



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104307908 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201410527027. 6

(22) 申请日 2014. 10. 09

(71) 申请人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市万柏林区迎泽西大街 79 号

(72) 发明人 汪程鹏 薛凤梅 林鹏 杨琳
池成忠 曹晓卿 林飞

(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 李富元

(51) Int. Cl.

B21C 25/02 (2006. 01)

B21C 23/08 (2006. 01)

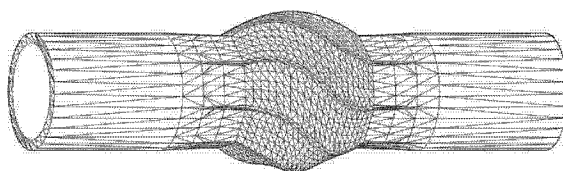
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种厚壁管材的等通道成形模具及其成型管材的方法

(57) 摘要

本发明涉及铝、铜、钢等金属厚壁(管外径和壁厚之比小于 20) 圆截面管材的成形技术领域, 具体是一种厚壁管材的等通道成形模具及其成型管材的方法。本发明采取的等通道转角变截面扭转挤成形的技术方案, 类似于在横截面上扭转剪切变形以及镦拔挤胀变形组成, 实现了一次挤压过程多种变形模式相组合。本发明具有变形效果好, 速度快, 效率高的优点, 本发明克服了现有工艺变形不均匀的不足, 极大地改善了材料内部的应力应变分布和形变织构, 同时达到了提高材料性能。



1. 一种厚壁管材的等通道成形模具,其特征在於:包括凸模、外模和内模,凸模为管件,凸模的外半径和内半径与预成形管材的外半径和内半径相等,外模为扣合形成一个中空型腔的两瓣模具,内模为整体模具,外模套在内模的外部,外模和内模的中心轴线重合,内模的轴向长度与外模的轴向长度相等,内模的轴向长度为预成型管材的轴向长度的 2.5 倍,在外模和内模之间形成挤压模腔,挤压模腔从左到右依次分为第一引导段、圆环形-正八边环形变形段、第一转角扭转段、第二转角扭转段、正八边环形-圆环形变形段和第二引导段,第一引导段为等径通道,其厚度和内外半径与预成形管材的壁厚和内外半径相同,圆环形-正八边环形变形段为等面积变形状的光滑过渡通道,其左端面为圆环形截面与第一引导段的右端面相接,右端面为正八边环形截面,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,第一转角扭转段为倒圆角光滑过渡通道,其左端面为正八边环形截面与圆环形-正八边环形变形段的右端面相接,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,右端面为正八边环形截面,其正八边环形的内外正八边形的内切圆半径为内模的半径加 c 和内模的半径加预成形管材的壁厚加 c ,其左右两端面以内模的中心轴线为轴扭转 $\beta/2$ 角度,第二转角扭转段为倒圆角光滑过渡通道,其左端面为正八边环形截面与第一转角扭转段的右端面相接,其正八边环形的内外正八边形的内切圆半径为内模的半径加 c 和内模的半径加预成形管材的壁厚加 c ,其左右两端面以内模的中心轴线为轴扭转 $\beta/2$ 角度, $30^\circ \geq \beta \geq 90^\circ$, $b \leq c \leq 2b$, b 为预成形管材的壁厚,右端面为正八边环形截面,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,圆环形-正八边环形变形段为等面积变形状的光滑过渡通道,其左端面为正八边环形截面与第二转角扭转段右端面相接,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,右端面为圆环形截面,第二引导段为等径通道,其厚度和内外半径与预成形管材的壁厚和内外半径相同。

2. 根据权利要求 1 所述的一种厚壁管材的等通道成形模具,其特征在於:第一引导段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/2$,圆环形-正八边环形变形段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,第一转角扭转段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,第二转角扭转段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,正八边环形-圆环形变形段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,第二引导段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/4$ 。

3. 一种利用权利要求 1 所述厚壁等通道成形模具成形管材的方法,其特征在於按照如下的步骤进行:

步骤一、对预成形管材进行退火处理,并清洁内外壁,清洁内模的外壁和外模的内壁,并在外模和内模形成的挤压模腔壁上涂抹冷挤压润滑剂,清洁凸模并涂抹冷挤压润滑剂;

步骤二、使内模外模的左右端面平齐,并对整个模具进行紧固,将预成形管材放置于挤压模腔中,使预成形管材右端面与圆环形-正八边环形变形段的左端面平齐,将凸模放入挤压模腔的左侧,使凸模的右端面与第一预成形管材左端面紧密贴合,凸模的左端面连接到挤压装置的装夹固定端;

步骤三、凸模以 $1 \sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右挤压预成形管材,当凸模右端面与第一引导段的右端面相接触时,凸模以 $5 \sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右移出挤压模腔,完成预成形管材半成形的挤压;

步骤四、将其它预成形管材放置于挤压模腔中,使预成形管材右端面与圆环形-正八

边环形变形段的左端面平齐,将凸模放入挤压模腔的左侧,使凸模的右端面与预成形管材左端面紧密贴合,凸模以 $1\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右挤压预成形管材,将前一根终成形管材从右侧的挤压模腔挤出,当凸模右端面与第一引导段的右端面相接触时,凸模以 $5\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右移出挤压模腔,完成预成形管材半成形的挤压;

步骤五、重复步骤四,完成所有预成型管材的挤压,并把最后一根预成型管材通过凸模挤出挤压模腔。

一种厚壁管材的等通道成形模具及其成型管材的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铝、铜、钢等金属厚壁(管外径和壁厚之比小于 20)圆截面管材的成形技术领域,具体是一种厚壁管材的等通道成形模具及其成型管材的方法。

背景技术

[0002] 金属无缝管是当前使用最为广泛的一种管材,目前其制造方法多采用穿孔轧制,这种传统方式生产出来的管材内外表面会存在一些缺陷,对于航空液压用的管材,在高压承载状况下,极易出现破裂和管断面变形等重大危险事故。由于管件管材在航空航天、建筑工程和机械设备等工业领域的广泛使用,提高其综合机械性能对于促进我国国防工业发展和经济技术水平的提高具有重要的意义。

[0003] 为提高穿孔轧制管材的内外表面特性,并抑制其缺陷的出现,日本住友金属工业株式会社(公开号为 CN101980802A 的专利)和金龙精密铜管集团股份有限公司(公开号为 CN101569893 的专利)都对无缝管的制造方法进行了改良研究。尽管上述两种工艺在一定程度上提高了管材性能,但对管材性能的改善程度不大,且生产工艺较为复杂,生产成本较高。

[0004] 剧烈塑性变形(SPD)制备高性能超细晶材料是当今备受瞩目的一种塑性成形方法,该方法已从块状细晶材料的研发扩展应用到了管件材料的制备领域,国外现已提出一些制备高强度、高性能管材新方法,如 Tubular Channel Angular Pressing (Faraji G, Iranian patent no. 389110832, Filed 12 Feb 2011.), High-pressure Tube Twisting (Tóth L S, Arzaghi M, Fundenberger J J, et al. Scripta Mater, 2009, 60(3): 1765; Lapovok R, Pougis A, Lemiale V, et al. J Mater Sci, 2010, 45(17): 4554) 和 Tube Channel Pressing (Zangiabadi A, Kazeminezhad M. Mater Sci Eng A, 2011, 528(15): 5066) 等,但这些方法也存在着许多不足之处,如管材内外壁变形均匀性较差,对管材壁厚和直径的限制,以及对生产设备的要求较高等。国内西北工业大学在公开号为 CN 202398639 和 CN 202316624 的专利申请中提出的两种管材变截面拉拔成形和挤压方法,这两种方法都是利用椭圆截面的扭转达到简单剪切的细化晶粒,进而提高材料强度的目的,但是其模具加工困难及变形不均匀等不足之处有待改进和商榷。

[0005] 如何开发出高强度等级、高性能的管类零件,以满足科研和生产需求是材料研究所面临的前沿挑战和发展需求。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是:如何克服现有技术中变形不均匀和生产工艺复杂的不足,提供一种厚壁(管外径和壁厚之比小于 20)管材挤压成型模具及其成型管材的方法。

[0007] 本发明所采用的技术方案是:一种厚壁管材的等通道成形模具,包括凸模、外模和内模,凸模为管件,凸模的外半径和内半径与预成形管材的外半径和内半径相等,外模为扣

合形成一个中空型腔的两瓣模具,内模为整体模具,外模套在内模的外部,外模和内模的中心轴线重合,内模的轴向长度与外模的轴向长度相等,内模的轴向长度为预成型管材的轴向长度的 2.5 倍,在外模和内模之间形成挤压模腔,挤压模腔从左到右依次分为第一引导段、圆环形-正八边环形变形段、第一转角扭转段、第二转角扭转段、正八边环形-圆环形变形段和第二引导段,第一引导段为等径通道,其厚度和内外半径与预成型管材的壁厚和内外半径相同,圆环形-正八边环形变形段为等面积变形状的光滑过渡通道,其左端面为圆环形截面与第一引导段的右端面相接,右端面为正八边环形截面,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,第一转角扭转段为倒圆角光滑过渡通道,其左端面为正八边环形截面与圆环形-正八边环形变形段的右端面相接,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,右端面为正八边环形截面,其正八边环形的内外正八边形的内切圆半径为内模的半径加 c 和内模的半径加预成型管材的壁厚加 c ,其左右两端面以内模的中心轴线为轴扭转 $\beta/2$ 角度,第二转角扭转段为倒圆角光滑过渡通道,其左端面为正八边环形截面与第一转角扭转段的右端面相接,其正八边环形的内外正八边形的内切圆半径为内模的半径加 c 和内模的半径加预成型管材的壁厚加 c ,其左右两端面以内模的中心轴线为轴扭转 $\beta/2$ 角度, $30^\circ \geq \beta \geq 90^\circ$, $b \leq c \leq 2b$, b 为预成型管材的壁厚,右端面为正八边环形截面,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,圆环形-正八边环形变形段为等面积变形状的光滑过渡通道,其左端面为正八边环形截面与第二转角扭转段右端面相接,其正八边环形的内外正八边形为第一引导段圆环形截面内外圆的外切正八边形,右端面为圆环形截面,第二引导段为等径通道,其厚度和内外半径与预成型管材的壁厚和内外半径相同。

[0008] 作为一种优选方式:第一引导段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/2$,圆环形-正八边环形变形段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,第一转角扭转段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,第二转角扭转段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,正八边环形-圆环形变形段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/16$,第二引导段轴向长度为内模中心轴线长度的 $1/4$ 。

[0009] 一种厚壁等通道成形模具成形管材的方法,按照如下的步骤进行:

步骤一、对预成型管材进行退火处理,并清洁内外壁,清洁内模的外壁和外模的内壁,并在外模和内模形成的挤压模腔壁上涂抹冷挤压润滑剂,清洁凸模并涂抹冷挤压润滑剂;

步骤二、使内模外模的左右端面平齐,并对整个模具进行紧固,将预成型管材放置于挤压模腔中,使预成型管材右端面与圆环形-正八边环形变形段的左端面平齐,将凸模放入挤压模腔的左侧,使凸模的右端面与第一预成型管材左端面紧密贴合,凸模的左端面连接到挤压装置的装夹固定端;

步骤三、凸模以 $1 \sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右挤压预成型管材,当凸模右端面与第一引导段的右端面相接触时,凸模以 $5 \sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右移出挤压模腔,完成预成型管材半成形的挤压;

步骤四、将其它预成型管材放置于挤压模腔中,使预成型管材右端面与圆环形-正八边环形变形段的左端面平齐,将凸模放入挤压模腔的左侧,使凸模的右端面与预成型管材左端面紧密贴合,凸模以 $1 \sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右挤压预成型管材,将前一根终成型管材从右侧的挤压模腔挤出,当凸模右端面与第一引导段的右端面相接触时,凸模以 $5 \sim 10\text{mm/s}$

的挤压速度向右移出挤压模腔,完成预成形管材半成形的挤压;

步骤五、重复步骤四,完成所有预成型管材的挤压,并把最后一根预成型管材通过凸模挤出挤压模腔。

[0010] 本发明的有益效果是:本发明采取的等通道转角变截面扭挤成形的技术方案,类似于在横截面上扭转剪切变形以及锻造挤胀变形组成,实现了一次挤压过程多种变形模式相组合。管壁受到模腔的限制而处于强烈的三向压应力状态,在由圆-正八边形-圆和转角胀形及正八边形扭转变化的简单剪切和纯剪切变形阶段,材料进入金属过渡区的扭转剪切变形带,在剪切应力的作用下,材料的内部组织发生了转动和剪切应变,引起材料组织结构的取向,即形成新的组织,改善同等变形程度传统工艺条件下的材料变形组织。等通道转角变截面扭挤成形能够获得比传统成形工艺更大的变形程度,极大地改善管材内部的应变分布和应力分布,有利于破碎管坯中残留的铸造组织,以及改变夹杂物的形态和分布,消除管材内部组织缺陷。

[0011] 本发明具有变形效果好,速度快,效率高的优点,本发明克服了现有工艺变形不均匀的不足,极大地改善了材料内部的应力应变分布和形变组织,同时达到了提高材料性能。该发明设计合理可靠,具有成形方法简单,载荷小,操作简便等优点,有利于降低生产成本,提高生产效率,实现生产自动化。

附图说明

[0012] 图1是本发明成型模具半剖示意图;

图2是本发明成型模具挤压型腔三维结构示意图;

图3是本发明成型模具挤压型腔沿中心轴线的截面示意图;

图4是图3的A-A截面(第一引导段与圆环形-正八边环形变形段交接面)示意图;

图5是图3的B-B截面(圆环形-正八边环形变形段与第一转角扭转段交接面)示意图;

图6是图3的C-C截面(第一转角扭转段与第二转角扭转段交接面)示意图;

图7是图3的D-D截面(第二转角扭转段与正八边环形-圆环形变形段交接面)示意图;

图8是图3的E-E截面(正八边环形-圆环形变形段与第二引导段交接面)示意图;

其中:1、凸模,2、外模,3、预成形管材,4、内模,5、第一引导段,6、圆环形-正八边环形变形段,7、第一转角扭转段,8、第二转角扭转段,9、正八边环形-圆环形变形段,10、第二引导段。

具体实施方式

[0013] 如图1-图8所示,本发明主要由外模和内模扣合而成,外模和内模组合形成管材的挤压模腔,挤压模腔的横截面由圆环形光滑过渡到正八边环形再变成圆环形,正八边环形的横截面在第一转角扭转段和第二转角扭转段以外模或内模的中心轴线为扭转中心共扭转 β 角,其值为 $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$,其中 α 为参考点角度,为任意值;整个挤压模腔间隙不变,等于预成形管材的壁厚 b 。

[0014] 挤压模具包括第一凸模、外模和内模。

[0015] 第一凸模为管件,第一凸模的左端面连接到挤压装置的装夹固定端,第一凸模的右端面为挤压工作端,与预成形管材的左端面相接触。第一凸模的壁厚与预成形管材的壁厚相等,都为 b ,第一凸模的内径和外径和预成形管材的内径和外径相等,分别为 $2R$ 和 $2(R+b)$ 。

[0016] 外模为可扣合的两瓣模具,两瓣外模扣合形成一个中空型腔,内模为整体模具,外模和内模沿中心轴线的长度为预成形管材长度的 2.5 倍。由于内模的外径比外模扣合形成的型腔内径小,当外模和内模的中心轴线重合,并且外模和内模的左右两端面平齐时,从而在外模的中空型腔形成一个成形管材的挤压模腔。该挤压模腔的特征在于,挤压模腔沿中心轴线的横截面自第一端面至第二端面分为第一引导段、圆环形-正八边环形变形段、第一转角扭转段、第二转角扭转段、正八边环形-圆环形变形段和第二引导段。

[0017] 挤压模腔的第一引导段为等径通道,尺寸与预成形管材的壁厚 b 和内半径 R 及外半径 $R+b$ 相同,第一引导段轴向长度为外模或内模中心轴线长度的 $1/2$ 。

[0018] 挤压模腔的圆环形-正八边环形变形段为等面积变形状的光滑过渡通道,圆环形-正八边环形变形段的左端面与第一引导段的右端面相接,端面为圆环形截面,圆环形-正八边环形变形段的右端面与第一转角扭转段的左端面相接,端面为正八边环形截面,其正八边环形的内正八边形为第一引导段圆环形截面内圆的外切正八边形,正八边环形的外正八边形为第一引导段圆环形截面外圆的外切正八边形,圆环形-正八边环形变形段的轴向长度为外模或内模中心轴线长度的 $1/16$ 。

[0019] 第一转角扭转段的右端面与第二转角扭转段左端面相接,第一转角扭转段的右端面为正八边环形截面,该正八边环形截面的内正八边形为胀形圆环形内圆的外切正八边形,该正八边环形截面的外正八边形为胀形圆环形外圆的外切正八边形,胀形圆环形的同心圆心位于第一转角扭转段和第二转角扭转段的交接面上,并位于外模和内模的中心轴线上,该胀形圆环形的半径为 $R+c+b$,胀形圆环形的内半径为 $R+c$,其中 $b \leq c \leq 2b$, R 为预成形管材的内半径,也为挤压模腔的内半径, b 为预成形管材的壁厚,也为挤压模腔的间隙,第一转角扭转段和第二转角扭转段的过渡段均以倒圆角光滑过渡。第一转角扭转段左端面处的正八边环形截面光滑过渡到第一转角扭转段右端面处的正八边环形截面,两截面以外模或内模的中心轴线为扭转中心轴共扭转了 $\beta/2$ 角度,其取值范围为 $30^\circ \sim 90^\circ$,其中 α 为参考点角度,为任意值。第一转角扭转段的轴向长度为外模或内模中心轴线长度的 $1/16$ 。

[0020] 第二转角扭转段的右端面与正八边环形变形段-圆形变形段的左端面相接,第二转角扭转段的左端面与第一转角扭转段右端面相接,第二转角扭转段的右端面为正八边环形截面,该正八边环形截面的内正八边形为第二引导段圆环形截面内圆的外切正八边形,正八边环形截面的外正八边形为第二引导段圆环形截面外圆的外切正八边形,第二转角扭转和与正八边环形变形段-圆形变形段的过渡段以倒圆角光滑过渡。第二转角扭转段左端面处的正八边环形截面光滑过渡到第二转角扭转段右端面处的正八边环形截面,两截面以外模或内模的中心轴线为扭转中心轴共扭转了 $\beta/2$ 角度,其取值范围为 $30^\circ \sim 90^\circ$ 。第二转角扭转段的轴向长度为外模或内模中心轴线长度的 $1/16$ 。

[0021] 挤压模腔的圆环形-正八边环形变形段为等面积变形状的横截面的光滑过渡通道,圆环形-正八边环形变形段的右端面与第二引导段的左端面相接,该端面为圆环形截面,圆环形-正八边环形变形段的左端面与第二转角扭转段的右端面相接,其端面为正八

边环形截面,其正八边环形的内外正八边形分别为第二引导段圆环形内外圆形截面的外切正八边形,圆环形-正八边环形变形段的长度为外模或内模中心轴线长度的 1/16。

[0022] 挤压模腔的第二引导段为等径通道,尺寸与预成形管材的壁厚 b 和内径 R 及外径 $R+b$ 相同,第二引导段轴向长度为外模或内模中心轴线长度的 1/4。

[0023] 一种厚壁等通道成形模具成形管材的方法,按照如下的步骤进行:

步骤一、对预成形管材进行退火处理,并清洁内外壁,清洁内模的外壁和外模的内壁,并在外模和内模形成的挤压模腔壁上涂抹冷挤压润滑剂,清洁凸模并涂抹冷挤压润滑剂;

步骤二、使内模外模的左右端面平齐,并对整个模具进行紧固,将预成形管材放置于挤压模腔中,使预成形管材右端面与圆环形-正八边环形变形段的左端面平齐,将凸模放入挤压模腔的左侧,使凸模的右端面与第一预成形管材左端面紧密贴合,凸模的左端面连接到挤压装置的装夹固定端;

步骤三、凸模以 $1\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右挤压预成形管材,当凸模右端面与第一引导段的右端面相接触时,凸模以 $5\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右移出挤压模腔,完成预成形管材半成形的挤压;

步骤四、将其它预成形管材放置于挤压模腔中,使预成形管材右端面与圆环形-正八边环形变形段的左端面平齐,将凸模放入挤压模腔的左侧,使凸模的右端面与预成形管材左端面紧密贴合,凸模以 $1\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右挤压预成形管材,将前一根终成形管材从右侧的挤压模腔挤出,当凸模右端面与第一引导段的右端面相接触时,凸模以 $5\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度向右移出挤压模腔,完成预成形管材半成形的挤压;

步骤五、重复步骤四,完成所有预成型管材的挤压,并把最后一根预成型管材通过凸模挤出挤压模腔。

[0024] 本发明采取的等通道转角变截面扭挤成形的技术方案,类似于在横截面上扭转剪切变形以及镦拔挤胀变形组成,实现了一次挤压过程多种变形模式相组合。管壁受到模腔的限制而处于强烈的三向压应力状态,在由圆-正八边形-圆和转角胀形及正八边形扭转变化的简单剪切和纯剪切变形阶段,材料进入金属过渡区的扭转剪切变形带,在剪切应力的作用下,材料的内部组织发生了转动和剪切应变,引起材料组织结构的取向,即形成新的组织,改善同等变形程度传统工艺条件下的材料变形组织。等通道转角变截面扭挤成形能够获得比传统成形工艺更大的变形程度,极大地改善管材内部的应变分布和应力分布,有利于破碎管坯中残留的铸造组织,以及改变夹杂物的形态和分布,消除管材内部组织缺陷。

[0025] 本发明所涉及一种用于管材的等通道变截面挤压模具及成形方法,具有变形效果好,速度快,效率高的优点,克服了现有工艺变形不均匀的不足,极大地改善了材料内部的应力应变分布和形变组织,同时达到了提高材料性能。该发明设计合理可靠,具有成形方法简单,载荷小,操作简便等优点,有利于降低生产成本,提高生产效率,实现生产自动化。

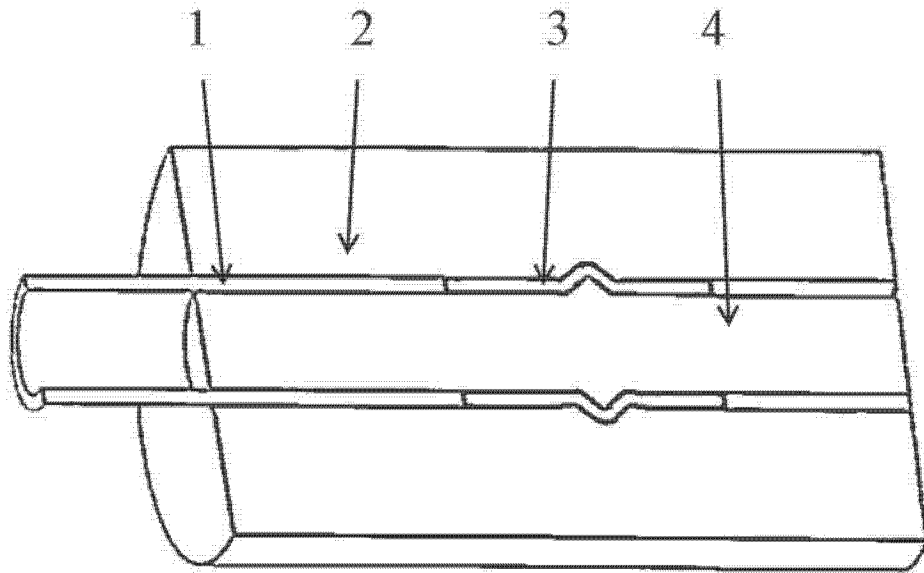


图 1

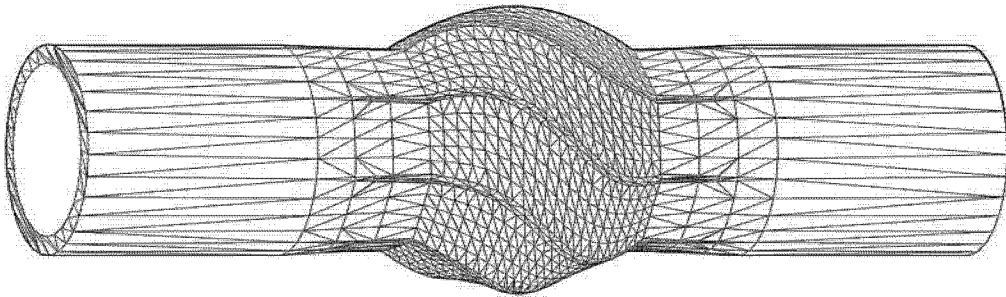


图 2

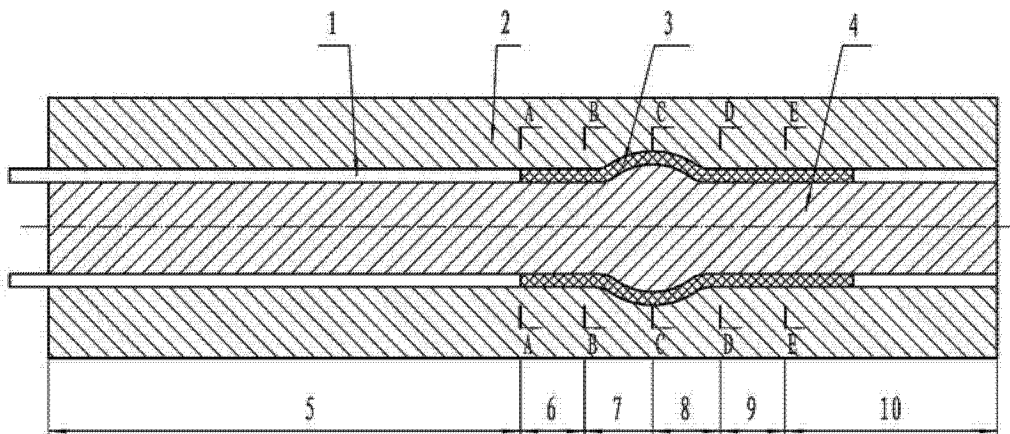


图 3

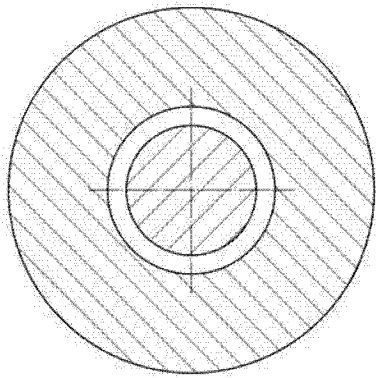


图 4

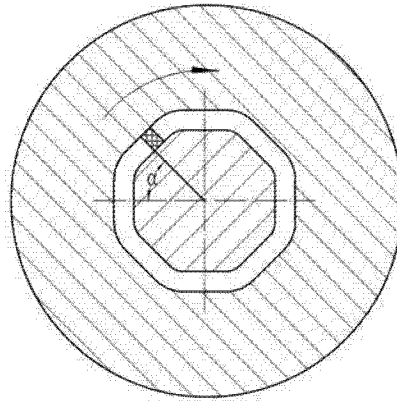


图 5

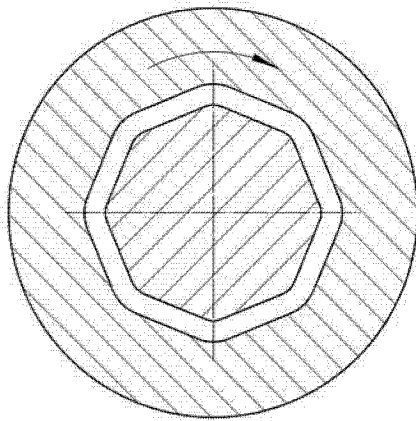


图 6

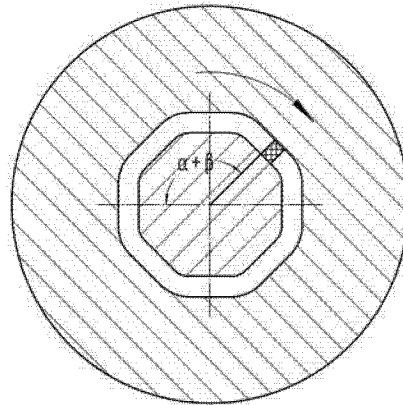


图 7

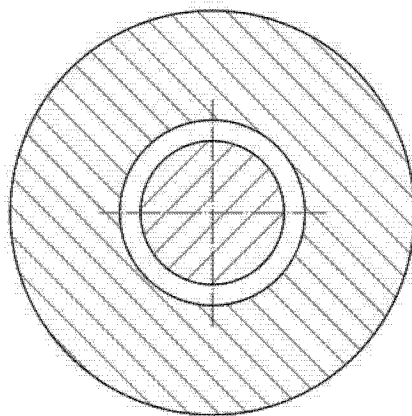


图 8