

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B21H 1/06 (2006.01)

B21J 1/04 (2006.01)

B21J 1/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710062173.6

[45] 授权公告日 2009年7月1日

[11] 授权公告号 CN 100506422C

[22] 申请日 2007.6.14

[21] 申请号 200710062173.6

[73] 专利权人 兰鹏光

地址 035400 山西省定襄县城东忻阜路5号

[72] 发明人 兰鹏光 兰宇轩

[56] 参考文献

JP2001-300668A 2001.10.30

CN1197702A 1998.11.4

CN1062105A 1992.6.24

EP1024914B1 2002.5.2

CN1491758A 2004.4.28

CN2421101Y 2001.2.28

CN86108713A 1988.1.20

长颈法兰轧制翘曲与控制对策. 何芳, 王强, 蔡冬梅. 压力容器, 第22卷第2期. 2005
审查员 刘文镐

[74] 专利代理机构 山西太原科卫专利事务所
代理人 朱源

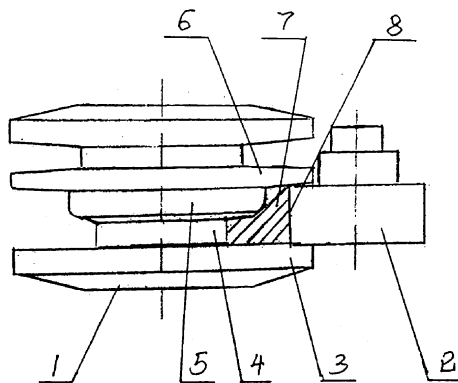
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

[54] 发明名称

风力发电塔筒法兰锻辗成形方法

[57] 摘要

本发明涉及环形件锻辗成形工艺技术, 具体的说是一种风力发电塔筒法兰锻辗成形方法。解决了现有技术中存在的针对大型的具有内或外高颈结构的风力发电塔筒法兰成形困难的问题。步骤包括, 将已经锻造成型的具有盘部和颈部的法兰毛坯料由加热炉将其加热到 1200 ~ 1250℃, 保持 40 ~ 50 分钟, 由装料机出炉; 然后用辗环机扩径辗轧, 采用辗环机并使用双小挡边模具, 精辗制坯。解决了长期以来内外高颈的风力发电塔筒法兰毛坯的成形难题, 与原有的矩形截面毛坯, 节约原材料可达 40% 左右, 它提高材料利用率、节省耗能、减少机械加工余量, 同时大幅度降低了生产制造成本, 并具有很好的经济效益。



1、一种风力发电塔筒法兰锻辗成形方法，其特征在于：步骤包括，将已经锻造成型的具有盘部和颈部的法兰毛坯料由加热炉将其加热到 1200~1250℃，保持 40~50 分钟，由装料机出炉；然后用辗环机扩径辗轧，采用辗环机并使用双小挡边模具，精辗制坯，

法兰毛坯料的制作工艺为，

(1)、第一次加热：由加热炉将坯料加热到 1250~1280℃，保持 150 分钟，由装料机出炉，采用液压机或锻锤压片、冲孔；压片温度低于 1000℃时要重新加热；

(2)、第二次加热：由加热炉将坯料加热到 $1250 \pm 20^\circ\text{C}$ ，保持 90 分钟，由装料机出炉，采用液压机或锻锤再次压片，并用马架扩孔；使其毛坯的直径和孔压增大，平片将毛坯厚度减薄，终锻温度不低于 850℃；

(3)、第三次加热：由加热炉将坯料加热到 1200~1250℃，保持 40~50 分钟，由装料机出炉，采用液压机或锻锤再次压片，并用马架再扩孔；使其毛坯的直径和孔压再次增大，平片并将毛坯压出高颈，终锻温度不低于 850℃，

(4)、锻后热处理：锻后进行退火处理，

使用的双小挡边模具包括主辊 (1)、芯辊 (2)，主辊 (1) 结构包括下挡边 (3)、主模 (4)、胎模 (5)、中挡边 (6)，在辗环机上，主辊 (1) 的下挡边 (3)、主模 (4)、胎模 (5)、中挡边 (6) 和芯辊 (2) 的挡边环 (8) 构成 L 型封闭的整形道，法兰毛坯料 (7) 即穿过 L 型的整形道并通过主辊 (1)、芯辊 (2) 相对转动而扩径精辗成形，

精辗制坯分为以下三个阶段，

预辗阶段：在辗轧开始时，芯辊径向小进给，使法兰毛坯料产生小变形，减少辗环振动，使辗环机进入平稳辗轧状态；

主辗轧阶段：使用双小挡边模具，控制进给量及辗轧力，使辗轧力在法兰毛坯料截面的中心区域小于临界辗轧力，最终将辗轧出带高颈环形件毛坯；整圆精辗阶段：在最终成形前，芯辊径向进给要很小，以调整高颈环形件毛坯圆度和精度，在抱辊不摆动时，再略加大芯辊径向进给，将使高颈环形件毛坯平稳达到最终尺寸。

风力发电塔筒法兰锻辗成形方法

技术领域

本发明涉及环形件锻辗成形工艺技术，具体的说是一种风力发电塔筒法兰锻辗成形方法。

背景技术

大型环形件广泛用于石油、化工、冶金等工业中，目前，对于大型环形件的制造成形技术主要还是采用自由锻造成饼片、冲孔、马架扩孔、轧制辗扩，再由机械加工最终形成。

马架扩孔是将毛坯套在芯轴上，在液压机或用锻锤上砧锤打毛坯，产生沿圆周方向的拔长，使锻件壁厚减薄，内外径同时增加，从而达到直径尺寸要求。其缺点是直径尺寸偏大，环形件壁厚不均匀，机械加工余量大等。

轧制辗扩是首先采用马架扩孔或其他锻造方式进行环形件制坯，然后，在轧轧机上采用旋转模具对毛坯局部连续施压成形，使环形件整体壁厚减小，直径扩大，截面轮廓成形，使其成为具有简单形状和尺寸的环形件毛坯，然后再通过大型立车进行截面形状的机械加工，常见的零件有轴承环、齿轮坯、环轨、轮箍等。如专利号为 031113012.7 和 03128489.2 所记载的工艺。

风力发电塔筒法兰是一种大型环形件，随着风力发电机组容量发展 750~5000 千瓦，塔筒直径不断增大 1.9~10 米，塔筒法兰也在增大。目前，对于塔筒法兰成形依然采用上述工艺方法，即采用自由锻压片、冲孔、马架扩孔等工艺，以及轧制辗扩矩形截面的毛坯，最终再由机械加工成所需的平板、内外高颈截面的形状。特别是对内外高颈的风力发电塔筒法兰而言，其横截面由盘部和颈部构成。由于直径、截面较大，所以通过机械加工的手段（如销、铣）将毛坯矩形截面改造为高颈形状的截面，所需要机械加工余量大，造成材料消耗和锻造的能耗较大；如果直接用旋转模具对截面为矩形的毛坯局部连续施压成形，由于法兰使用的金属本身的机械特性（如硬度、韧性），也不可能在比较大

的模具压力下塑性变形得到目标产品。定襄地区集中了数百家法兰制造企业，使用的设备是单一的比较简单的夹杆锤，锻造工艺是简单的胎模锻（小件）和自由锻（大件），对于大型大直径的环件使用自由锻工艺存在耗料多、能耗大、成本高，劳动强度大，关键是质量难以得到保证。所以带有内外高颈的风力发电塔筒法兰毛坯的成形一直以来也是本技术领域内一大技术难题。

发明内容

本发明为了解决现有技术中存在的针对大型的具有内或外高颈结构的风力发电塔筒法兰成形困难的问题而提供了一种风力发电塔筒法兰锻辗成形方法。

本发明是由以下技术方案实现的，一种风力发电塔筒法兰锻辗成形方法，步骤包括，将已经锻造成型的具有盘部和颈部的法兰毛坯料由加热炉将其加热到 1200~1250℃，保持 40~50 分钟，由装料机出炉；然后用辗环机扩径辗轧，采用辗环机并使用双小挡边模具，精辗制坯。

双小挡边模具包括主辊、芯辊，主辊结构包括下挡边，主模，胎模，中挡边，在辗环机上，主辊的下挡边，主模，胎模，中挡边和芯辊的挡边环构成 L 型封闭的整形道，法兰毛坯料即穿过 L 型的整形道并通过主辊、芯辊相对转动而扩径精辗成形。

上述的辗环机扩径辗轧工艺为如下三个阶段：

预辗阶段：由于所制环形件毛坯是自由锻成形，壁厚不均匀，内外圆不同心，所以在辗轧开始时，芯辊径向小进给，使环形件毛坯产生小变形，减少辗环振动，使辗环机进入平稳辗轧状态；

主辗轧阶段：使用双小挡边模，控制进给量及辗轧力，使环形件毛坯截面的中心区域小于临界辗轧力，即使变形滑移线场从力作用面不渗透至变形截面中心，这样环形件毛坯料端面会出现凹槽；截面中心的两面金属流动，从而截面中心区域不产生变形或较小变形，以维持经自由锻后高颈部分，最终将辗轧出带高颈环形件毛坯；

整圆精辗阶段：为保证环形件圆度，在最终成形前，芯辊径向进给要很小，以调整环形件圆度和精度，在抱辊不摆动时，再略加大芯辊径向进给，将使环形件平稳达到最终尺寸。

按照金属塑性变形体积不变的基本原则，变形金属向最小阻力方向流动原理，径向辗环时金属轴向流动很小，所以法兰毛坯料必须设计成为盘部和颈部，盘部和颈部的体积比例根据法兰的种类确定。辗环工艺是按照金属变形时体积不变的原理，通过径向压缩变形（芯辊向连续旋转的主模连续给进）和沿圆周方向延伸变形（使内外径增大）的组合来制造所需要的产品，这种组合变形是一个不稳定的过程状态，法兰毛坯每旋转一周的变形量不大，其总变形量是通过多次小变形的连续循环积累所得。这样得到的高颈法兰各方参数均满足精确成形要求，下步只需要对其做表面处理即可成为合格产品。

本发明的有益效果，首先从社会效益角度看，本发明工艺可以与本地区于本地实际生产状况相结合，尊重本地区已经存在的数百台夹杆锤锻造能力的现状，其自由锻造的能力化为向辗环机提供法兰坯料件，使其不被淘汰，更好地发挥作用。也避免了国内特大型钢铁企业采用圆铸锭、水压预成型、一台辗环机粗辗、另一台辗环机精辗这种巨大的固定投资的方案，而是使用一台辗环机一次精辗成形，本发明就仅圆形无缝异形截面环，生产工艺方法与其它工艺方法想对比：与矩形截面辗环机工艺比，效率差不多，但节约原材料 30%左右，与异形截面轧材，弯圆，焊接工艺相比，作为高压力法兰是不允许的，与背景技术中所述的自由锻终成型相比，节约原材料 25.8%，但是效率提高近 20 倍。本发明风力发电塔筒法兰锻辗成形方法与现有技术相比较，具有以下突出实质性特点和显著的效果：解决了长期以来内外高颈的风力发电塔筒法兰毛坯的成形难题，与原有的矩形截面毛坯，节约原材料可达 40%左右，它提高材料利用率、节省耗能、减少机械加工余量，同时大幅度降低了生产制造成本，并具有很好的经济效益。

附图说明

图 1 是风力发电塔筒法兰锻辗成形方法的工艺流程图

图 2 是风力发电塔筒法兰由原料到成品的各个不同阶段的形状变化示意图

图 3 是辗轧工艺示意图

图 4 是双小挡边模具示意图

图中：1-主辊，2-芯辊，3-下挡边，4-主模，5-胎模，6-中挡边，7-法兰毛坯料，8-挡边环，9-抱辊

具体实施方式

以下结合附图详细说明具体实施方式：如附图 3 和 4 所示。

一种风力发电塔筒法兰锻辗成形方法，步骤包括，将已经锻造成型的具有盘部和颈部的法兰毛坯料由加热炉将其加热到 $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$ ，保持 $40\sim 50$ 分钟，由装料机出炉；然后用辗环机扩径辗轧，采用辗环机并使用双小挡边模具，精辗制坯。

双小挡边模具包括主辊 1、芯辊 2、主辊 1 结构包括下挡边 3，主模 4，胎模 5，中挡边 6，在辗环机上，主辊 1 的下挡边 3，主模 4，胎模 5，中挡边 6 和芯辊 2 的挡边环 8 构成 L 型封闭的整形道，法兰毛坯料 7 即穿过 L 型的整形道并通过主辊 1、芯辊 2 相对转动而扩径精辗成形。双小挡边模具还包括抱辊 9，抱辊 9 也安装于辗环机上，抱辊 9 能进一步保证加工精度。双小挡边模具的具体尺寸是根据法兰的最终目标形状设计。

为了进一步提高产品的质量和精度，上述的辗环机扩径辗轧工艺可以分为如下三个阶段进行：

预辗阶段：由于所制环形件毛坯是自由锻成形，壁厚不均匀，内外圆不同心，所以在辗轧开始时，芯辊 2 径向小进给，使环形件毛坯产生小变形，减少辗环振动，使辗环机进入平稳辗轧状态；

主辗轧阶段：使用双小挡边模，控制进给量及辗轧力，使环形件毛坯截面的中心区域小于临界辗轧力，即使变形滑移线场从力作用面不渗透至变形截面中心，这样环形件毛坯端面会出现凹槽；截面中心的两面金属流动，从而截面

中心区域不产生变形或较小变形，以维持经自由锻后高颈部分，最终将轧出带高颈环形件毛坯；

整圆精辗阶段：为保证环形件圆度，在最终成形前，芯辊 2 径向进给要很小，以调整环形件圆度和精度，在抱辊 9 不摆动时，再略加大芯辊 2 径向进给，将使环形件平稳达到最终尺寸。

图 1 是风力发电塔筒法兰锻辗成形方法的总工艺流程图。

以下为本发明风力发电塔筒法兰锻辗成形方法中法兰毛坯料的制作工艺：

采用液压机（水压机、油压机）或锻锤（夹杆锤）自由锻制坯，及辗环机轧制辗扩成形。

材质为：Q354E；

成品尺寸：外径： $\phi 3383\text{mm}$ ；内径： $\phi 3113\text{mm}$ ；高度 110mm 与 80mm；

制坯尺寸：外径： $\phi 2137\text{mm}$ ；内径： $\phi 1500\text{mm}$ ；高度 130mm 与 105mm；

首先，由锯床按毛坯所需材料的体积下料；锻辗成形具体的工艺和步骤包括：如附图 1 所示意，（扩号中所示数据为本公司某一型号产品使用的具体参数）

1、第一次加热：由加热炉将坯料加热到 $1250\sim 1280^{\circ}\text{C}$ ，保持 150 分钟，由装料机出炉，采用液压机（水压机、油压机）或锻锤（夹杆锤）压片（厚至 180mm）、冲孔（直径 $\phi 300\text{mm}$ ）；压片温度低于 1000°C 时要重新加热；产品如图 2 中（2）所示形状

2、第二次加热：由加热炉将坯料加热到 $1250\pm 20^{\circ}\text{C}$ ，保持 90 分钟，由装料机出炉，采用液压机（水压机、油压机）或锻锤（夹杆锤）再次压片（厚大于 140mm），并用马架扩孔（直径 $\phi 1200\text{mm}$ ）；使其毛坯的直径和孔压增大，平片将毛坯厚度减薄（到厚度 140mm），终锻温度不低于 850°C ；产品如图 2 中（3）所示形状，

3、第三次加热：由加热炉将坯料加热到 $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$ ，保持 40~50 分钟，由装料机出炉，采用液压机（水压机、油压机）或锻锤（夹杆锤）再次压片，并用马架再扩孔（直径 $\phi 1500\text{mm}$ ）；使其毛坯的直径和孔压再次增大，平片并

将毛坯压出高颈，（厚度 130mm /105mm），终锻温度不低于 850℃；产品如图 2 中（4）所示的内高颈法兰毛坯料和（5）所示的外高颈法兰毛坯料。

4、锻后热处理：锻后进行退火处理；

以下为辗环机扩径辗轧工艺部分：

5、第四次加热：由加热炉将高颈法兰毛坯料加热到 1200~1250℃，保持 40~50 分钟，由装料机出炉；

6、辗环机扩径辗轧：采用辗环机并使用双小挡边模具，精辗后制坯，其尺寸：外径： $\phi 3404\text{mm}$ ；内径： $\phi 3088\text{mm}$ ；高度 135mm 与 110mm。

其中：双小挡边模具由辗环机的主辊 1（直径 $\phi 700\text{mm}$ 、高度：136mm），主辊挡边（直径 $\phi 700\text{mm}$ ），芯辊 2 直径 $\phi 390\text{mm}$ ，芯辊挡边 5 直径 $\phi 510\text{mm}$ 、高度：111mm）等组成；主辊挡边与芯辊挡边分别装在各自的两端。如图 4 所示，双小挡边模具示意图。

风力发电塔筒外高颈法兰与内高颈法兰锻辗成形工艺相同。

辗环机扩径辗轧工艺：分三个阶段，即预辗阶段、主辗阶段、整圆精辗阶段。因其各个阶段变形特征、辗轧力、辗轧速度和实现的目标不同，所以其辗轧工艺参数也就不同。图 3 是辗轧工艺示意图，图中所示：环形件 7、辗环机的主辊 1、芯辊 2、抱辊 9，M 表示主辊的转动方向，S 表示芯辊进给运动方向，主辊 1 由传动动力驱动，芯辊 2 为被动辊。

预辗阶段：芯辊径向小进给，产生小变形，提高毛坯精度，减少辗环振动，使辗环机进入平稳辗轧状态，

由于制坯是自由锻成形，壁厚不均匀，内外圆不同心，所以在辗轧开始时，芯辊径向小进给，产生小变形，提高毛坯精度，减少辗环振动，使辗环机进入平稳辗轧状态。

主辗阶段：使用双小挡边模，控制进给量及辗轧力，使环形件毛坯截面的中心区域小于临界辗轧力，即使变形滑移线场从力作用面不渗透至变形截面中心，这样环形件毛坯端面回出现凹槽；截面中心的两面金属流动，从而截面

中心区域不产生变形或较小变形，以维持经自由锻后高颈部分，最终将辗轧出带高颈环形件毛坯。图4是双小挡边模具示意图，图中所示：环形件7、辗环机的主辊1、芯辊2、主辊的两端挡边环由主模4，胎模5外缘形成，芯辊两端也有挡边环8。

主辗轧阶段选用的一种开式辗环工艺，因为进给量加大即辗轧力加大，辗轧力要大到大于临界辗轧力，其所谓临界辗轧力是指变形滑移线场从力作用面渗透至变形截面中心；使变形截面都处于变形过程的力；如果控制进给量及辗轧力，使环形件毛坯截面的中心区域小于临界辗轧力，由于金属变形按最小阻力方向流动，这样仅是环形件毛坯截面中心的两面金属流动，而其变形截面中心，也就是带有自由锻后高颈部分金属不流动，不参与变形，从而可以保持经自由锻后高颈部分不变，使环形件毛坯端面具有高颈。这一变形阶段有如自由锻镦粗变形，如打击力不足，变形呈细腰鼓状，即打击力未能渗透至锻件中心，只在上下砧处变形。

整圆精辗阶段：为保证环形件圆度，在最终成形前，芯辊径向进给要很小，以调整环形件圆度和精度，如接近最终尺寸时就无法整圆了，在抱辊不摆动时，再略加大芯辊径向进给，将使环形件平稳达到最终尺寸。

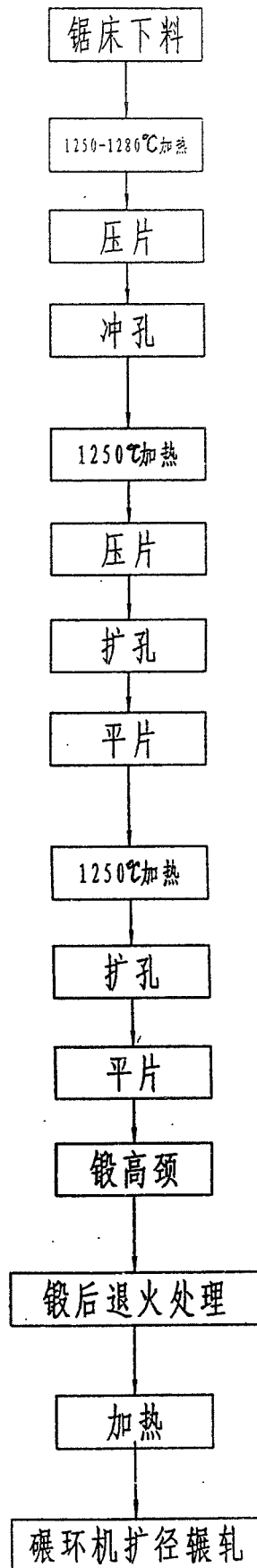


图 1

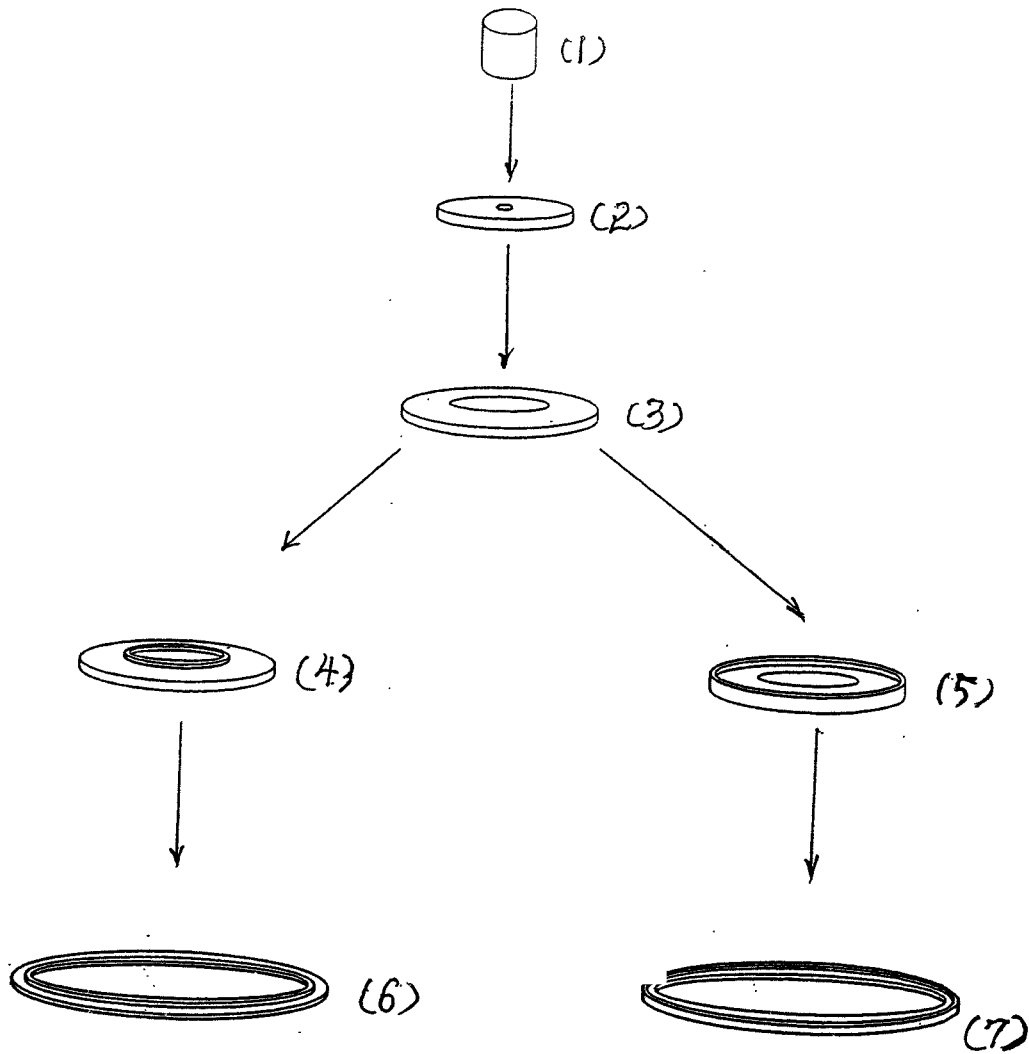


图 2

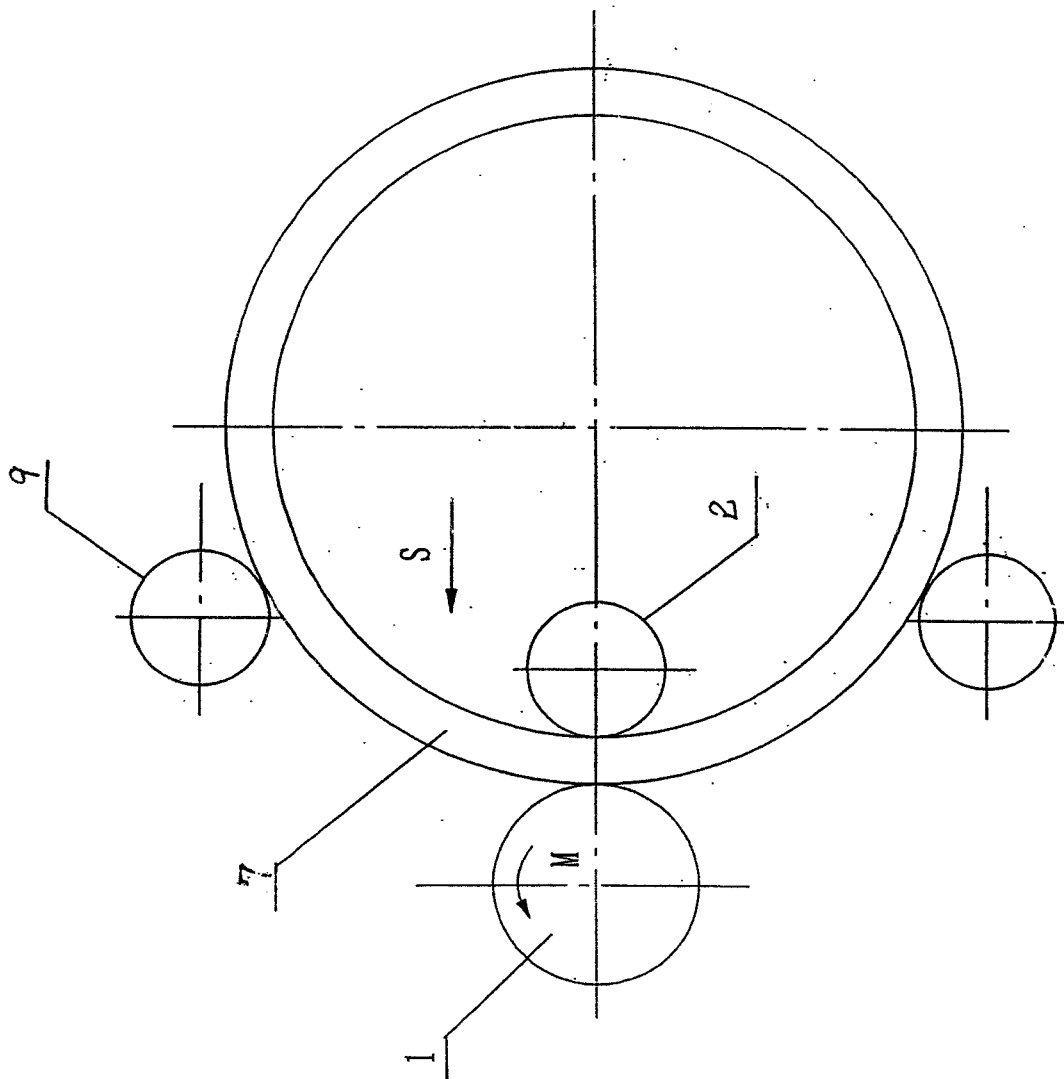


图3

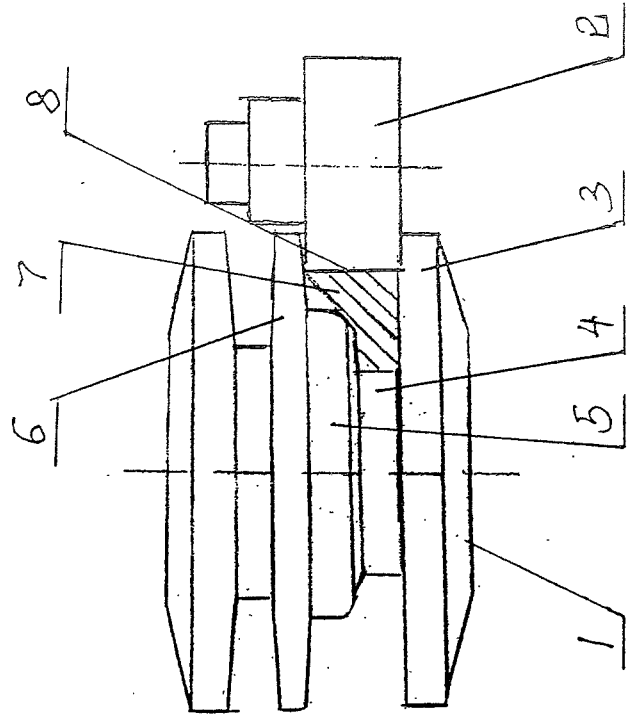


图4