



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102615133 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 11

(21) 申请号 201210083360. 3

(22) 申请日 2012. 03. 27

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 李德江 周银鹏 曾小勤 汤晓明  
丁文江

(74) 专利代理机构 上海旭诚知识产权代理有限公司 31220

代理人 郑立

(51) Int. Cl.

B21C 25/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101259493 A, 2008. 09. 10,

CN 2584308 Y, 2003. 11. 05,

CN 101590493 A, 2009. 12. 02,

CN 101565802 A, 2009. 10. 28,

CN 1943919 A, 2007. 04. 11,

US 2005/0016243 A1, 2005. 01. 27,

马玉春等. 等通道转角挤压对 PA1010 结晶结构和力学性能的影响. 《塑料工业》. 2003, 第 31 卷 (第 09 期),

汪明亮等. 间接 ECAD 方法可行性的试验研究. 《轻合金加工技术》. 2007, 第 35 卷 (第 01 期),

周明智等. 温度和背压方式对等通道转角挤压过程的影响. 《中国机械工程》. 2007, 第 18 卷 (第 18 期),

康锋等. 背压对 ECAP 塑性变形区影响的有限元分析. 《材料与冶金学报》. 2007, 第 6 卷 (第 02 期),

审查员 张玲

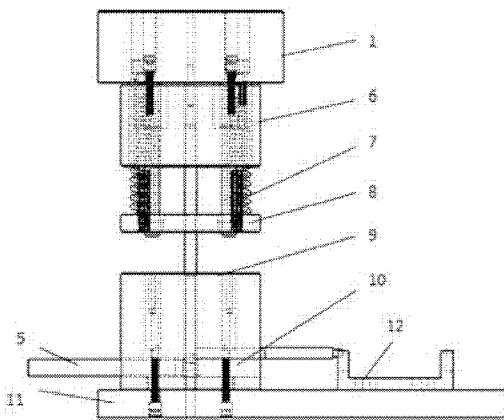
(54) 发明名称

背压等通道角挤压模具

(57) 摘要

本发明公开了一种背压等通道角挤压模具，包括压板、导柱、敲棒、凸模、导套、弹簧、凹模、模具底、双叉式冲头、加热圈、定位滑块、背压顶杆和顶杆支架，所述双叉式冲头提高了冲头的刚度和强度；所述横通道内设置有可来回滑动的所述定位滑块，方便取出所述横通道内的最后一个试样；所述背压装置在挤压过程中可以以顶杆加压方式对试样施加背压，有效地降低了挤压温度，细化晶粒，改善镁合金综合力学性能。

权利要求书1页 说明书5页 附图3页



1. 一种背压等通道角挤压模具，包括上压板、导柱、冲头、加热圈、凸模、导套、模具底座、弹簧和凹模，所述冲头上端放在凸模腔槽内，其特征在于，还包括：定位滑块、导向杆和背压装置，所述背压装置包括背压顶杆，所述凹模腔内设有一个竖通道和一个连通的横通道，所述横通道内放置所述定位滑块，所述冲头为双叉式冲头，所述冲头向下移动时，所述冲头上的所述导向杆与所述定位滑块紧密配合可左右卡死所述定位滑块，挤压时所述定位滑块水平方向不移动，所述横通道的左半边可被所述定位滑块封死，所述横通道右半边与定位滑块之间留有空间，所述背压顶杆可插入所述横通道内。

2. 根据权利要求 1 所述的模具，其中，所述横通道右端口连接所述背压装置。
3. 根据权利要求 1 所述的模具，其中，所述导向杆成双叉形状。
4. 根据权利要求 1 所述的模具，其中，所述模具还包括凸模垫块。
5. 根据权利要求 4 所述的模具，其中，所述垫块表面和所述凸模上表面持平，并固定在一起。
6. 根据权利要求 1 所述的模具，其中，所述横通道左半面是方形，右半面是凸形。
7. 根据权利要求 1 所述的模具，其中，所述空间的横截面与试样的横截面相等，挤压时试样可从右边挤出。
8. 根据权利要求 1 所述的模具，其中，所述凸模腔槽为 T 形槽。
9. 根据权利要求 1-8 任一项所述的模具，其中，所述背压装置还包括背压顶杆支架。
10. 根据权利要求 9 所述的模具，其中，所述凹模周围包裹有加热圈。

## 背压等通道角挤压模具

### 技术领域

[0001] 本发明涉及材料加工挤压技术领域，是一种高效率背压等通道角挤压模具。

### 背景技术：

[0002] 随着现代汽车、航空航天等制造行业的发展，镁合金以其优异的性能而受到

[0003] 越来越广泛的关注。在实用材料中镁合金的密度最低（约  $1.74\text{g/cm}^3$ ），比强度和比刚度很高，而且阻尼性好、切削加工性好、导电导热性好，在汽车、航天器上应用可有效降低产品整体质量，有很大的发展潜力。

[0004] 由于镁合金是密排六方结构，只有 3 个可动滑移系和 2 个独立的滑移系，室温延展性差，限制了镁合金的广泛应用。镁合金的强韧化研究目前受到了人们的普遍关注，根据 Hall-Petch 关系，HCP 结构具有更高的 petch 斜率常数，镁合金的细化晶粒强化效果比较好。晶粒细化的途径很多，其机理主要是以下两个方面：(1) 加入晶粒细化剂，如稀土元素 Ca、Sr、B 等 (2) 热加工、塑性变形技术，如热机械控制、粉末冶金、机械合金化、快速凝固及深度塑性变形等，然而粉末冶金和快速凝固方法制备的材料大多会导致裂纹、松孔及杂质等缺陷，而深度塑性变形方法可以克服以上工艺的不足，而且有良好的组织均匀性。等通道角挤压法 (ECAP) 是由 Segal 及其合作者于上个世纪 80 年代初兴起的，ECAP 变形的特点是在不改变试样的几何尺寸条件下获得大变形量，容易实现深度塑性变形，ECAP 作为一种能够获得超细晶粒的强烈塑性变形方法而得到进一步的发展与应用。

[0005] 随着镁合金的广泛应用，人们对镁合金的力学性能要求越来越高，细化晶粒是提高镁合金强度和塑性的重要途径，对镁合金进行 ECAP 变形，细化晶粒，提高力学性能是制备高性能镁合金的一个重要方向。虽然目前国内已经研究和发展了不少 ECAP 挤压模具，但现有的模具仍存在以下缺点：(1) 采用简单的单个冲头式凸模，如专利 CN2584308，CN1712155，CN1357240 等。冲头式凸模最大缺点是刚度低，对难变形镁合金进行挤压时，需要较大的压力，容易发生弯曲而失稳。(2) 模具的工作效率低，每挤压一个试样，需要拆模具取出试样或者要从横通道内敲出，操作繁琐。如专利 CN1792487，CN101590493。(3) 现有的模具大部分没有背压装置，只能用传统的挤压工艺挤压，如 CN101797596，CN1792487 等。

[0006] 查阅文献发现 CN101590493 专利的挤压模具虽然挤压时可以加背压。但存在以下缺陷：(1) 采用简单的冲头式凸模，冲头刚度不高，容易发生弯曲而失稳；(2) 对液压机要求较高，只有三向的液压机才能用此模具挤压镁合金，两向液压机不能用。(3) 一个试样挤压完后，需要拆模具才能取出试样，操作繁琐，效率低，不能多个试样连续挤压。

[0007] 综上所述可知，现有的模具大部分只能在传统的工艺下挤压，不能对难变形镁合金在较低的温度下挤压，并且挤压效率低。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的在于克服现有 ECAP 挤压模具存在的不足，提供一种高效率的背压 ECAP 挤压模具，本发明对冲头进行了改进，采用双叉式冲头，冲头的横截面积增大，提高了

冲头的刚度和强度；横通道内放置一个定位滑块，定位滑块来回移动，方便取出横通道内的最后一个样；模具右端连接背压装置，挤压过程中可以以顶杆加压方式对试样施加背压，有效地降低了挤压温度，细化晶粒，改善镁合金综合力学性能。

[0009] 本发明方案通过以下技术方案实现：

[0010] 一种背压等通道角挤压模具包括上压板、导柱、冲头、加热圈、凸模、导套、弹簧、凹模、定位滑块、模具底座、背压顶杆支架、竖直通道、横通道、导向杆和背压顶杆。

[0011] 进一步的，所述背压等通道角挤压模具还包括敲棒、销钉、内六角螺钉、和凸模垫块。

[0012] 所述冲头上端放在所述凸模腔槽内，优选所述凸模腔槽为T形槽；较佳的，所述凸模上面压一个凸模垫块，优选垫块表面和凸模上表面持平；较佳的，通过销钉和内六角螺钉固定在一起；所述冲头上带有导向杆，优选所述导向杆为两根彼此之间形成双叉式结构。

[0013] 所述凹模型腔有一个垂直的竖通道和一个连通的横通道组成一个L形的通道，优选垂直通道与横通道为90°C；优选横通道左半面是方形，右半面是凸形；横通道内放置一个定位滑块，使所述横通道的左半边被封死，所述横通道右半边刚好与定位滑块之间有一个空间，优选所述空间截面积与试样截面积相等；挤压时试样从右边挤出。冲头向下移动时，冲头的两根导向杆与定位滑块紧密配合，挤压槽向下移动穿过定位滑块时，定位滑块被导向杆挡住不能左右移动，挤压时定位滑块在水平方向不能移动。

[0014] 凹模周围包有一个加热圈，对模具进行加热，试样在旁边的保温炉中加热，挤压时横通道内的试样是被下一个样自动挤出，同一温度下可以对多个试样连续挤压，大幅度提高了挤压效率。

[0015] 所述横通道右端口连接背压装置，背压装置包括背压顶杆，背压顶杆支架，压力泵。通过顶杆加压方式对试样施加背压，防止裂纹的萌生和扩展，有利于降低挤压温度。

[0016] 本发明的优点是：

[0017] 1、采用双叉式冲头，试样在挤压槽中挤压，增加了冲头的横截面积，提高了挤压杆的刚度，防止挤压杆受力时发生弯曲而失稳。

[0018] 2、模具和试样分开加热，模具通过包裹凹模的加热圈加热，试样用保温炉加热，以往模具和试样一起加热，每次只能挤压一个样，模具效率低。本发明可以实现同一道次对多个试样进行连续挤压，后一个试样把前一个试样从横通道内挤出，不用每次都拆模具或者人工敲出取试样，提高了挤压效率。

[0019] 3、横通道内放置一个定位滑块，当冲头向下挤压时，冲头穿过定位滑块，与定位滑块插入式配合，卡死定位滑块，使滑块在横通道内不能连续移动，通过定位滑块封死了横通道的左半边，定位滑块与横通道右半边之间有一个空间，试样只能从右半边挤出。同一温度下挤压时，横通道内的试样被后一个试样挤出，但最后一个试样挤压是残留在横通道内的，凸模拔出后，定位滑块可以来回移动，敲出定位滑块，可以方便地取出留在横通道内的最后一个试样，取样比较容易。

[0020] 4、模具配有背压装置，通过顶杆方式对试样施加背压，背压顶杆可以插入横通道内，在试样刚被挤出时就施加背压，可以使试样受力均匀，组织均匀性较好。另外，顶杆加压法与粘性介质法相比变形量大，有利于细化晶粒。另外，根据文献，挤压温度越低，细化效果越好，背压可以防止裂纹的萌生和扩展，降低了挤压温度，提高了镁合金的综合力学性能。

[0021] 5、与传统的模具相比本发明有以下优势 : (a) 对冲头进行了改进,采用双叉式冲头,冲头的横截面积增大,提高了冲头的刚度和强度 ; (b) 模具和试样分开加热,同一温度下,可以对多个试样进行连续挤压,后一个试样把前一个试样从横通道内挤出,取样简单,操作方便,大幅度提高了挤压效率 ; (c) 横通道内放置一个定位滑块,不用拆模具,敲出定位滑块,可以较方便的取出最后一个挤压样 ; (d) 模具配有背压装置,可以在横通道内在水平方向对试样施加背压,背压可以有效地防止裂纹的萌生和扩展,在背压作用下,试样处于三向应力状态,塑性较好,镁合金可以在较低的温度下进行 ECAP 挤压变形而不出现裂纹。

[0022] 6、本发明适用于块状镁合金和铝合金的 ECAP 挤压成形,传统 ECAP 挤压模具适用于传统工艺,只有在较高的温度下才能挤压难变形镁合金,高温下挤压时,晶粒容易长大,细化效果不明显,不能有效地改善镁合金力学性能,发挥不了等通道角挤压的优势。本发明对传统的模具和工艺进行了改进,通过施加背压可以有效地降低难变形镁合金挤压温度,改善其力学性能。对冲头进行了改进,提高了挤压杆的强度和刚度。同道次可以对多个试样进行连续挤压,横通道内的试样是被下一个样挤出,实现了取试样半自动化,简化了挤压过程,操作方便,提高了挤压效率。

## 附图说明

[0023] 图 1 为具体实施方式中 EACP 挤压模的结构示意图 : 图 1-a 为前视图,图 1-b 为左视图。

[0024] 图 2 为具体实施方式中凸模 6 的结构示意图 : 图 2-a 标注了 E-E 和 B-B 方向,图 2-b 为 E-E 方向的剖视图,图 2-c 为 B-B 方向的剖视图。

[0025] 图 3 为具体实施方式中凹模 9 的结构示意图 : 图 3-a 标注了 A-A 和 B-B 方向,图 3-b 为 A-A 方向的剖视图,图 3-c 为 B-B 方向的剖视图。

[0026] 图 4 为具体实施方式中冲头 3 的结构示意图。

[0027] 图 5 为具体实施方式中定位滑块 10 的结构示意图。

[0028] 图 6 为具体实施方式中冲头 3 和定位滑块 10 的配合结构示意图 : 图 6-a 为前视图,图 6-b 为左视图。

[0029] 图 7 为背压装置的结构示意图 : 图 7-a 为背压装置前视图,图 7-b 为右视图,图 7-c 为俯视图。

## 具体实施方式 :

[0030] 如图 1-7 所示,本实施例中模具由上压板 1、导柱 2、冲头 3、加热圈 4、敲棒 5、凸模 6、弹簧 7、导套 8、凹模 9、定位滑块 10、模具底座 11、背压顶杆支架 12、销钉 13、内六角螺钉 14、T 形槽 15、竖直通道 16、横通道 17、凸模垫块 18、导向杆 19、挤压槽 20、背压顶杆 21 组成。

[0031] 1、将凹模 9 与模具底座 11 用螺栓和销钉 13 固定好,凸模 6 与上模板固定在一起,凹模与凸模装配好,将模具底座放在立式液压机工作台上,由于导向杆 19 要穿过模具底座进入工作台下边,模具底座的圆孔要与工作台的圆孔对准。

[0032] 2、调整好底座位置后,用 T 形螺栓将模具底座固定在工作台上,先不要锁太紧后面可能还需要微调动,下降压力机把上压板与液压机固定在一起,固定好后上升压力机。

[0033] 3、把定位滑块放入横通道 17 内,定位滑块 10 一头移动至横通道右端时,确定滑块的精确位置,用一个截面积和导向杆大小相同的方块试样插入导向空内,向下移动看是否能顺利通过定位滑块,不能顺利通过时,左右微调动定位滑块,直到能顺利通过定位滑块,这样可以保证导向杆下移时不会碰到定位滑块而损坏。只需要在安装模具时定位一次,导向杆与定位滑块精确配合,挤压时滑块不会移动,后面挤压不需要再定位。

[0034] 4、确定液压机的下限位,由于本发明可以实现同一道次多个试样连续挤压,每次挤压一个试样后不需要拆模具取出试样或者从横通道内敲出试样,是通过下一个试样把前一个试样挤出,所以凸模不需要下降到最低位置,每次下降到离横通道还有 10mm 处,这样可以避免下降底部时导向杆底部与横通道接触,减少冲力。

[0035] 5、安装背压装置,压力大小有压力泵控制,背压装置的背压顶杆 20 插入横通道内。

[0036] 6、凹模周围的加热圈 4 与温控仪连接,设定温度,对模具进行预热,挤压试样在旁边的保温炉内预热,模具和试样要加热到同一温度。

[0037] 7、模具和试样到了预定温度后,设定好背压的压力,试样放入两导向杆之间的挤压槽内,对试样进行第一道次挤压,同一道次可以进行多个试样连续挤压,下一个试样把前一个试样从横通道内挤出,操作方便,不需要拆模具。经过 1-4 道次挤压后,每道次挤压 4 个样。1-4 道次后试样的塑性已经有所改善,所以试样 5-8 道次可以在较低的温度下挤压而不出现裂纹。降低模具和试样的温度,5-8 道次在较低的温度下挤压。难变形镁合金在传统的 ECAP 模具和工艺下挤压时,在较高的温度下才能挤压,温度低时试样会破裂。本发明可以在较低的温度下对难变形镁合金进行 ECAP 变形而不出现裂纹等缺陷,而且挤压效率得到明显提升。实施例 1 :等通道角挤压 AZ31 镁合金

[0038] 根据模具尺寸,先把 AZ31 镁合金线切割成  $12 \times 12 \times 90\text{mm}$  的方形挤压试样。加热模具的温控仪温度设为  $200^\circ\text{C}$ ,试样在旁边的保温炉内预热至  $200^\circ\text{C}$ ,加热 10 分钟后,对试样,挤压杆,横通道涂润滑剂,减少挤压过程中的摩擦。

[0039] 模具和试样温度预热至  $200^\circ\text{C}$  后,压力泵背压调至 50Mpa,从保温炉中取出试样放在挤压槽内进行挤压,第一个样挤压后,上升压力机,取出第二个样放入加压槽中进行挤压。第一个样被第二个样从横通道内挤出,挤压后的样放入保温炉中,这样连续挤压,8 个样全部挤压后,有 7 个样被挤出横通道,还有一个留在横通道内,继续进行第二道次挤压,留在横通道内的样被下一道次的样挤压时挤出。

[0040] 经过 1-2 道次挤压后,模具和试样温度降为  $175^\circ\text{C}$ ,继续进行 3-4 道次挤压,试样在挤压过程中没有出现裂纹等缺陷。根据文献常规挤压温度要  $225^\circ\text{C}$ ,靳丽用两步降温 ECAP 变形 AZ31 镁合金最低 ECAP 挤压温度降到  $180^\circ\text{C}$ ,用此发明在挤压过程中施加背压,可以进一步降低挤压温度,150°C 挤压时试样没有出现裂纹。

[0041] 实验结果:依据靳丽的博士论文,通过两步 ECAP 变形,1-4 道次在  $225^\circ\text{C}$  下,第 5 道次在  $180^\circ\text{C}$  下挤压,晶粒细化到  $1\mu\text{m}$  左右。在用本发明进行挤压,挤压时施加 50Mpa 的背压,1-4 道次在  $225^\circ\text{C}$  下挤压,第 5 道次挤压温度可以降到  $150^\circ\text{C}$ ,晶粒细化到  $0.7 \mu\text{m}$  左右,屈服强度有 230Mpa 提高到 290Mpa.,实施例 2 :等通道角挤压稀土镁合金 GW103

[0042] GW103 是稀土镁合金,硬度比较大,塑性不好,用传统模具挤压时需要在较高的温度下才能挤压,模具容易因压力过大而受损,对模具的强度和结构要求也高。

[0043] 与实施例 1 一样把试样切割成  $12 \times 12 \times 12\text{mm}$  的方形试样, 按照实施例 1 的步骤安装模具, 模具和试样预热至  $420^\circ\text{C}$  后, 把试样从保温炉中放入挤压槽中进行挤压。进行前两道次挤压, 试样在挤压过程中没有损坏。继续降低温度, 发现常规挤压温度最低是  $390^\circ\text{C}$ , 低于  $390^\circ\text{C}$  挤压时试样会出现裂纹缺陷。

[0044] 为了进一步降低温度, 在挤压过程中对试样施加背压, 模具和试样都预热至  $375^\circ\text{C}$ , 背压压力设为  $100\text{Mpa}$ , 从保温炉中取出试样进行挤压, 发现在  $375^\circ\text{C}$  温度下加  $100\text{Mpa}$  挤压时试样没有出现裂纹, 试样完好。在  $375^\circ\text{C}, 100\text{Mpa}$  下对试样进行 1-4 道次挤压, 每道次挤压 4 个样。4 道次过后, 试样和模具温度降到  $350^\circ\text{C}$ , 背压保持  $100\text{Mpa}$  不变, 在第 5 道次在  $350^\circ\text{C}$  温度下挤压时发现试样没有破坏, 没有出现裂纹。

[0045] 常规挤压最低温度是  $390^\circ\text{C}$ , 晶粒尺寸大小约为  $5\mu\text{m}$ , 用本发明对难变形镁合金进行等通道角挤压时, 施加  $100\text{Mpa}$  的情况下, 挤压温度可以降低到  $350^\circ\text{C}$ , 晶粒尺寸减小到  $3\mu\text{m}$  左右。与常规模具和工艺相比, 可以明显降低挤压温度, 而且挤压效率明显提升, 很快完成 20 个样的 1-8 道次等通道角挤压。

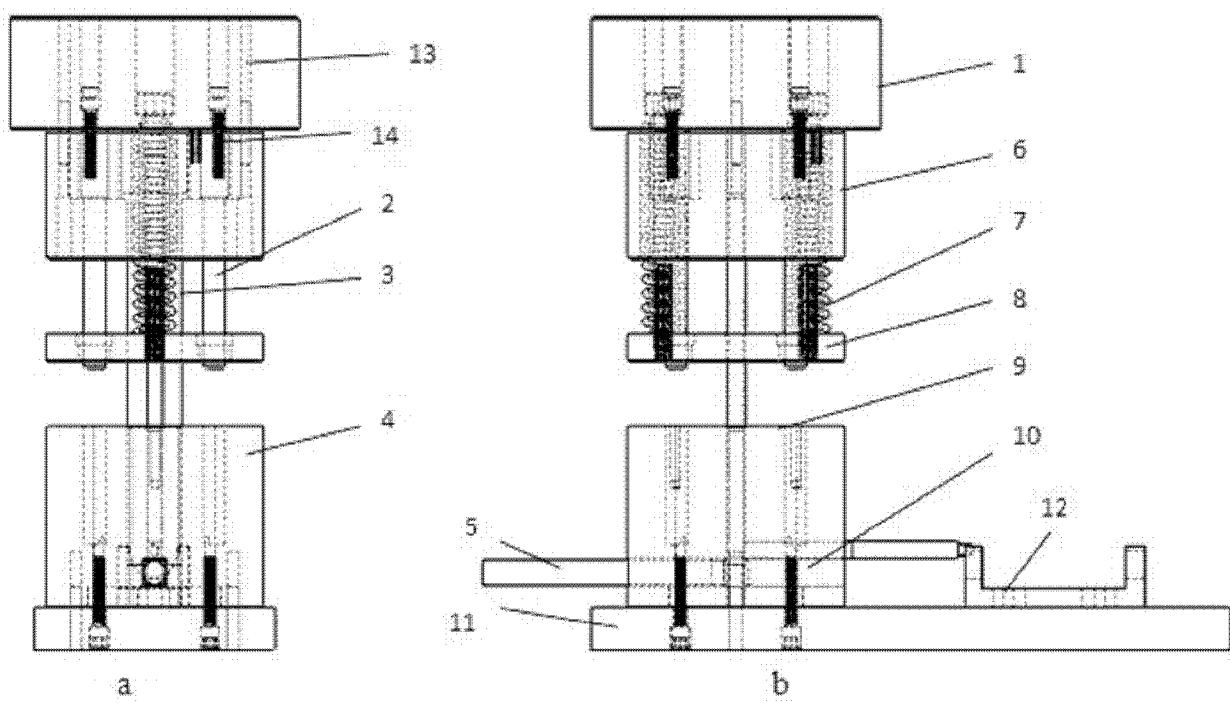


图 1

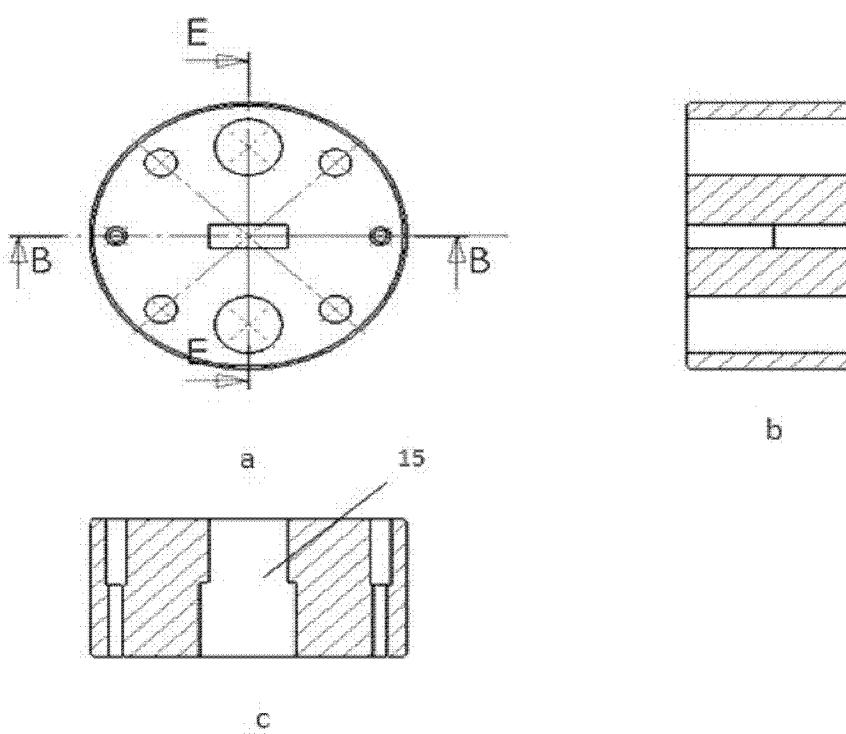


图 2

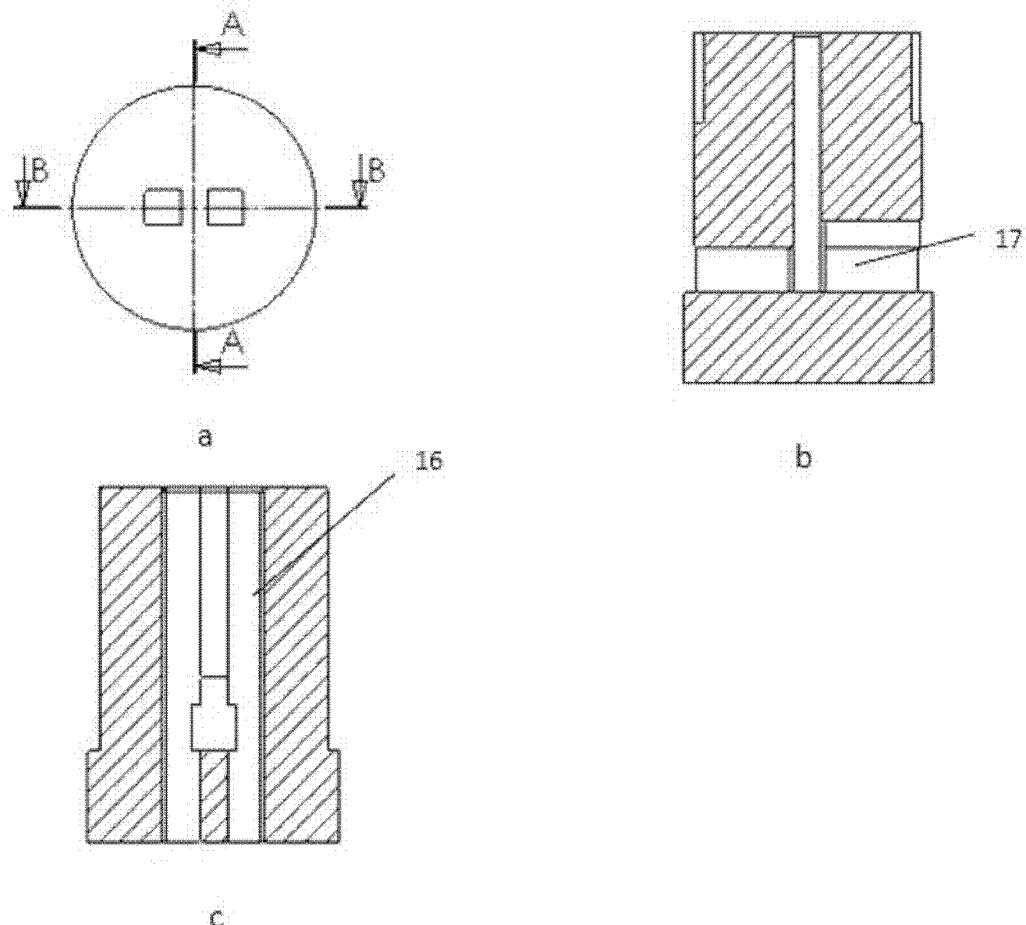


图 3

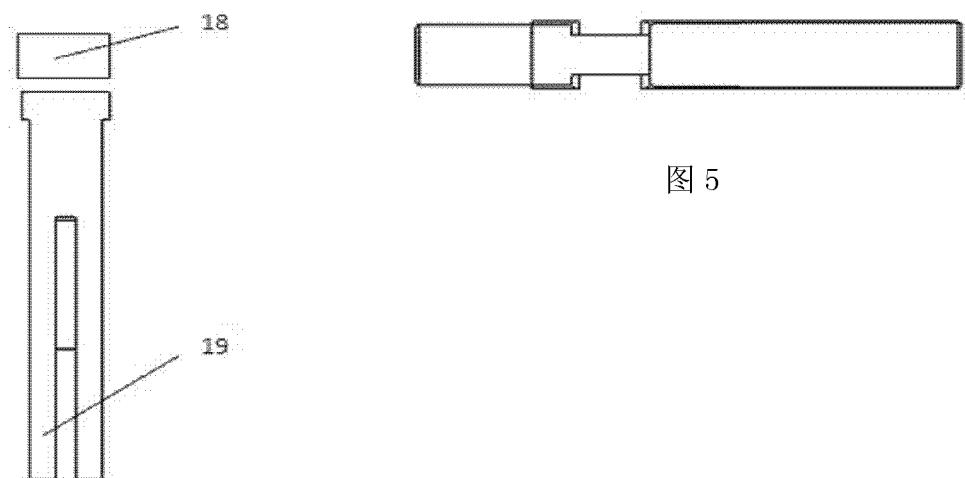


图 4

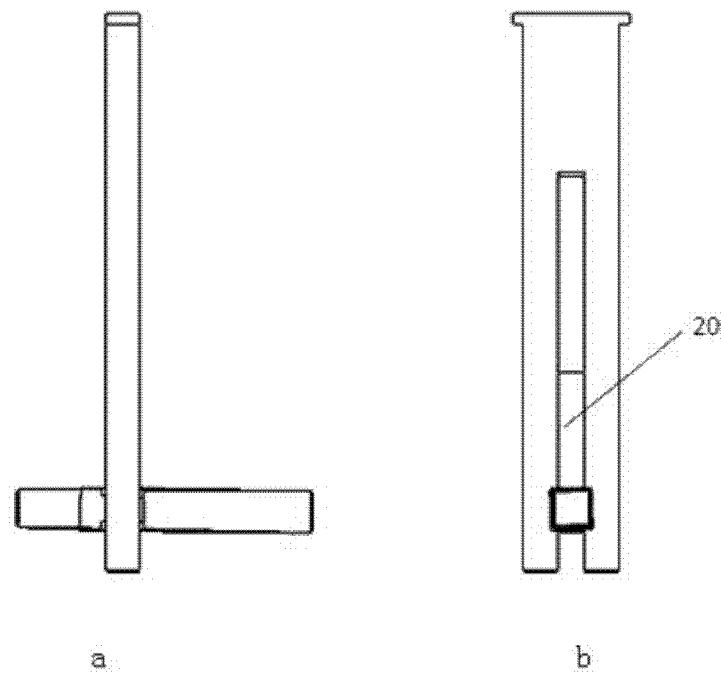


图 6

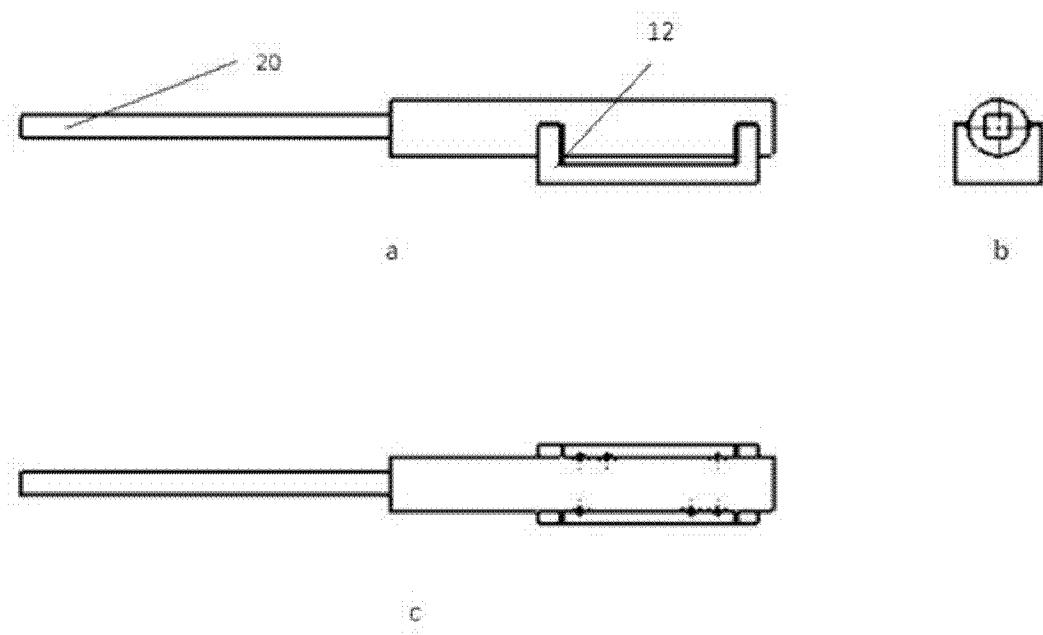


图 7