件,再通过机械切 削将矩形截面环件加工成内台阶截面环件, 其加工流程为:(1) 墩粗;(2) 冲孔;(3) 径 向辗扩;(4) 平端面;(5) 热处理;(6) 机械切 削加工。这种工艺生产内台阶截面环件的 主要问题是:(1) 加工余量大,原料浪费严重, 材料利用率低;(2) 生产效率低,劳动强度大 ;(3) 环件辗环轧制过程中火次多,锻件需要反 复加热,能耗高;(4) 辗环轧制精度低,形状 尺寸难以保证,废品率高;(5) 后续机加工余 量大,耗时长,对机床、刀具磨损大;(6) 生产 成本高。

发明内容

[0005] 针对上述不足,本发明的目的在于 提供一种内台阶截面环件径轴向轧制成形的 方 法,该方法由径轴向轧制出内台阶截面环 件,可大幅提高材料利用率,减少锻造火次 节约能源,具有成本低,生产效率高的特点。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采取的 的技术方案为:

[0007] 内台阶截面环件径轴向轧制成形 的方 法,其步骤如下:

[0008] (1) 将圆柱形钢坯料锯切成料段;

[0009] (2) 将上述料段加热奥氏体化并保 温,在热变形温度区间锻造成轧制用环件毛 坯;

[0010] (3) 将上述环件毛坯加热奥氏体化 并保温,放入径轴向轧环机孔型内轧制成形;

[0011] (4) 将上述锻件正火、回火热处理;

[0012] (5) 将上述热处理后锻件经机械切 削加工成产品。

[0013] 步骤(1)中所述的下料料段长度为 $L = (2 \sim 6)(B_b + B_s)$, B_b 为环形锻件大孔部分的轴向尺寸, B_s 为环形锻件小孔部分的轴向尺寸, 料段直径根据环件锻件体积与料段体积相等条件确定。

[0014] 步骤(2)所述奥氏体化温度为 $1200^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$, 奥氏体化保温时间为 $90 \sim 150$ 分钟, 所述锻造热变形温度区间为 $800^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$ 。

[0015] 步骤(2)所述料段经滚圆、镦粗、冲孔、扩孔、平整工序, 制成轧制用环件毛坯; 所述环件毛坯大孔部分的轴向尺寸为 $B_{b0} = B_b + c$, $c = 0 \sim 0.3(B_b, B_s)$, 环件毛坯小孔部分的轴向尺寸为 $B_{s0} = B_s$; 环件毛坯的大孔直径为 $d_{b0} = d_b/k$, 轧制比 $k = 1.5 \sim 6$, d_b 为环件锻件大孔直径; 根据环件锻件内孔台阶尺寸确定毛坯小孔直径 d_{s0} , $d_{s0} = d_{b0} - (d_b - d_s)$, 其中 d_s 为环件锻件的小孔直径; 根据环件锻件体积与环件毛坯体积相等确定环件毛坯外径 D_0 , D 为环件锻件的外径。

[0016] 步骤(3)所述奥氏体化温度为 $1200^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$, 奥氏体化保温时间为 $30 \sim 60$ 分钟; 径轴向轧制成形温度区间为 $850^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$; 径轴向轧制成形在径轴向轧环机孔型内进行, 通过径向孔型后的毛坯又进入一对锥辊组成的轴向孔型, 产生轴向高度减小的塑形变形。

[0017] 步骤(3)所述的径轴向轧制成形, 轧制中径轴向进给速度按下式计算:

$$[0018] \quad v = \frac{f^2 n_1 R_1^2}{R \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)^2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R} - \frac{R_1}{r}\right)$$

$$[0019] \quad v_s = \frac{2cv}{(D_0 - d_{b0}) - (D - d_b)}$$

[0020] 式中 v 为径向进给速度, v_s 轴向进给速度; n_1 为驱动辊转速; R_1 、 R_2 分别为驱动辊工作面半径和环件毛坯大孔部分对应的芯辊工作面半径; R 和 r 分别为环件锻件外半径和内半径, $R = D/2$, $r = d_s/2$; f 为环件与轧制孔型间的摩擦系数, $f = 0.05 \sim 0.4$ 。

[0021] 步骤(4)所述热处理由正火、回火组成, 正火先加热到 $610^\circ\text{C} \sim 660^\circ\text{C}$, 保温时间为 $60 \sim 120$ 分钟, 然后再加热到 $890^\circ\text{C} \sim 910^\circ\text{C}$, 保温 $60 \sim 180$ 分钟后出炉, 空冷至室温; 回火温度为 $580^\circ\text{C} \sim 620^\circ\text{C}$, 时间为 $180 \sim 360$ 分钟, 后出炉空冷至室温。

[0022] 步骤(5)所述机械加工所用设备为立式车床。

[0023] 本发明的关键点在于保证内台阶截面环件形状。因此, 要注意以下几点。

[0024] 为了便于轧制成形, 锻造制坯时要严格保证轧制用毛坯几何精度, 消除环件毛坯内孔偏心、表面锤头印、冲孔毛刺等缺陷。锻造制坯经滚圆、镦粗、冲孔、扩孔、平整工序, 按步骤(2)中要求, 严格保证毛坯大孔部分的轴向尺寸 B_{b0} 、毛坯小孔部分的轴向尺寸 B_{s0} 、毛坯的大孔直径 d_{b0} 、毛坯小孔直径 d_{s0} 和环件毛坯外径 D_0 。

[0025] 步骤(3)环件毛坯径轴向轧制成形, 轧制过程中环件与轧辊间保持良好的润滑, 径轴向轧制成形有导向辊保证轧制过程平稳进行, 在驱动辊的旋转轧制运动和直线进给运动作用下, 环件毛坯连续地咬入驱动辊和芯辊构成的轧制孔型, 产生壁厚减小、直径扩大、轮廓截面成形的连续局部塑形变形; 通过径向孔型后的毛坯又在—对锥辊旋转及直线进给运动作用下进入轴向孔型, 产生轴向高度减小的塑形变形。通过多转反复轧制变形, 使环件毛坯直径扩大到与信号辊接触, 达到规定形状尺寸的内台阶截面环件锻件, 径轴向轧制成形过程结束。

[0026] 为保证锻透及减少端面鱼尾变形,环件径轴向轧制成形中采用较大进给速度亦即快速进给轧制,轧制进给速度数值按步骤(3)要求进行。

[0027] 本发明采用径轴向环件轧制工艺,环件毛坯经过多次连续轧制变形达到预定环件锻件的尺寸,改善了锻件金属的组织 and 性能,使塑形变形分布更加均匀,缩短了生产时间,减少了锻件加热次数,节约了原材料,提高了生产效率;通过合理设计环件毛坯尺寸和轧制加工工艺参数,节约了原料,降低了成本;减小了端面鱼尾变形和翘曲变形,保证了内台阶截面环件的质量。

附图说明

[0028] 图 1 是本发明环件锻件结构示意图

[0029] 图 2 是本发明环件毛坯结构示意图

[0030] 图 3 是本发明环件径轴向轧制原理图

[0031] 图 4 是图 3 的左视图

[0032] 图 5 是驱动辊及芯辊示意图

具体实施方式:

[0033] 下面结合附图和实施例详细说明具体实施方式,如附图 1-5 所示。

[0034] 实施例 1

[0035] 内台阶截面环件径轴向轧制成形的的方法,环件材料为 Q345E 钢,要求轧制成形的内台阶截面环件锻件尺寸为:环件锻件外径 D 为 3600mm,环件锻件小孔直径 d_s 为 3000mm,环件锻件大孔直径 d_b 为 3200mm,环件锻件大孔部分轴向尺寸 B_b 为 120mm,小孔部分轴向尺寸 B_s 为 150mm。其步骤如下:

[0036] (1) 将圆柱形 Q345E 坯料锯切成料段,料段长度为 $L = 3(B_b + B_s) = 810\text{mm}$, B_b 为环形锻件大孔部分的轴向尺寸, B_s 为环形锻件小孔部分的轴向尺寸,料段直径根据环件锻件体积与料段体积相等条件确定为 1400mm。

[0037] (2) 将料段缓慢加热至奥氏体化温度 1250°C ,奥氏体化保温时间为 120 分钟,达到设定时间后取出,热变形温度始锻温度 1220°C ,终锻温度 830°C ,在此热变形温度区间内经滚圆、镦粗、冲孔、扩孔、平整工序锻造制坯;锻造制坯时要严格保证轧制用毛坯几何精度,保证毛坯大孔部分的轴向尺寸 B_{b0} 为 150mm ($c = 30\text{mm}$),毛坯小孔部分尺寸 B_{s0} 为 150mm,内台阶截面环件锻件体积与毛坯体积相等条件确定毛坯尺寸,毛坯大孔部分尺寸 d_{b0} 为 $\phi 1600\text{mm}$ ($k = 2$),小孔部分直径 d_{s0} 为 $\phi 1400\text{mm}$,环件毛坯外径 D 为 2310mm。

[0038] (3) 将环件毛坯放入加热炉中加热至 1250°C ,保温 60 分钟取出,放入径轴向轧环机孔型内轧制成形,热变形温度始锻温度 1230°C ,终锻温度 860°C ,采用的径向进给速度 $v = 2.1\text{mm/s}$,轴向进给速度 $v_s = 1.3\text{mm/s}$ 。轧制过程中环件与轧辊间保持良好的润滑,通过径轴向轧制,使环件毛坯壁厚和高度同时减小,内外直径扩大,截面轮廓成形,当环件经过多转轧制变形且直径和高度均达到预定尺寸时,成为规定形状尺寸的内台阶截面环形锻件。

[0039] 环件毛坯径轴向轧制成形如图 3、图 4 所示,在驱动辊 1 的旋转轧制运动和直线进给运动作用下,环件毛坯 2 连续地咬入驱动辊 1 和芯辊 3 构成的轧制孔型,产生壁厚减小、

直径扩大、轮廓截面成形的连续局部塑形变形。通过径向孔型后的毛坯又在—对锥辊 4 旋转及直线进给运动作用下进入轴向孔型，产生轴向高度减小的塑形变形。通过多转反复轧制变形，使环件毛坯直径扩大到与信号辊 6 接触，则达到规定形状尺寸（即预定尺寸）的环件锻件，这时环件轧制过程结束。图 4 中导向辊 5 的作用是保证轧制过程平稳。

[0040] (4) 锻后热处理由正火、回火组成，正火先加热到 650℃保温时间为 100 分钟，然后再加热到 900℃，保温 180 分钟后出炉，空冷至室温；回火温度为 600℃，时间为 360 分钟，后出炉空冷至室温。

[0041] (5) 将热处理后锻件用立式车床进行切削加工，达到要求的尺寸。

[0042] 实施例 2

[0043] 内台阶截面环件径轴向轧制成形的的方法，环件材料为 Q345E 钢，要求轧制成形的内台阶截面环件锻件尺寸为：环件锻件外径 D 为 2800mm，环件锻件小孔直径 d_s 为 2400mm，环件锻件大孔直径 d_b 为 $\phi 2600\text{mm}$ ，环件锻件大孔部分轴向尺寸 B_b 为 100mm，小孔部分轴向尺寸 B_s 为 100mm。其步骤如下：

[0044] (1) 将圆柱形 Q345E 坯料锯切成料段，料段长度为 $L = 4(B_b + B_s) = 800\text{mm}$ ， B_b 为环形锻件大孔部分的轴向尺寸， B_s 为环形锻件小孔部分的轴向尺寸，料段直径根据环件锻件体积与料段体积相等条件确定为 700mm。

[0045] (2) 将料段缓慢加热至奥氏体化温度 1240℃，奥氏体化保温时间为 100 分钟，达到设定时间后取出，热变形温度始锻温度 1210℃，终锻温度 850℃，在此热变形温度经滚圆、镟粗、冲孔、扩孔、平整工序锻造制坯；锻造制坯时要严格保证轧制用毛坯几何精度，保证毛坯大孔部分的轴向尺寸 B_{b0} 为 120mm ($c = 20\text{mm}$)，毛坯小孔部分尺寸 B_{s0} 为 100mm，内台阶截面环件锻件体积与毛坯体积相等条件确定毛坯尺寸，保证毛坯大孔部分尺寸 d_{b0} 为 $\phi 1040\text{mm}$ ($k = 2.5$)，小孔部分直径 d_{s0} 为 $\phi 840\text{mm}$ ，环件毛坯外径 D 为 1670mm。

[0046] (3) 将环件毛坯放入加热炉中加热至 1240℃，保温 45 分钟取出，放入径轴向轧环机孔型内轧制成形，热变形温度始锻温度 1210℃，终锻温度 870℃，采用的径向进给速度 $v = 2.7\text{mm/s}$ ，轴向进给速度 $v_s = 1.6\text{mm/s}$ 。其他步骤同实施例 1。

[0047] (4) 锻后热处理由正火、回火组成，正火先加热到 630℃保温时间为 90 分钟，然后再加热到 900℃，保温 150 分钟后出炉，空冷至室温；回火温度为 600℃，时间为 240 分钟，后出炉空冷至室温。

[0048] (5) 将热处理后锻件用立式车床进行切削加工，达到要求的尺寸。

[0049] 实施例 3

[0050] 内台阶截面环件径轴向轧制成形的的方法，环件材料为 Q345E 钢，要求轧制成形的内台阶截面环件锻件尺寸为：环件锻件外径 D 为 2050mm，环件锻件小孔直径 d_s 为 $\phi 1600\text{mm}$ ，环件锻件大孔直径 d_b 为 1800mm，环件锻件大孔部分轴向尺寸 B_b 为 80mm，小孔部分轴向尺寸 B_s 为 100mm。其步骤如下：

[0051] (1) 将圆柱形 Q345E 坯料锯切成料段，料段长度为 $L = 3(B_b + B_s) = 540\text{mm}$ ， B_b 为环形锻件大孔部分的轴向尺寸， B_s 为环形锻件小孔部分的轴向尺寸，料段直径根据环件锻件体积与料段体积相等条件确定为 592mm。

[0052] (2) 将料段缓慢加热至奥氏体化温度 1230℃，奥氏体化保温时间为 90 分钟，达到设定时间后取出，热变形温度始锻温度 1210℃，终锻温度 830℃，在此热变形温度经滚圆、

镟粗、冲孔、扩孔、平整工序锻造制坯；锻造制坯时要严格保证轧制用毛坯几何精度，保证毛坯大孔部分的轴向尺寸 B_{b_0} 为 100mm ($c = 20\text{mm}$)，保证毛坯小孔部分尺寸 B_{s_0} 为 100mm，内台阶截面环件锻件体积与毛坯体积相等条件确定毛坯尺寸，保证毛坯大孔部分尺寸 d_{b_0} 为 $\Phi 600\text{mm}$ ($k = 3$)，小孔部分直径 d_{s_0} 为 $\Phi 400\text{mm}$ ，环件毛坯外径 D 为 1345mm。

[0053] (3) 将环件毛坯放入加热炉中加热至 1230°C ，保温 30 分钟取出，放入径轴向轧环机孔型内轧制成形，热变形温度始锻温度 1210°C ，终锻温度 850°C ，采用的径向进给速度 $v = 3.1\text{mm/s}$ ，轴向进给速度 $v_s = 1.8\text{mm/s}$ 。其他步骤同实施例 1。

[0054] (4) 锻后热处理由正火、回火组成，正火先加热到 610°C 保温时间为 60 分钟，然后再加热到 890°C ，保温 120 分钟后出炉，空冷至室温；回火温度为 600°C ，时间为 180 分钟，后出炉空冷至室温。

[0055] (5) 将热处理后锻件用立式车床进行切削加工，达到要求的尺寸。

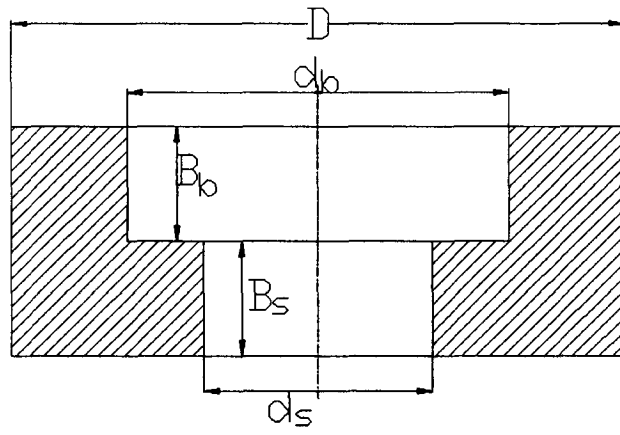


图 1

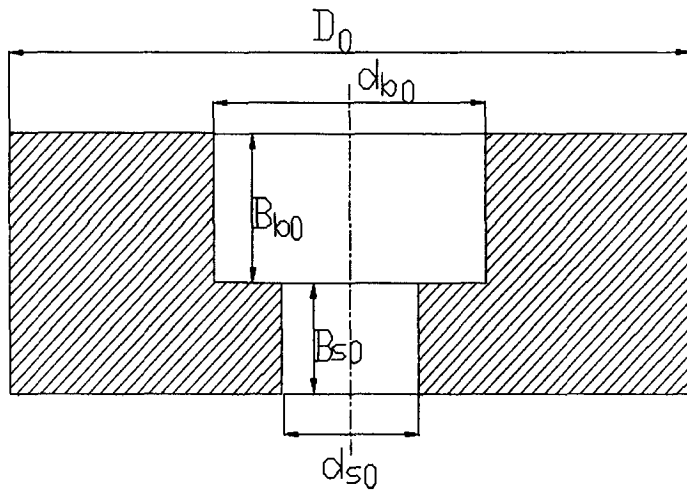


图 2

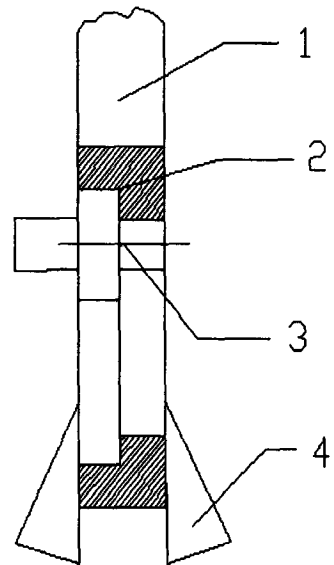


图 3

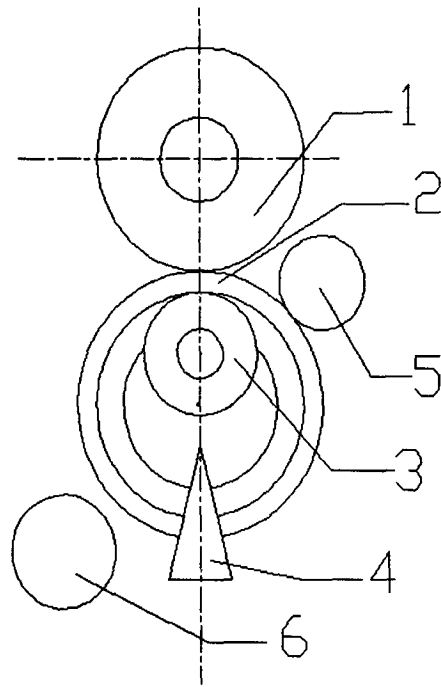


图 4

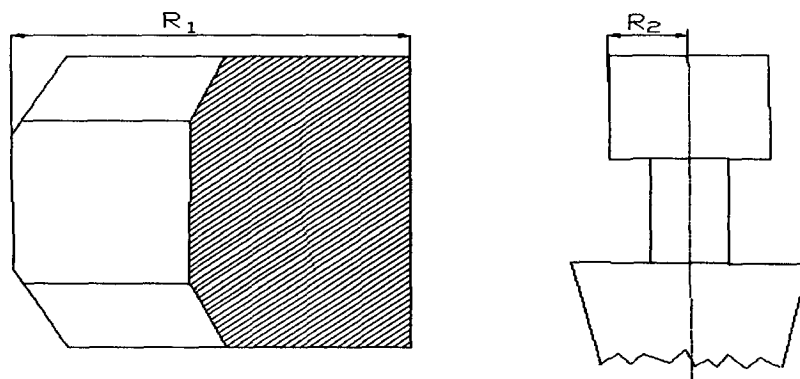


图 5