



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106001154 B

(45)授权公告日 2018.03.06

(21)申请号 201610429741.0

B21C 23/02(2006.01)

(22)申请日 2016.06.17

审查员 王丹

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106001154 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(73)专利权人 天津工业大学

地址 300380 天津市西青区宾水西道399号

专利权人 太原理工大学

(72)发明人 汪程鹏 薛凤梅 王利飞 林鹏

刘俊成

(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 申艳玲

(51)Int.Cl.

B21C 25/02(2006.01)

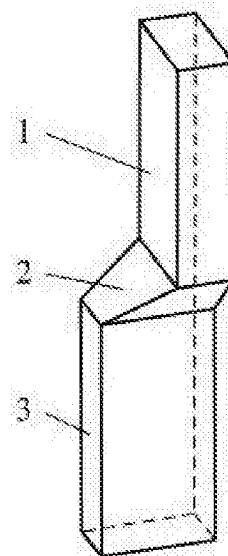
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种等通道挤压模具及成形坯料的方法

(57)摘要

本发明公开了一种等通道挤压模具及成形坯料的方法,属于金属材料的挤压成形技术领域。该模具包括凸模和凹模,所述凸模由支撑端和挤压杆组成,支撑端为圆柱状结构,挤压杆为四棱柱结构,横截面为长方形,长方形的长边为a,短边为b,挤压杆高度为4c;凹模由两个半模组成,凹模型腔分为引导段、形变段和导出段。成形坯料时,通过挤压设备驱动凸模,使坯料依次经过等通道挤压模具的引导段型腔、形变段型腔、导出段型腔,坯料的横截面形状先由长方形变为正方形,然后由正方形变为长方形,可进行多道次等通道挤压,最后成形出变形均匀的超细晶坯料。该模具通用性强、生产成本低、载荷要求低,可用于剧烈塑性变形制备超细晶坯料。



1. 一种等通道挤压模具成形坯料的方法, 采用的等通道挤压模具包括凸模和凹模, 所述凸模由支撑端和挤压杆组成, 支撑端为圆柱状结构, 挤压杆为四棱柱结构, 挤压杆横截面为长方形, 长方形的长边为 a , 短边为 b , 挤压杆高度为 $4c$; 凹模由两个半模组成, 凹模型腔分为引导段型腔、形变段型腔和导出段型腔; 其中:

所述引导段型腔为长方体结构, 其横截面为第一长方形, 第一长方形的长边为 a , 短边为 b , 引导段型腔的高度为 $4c$;

形变段型腔为不规则型腔, 其横截面为第一长方形向第二长方形的平滑过渡, 即形变段和引导段交界处的横截面为第一长方形, 形变段和导出段交界处的横截面为第二长方形, 第二长方形和第一长方形的形状和尺寸相同, 第一长方形和第二长方形平行, 且形变段的四个面的上、下两条边分别相互平行, 即第一长方形的长边 a 渐缩成第二长方形的短边 b , 第一长方形的短边 b 渐扩成第二长方形的长边 a , 引导段型腔的高度为 c ; 所述形变段型腔的四个面中, 有两个相交且垂直的面与上方引导段、下方导出段的衔接面分别位于同一平面内;

导出段型腔为长方体结构, 其横截面为第二长方形, 第二长方形的形状和尺寸与引导段型腔横截面的形状和尺寸相同, 第二长方形的长边为 a , 短边为 b , 导出段型腔的高度为 $4c$;

其特征在于: 包括以下步骤:

步骤一, 准备: 对第一预处理坯料进行退火处理, 并清洁第一预处理坯料外表面和等通道挤压模具的型腔内壁, 并在第一预处理坯料外表面和等通道挤压模具的型腔内壁上涂抹挤压润滑剂;

步骤二, 预挤压: 将等通道挤压模具固定装配在挤压机上, 将凸模连接固定到挤压机的动力设备端, 将第一预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中, 开动挤压机, 挤压机的动力设备端下降, 下降速度为 $10\sim 20\text{mm/s}$, 当凸模的挤压杆端面与第一预处理坯料的上端面相接触后, 挤压机停止工作;

步骤三, 成形挤压: 开动挤压机, 动力设备端继续下降, 凸模以 $1\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度挤压第一预处理坯料, 凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时, 凸模以 $10\sim 20\text{mm/s}$ 的上升速度提升凸模; 第一预处理坯料在等通道挤压模具型腔内的横截面由长方形渐变为正边形, 然后再变成长方形, 完成第一预处理坯料的等通道挤压变形;

步骤四, 挤出成形: 开动挤压机, 动力设备端提升, 凸模以 $10\sim 20\text{mm/s}$ 的速度从等通道挤压模具型腔的引导段提升, 当凸模的挤压杆端面与凹模上端面的距离 $\geq 5c$ 时, 挤压机停止工作, 将第二预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中, 开动挤压机, 动力设备端下降, 下降速度为 $10\sim 20\text{mm/s}$, 当凸模的挤压杆端面与第二预处理坯料的上端面相接触后, 挤压机停止工作; 再次开动挤压机, 动力设备端继续下降, 凸模以 $1\sim 10\text{mm/s}$ 的挤压速度挤压坯料, 当凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时, 凸模以 $10\sim 20\text{mm/s}$ 的上升速度提升凸模, 第二预处理坯料将第一预处理坯料完全挤入等通道挤压模具型腔的导出段;

步骤五, 完全挤出成形: 开动挤压机, 动力设备端提升, 凸模以 $10\sim 20\text{mm/s}$ 的速度从等通道挤压模具型腔的引导段提升, 当凸模的挤压杆端面与凹模上端面的距离 $\geq 5c$ 时, 挤压机停止工作, 将第三预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中, 开动挤压机, 动力设备端下降, 下降速度为 $10\sim 20\text{mm/s}$, 当凸模的挤压杆端面与第三预处理坯料的上端面相接触

后,挤压机停止工作;再次开动挤压机,动力设备端继续下降,凸模以1~10mm/s的挤压速度挤压坯料,当凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时,凸模以10~20mm/s的上升速度提升凸模,第三预处理坯料将第二预处理坯料完全挤入等通道挤压模具型腔的导出段,从而将第一预处理坯料挤出等通道挤压模具型腔的导出段;

步骤六,后续挤压:重复步骤五完成多个预处理坯料的完全挤出成形。

2.根据权利要求1所述的等通道挤压模具成形坯料的方法,其特征在于:所述a、b、c的关系式为: $b \leq c \leq 2b \leq a$ 。

3.根据权利要求1所述的等通道挤压模具成形坯料的方法,其特征在于:所述预处理坯料为长方体结构,与引导段型腔的结构相同,其横截面为长方形,长方形的长和宽分别为a和b,坯料的高度为4c;预处理坯料横截面的形状、尺寸与第一长方形的形状、尺寸相同。

一种等通道挤压模具及成形坯料的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种等通道挤压模具及成形坯料的方法,属于金属材料的挤压成形技术领域。

背景技术

[0002] 等通道转角挤压(ECAP)是剧烈塑性变形(SPD)的一种有效细化晶粒,提高材料综合性能的新型成形方法,它利用由两个相交的等径通道组成的挤压模具使金属获得大的塑性剪切应变。等通道的结构设计,可实现材料变形前后的形状尺寸的不变,从而实现多道次成形,累积大的塑性变形。基于等通道的概念,很多SPD新技术随之兴起,如挤扭(TE)、往复挤压(CEC)、椭圆截面螺旋等通道挤压(ECSEE)等。在公开号为CN104384225B的中国专利中,坯料在等通道剪切挤压模具剪切应力的作用下,发生剧烈剪切应变,实现晶粒的剪切破碎,从而达到了细化晶粒的效果。基于TE成形方法,国外也提出了Axi-symmetric forward spiral extrusion(Mech Mater, 2011, 43(11): 684)和Vortex extrusion(Mater Sci Eng A, 2011, 530: 469)的成形方法,但是与TE相比,成形细化晶粒效果不佳。

[0003] 尽管上述等通道成形方法效果优良,但存在着对设备要求高、载荷吨位大等限制条件,究其原因是因为剧烈的大剪切应变依赖于复杂的模具结构。传统挤压模具,型腔较为简单,容易实现材料的匀速塑性流变。如何设计一种结构简单而又实现大剪切应变的等通道挤压成形是实现SPD工业应用的亟待解决的技术难题。

发明内容

[0004] 本发明旨在提供一种等通道挤压模具,可在现有锻压成形设备上设计改进,具有SPD细晶材料的工业应用性;该模具具有通用性强、生产成本低、载荷要求低的优点。本发明还提供了使用该模具进行等通道挤压成形的方法。

[0005] 本发明提供的一种等通道挤压模具,等通道挤压模具与常规挤压模具一样,包括凸模和凹模,所述凸模由支撑端和挤压杆组成,支撑端为圆柱状结构,挤压杆为四棱柱结构,挤压杆横截面为长方形,长方形的长边为 a ,短边为 b ,挤压杆高度为 $4c$;凹模由两个半模组成,半模通过可拆分式的块体模具中加工挤压型腔的方式实现,凹模型腔分为引导段型腔、形变段型腔和导出段型腔;其中:

[0006] 所述引导段型腔为长方体结构,其横截面为第一长方形,第一长方形的长边为 a ,短边为 b ,其中 $a \geq 2b$,引导段型腔的高度为 $4c$,既要保证挤压剪切变形的效率,又要保证挤压载荷不至于过大,选取 $b \leq c \leq 2b$;

[0007] 形变段型腔为不规则型腔,其横截面为第一长方形向第二长方形的平滑过渡,即形变段和引导段交界处的横截面为第一长方形,形变段和导出段交界处的横截面为第二长方形,第二长方形和第一长方形的形状和尺寸相同,第一长方形和第二长方形平行,且形变段的四个面的上、下两条边分别相互平行,即第一长方形的长边 a 渐缩成第二长方形的短边 b ,第一长方形的短边 b 渐扩成第二长方形的长边 a ,引导段型腔的高度为 c ;所述形变段型腔

的四个面中,有两个相交且垂直的面与上方引导段、下方导出段的衔接面分别位于同一平面内;

[0008] 导出段型腔为长方体结构,其横截面为第二长方形,第二长方形的形状和尺寸与引导段型腔横截面的形状和尺寸相同,第二长方形的长边为a,短边为b,导出段型腔的高度为4c。

[0009] 本发明提供了一种利用上述等通道挤压模具成形坯料的方法,包括以下步骤:

[0010] 步骤一,准备:对第一预处理坯料进行退火处理,并清洁第一预处理坯料外表面和等通道挤压模具的型腔内壁,并在第一预处理坯料外表面和等通道挤压模具的型腔内壁上涂抹挤压润滑剂;

[0011] 步骤二,预挤压:将等通道挤压模具固定装配在挤压机上,将凸模连接固定到挤压机的动力设备端,将第一预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中,开动挤压机,挤压机的动力设备端下降,下降速度为10~20mm/s,当凸模的挤压杆端面与第一预处理坯料的上端面相接触后,挤压机停止工作;

[0012] 步骤三,成形挤压:开动挤压机,动力设备端继续下降,凸模以1~10mm/s的挤压速度挤压第一预处理坯料,凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时,凸模以10~20mm/s的上升速度提升凸模;第一预处理坯料在等通道挤压模具型腔内的横截面由长方形渐变为正边形,然后再变成长方形,完成第一预处理坯料的等通道挤压变形;

[0013] 步骤四,挤出成形:开动挤压机,动力设备端提升,凸模以10~20mm/s的速度从等通道挤压模具型腔的引导段提升,当凸模的挤压杆端面与凹模上端面的距离 $\geq 5c$ 时,挤压机停止工作,将第二预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中,开动挤压机,动力设备端下降,下降速度为10~20mm/s,当凸模的挤压杆端面与第二预处理坯料的上端面相接触后,挤压机停止工作;再次开动挤压机,动力设备端继续下降,凸模以1~10mm/s的挤压速度挤压坯料,当凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时,凸模以10~20mm/s的上升速度提升凸模,第二预处理坯料将第一预处理坯料完全挤入等通道挤压模具型腔的导出段;

[0014] 步骤五,完全挤出成形:开动挤压机,动力设备端提升,凸模以10~20mm/s的速度从等通道挤压模具型腔的引导段提升,当凸模的挤压杆端面与凹模上端面的距离 $\geq 5c$ 时,挤压机停止工作,将第三预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中,开动挤压机,动力设备端下降,下降速度为10~20mm/s,当凸模的挤压杆端面与第三预处理坯料的上端面相接触后,挤压机停止工作;再次开动挤压机,动力设备端继续下降,凸模以1~10mm/s的挤压速度挤压坯料,当凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时,凸模以10~20mm/s的上升速度提升凸模,第三预处理坯料将第二预处理坯料完全挤入等通道挤压模具型腔的导出段,从而将第一预处理坯料挤出等通道挤压模具型腔的导出段;

[0015] 步骤六,后续挤压:重复步骤五完成第二、第三……预处理坯料的完全挤出成形。

[0016] 所述预处理坯料为长方体结构,与引导段型腔的结构相同,其横截面为长方形,长方形的长和宽分别为a和b,坯料的高度为4c;预处理坯料横截面的形状、尺寸与第一长方形的形状、尺寸相同。

[0017] 本发明提出了一种等通道挤压模具,利用本发明通过挤压设备驱动凸模,使坯料依次经过等通道挤压模具的引导段型腔、形变段型腔、导出段型腔,坯料的横截面形状先由长方形变为正方形,然后由正方形变为长方形,可进行多道次等通道挤压,最后成形出变形

均匀的超细晶坯料。

[0018] 坯料进入模具后,其横截面分别经过了第一长方形→正方形→第二长方形的变化,这种变形实质上为剪切变形和挤压变形的结合,实现了一道次挤压过程中多种变形模式的组合,实现剧烈剪切应变诱导下晶粒的剪切破碎和细化。模具型腔简单,易加工,成形载荷降低。此外,变形前后坯料的形状和尺寸不变,可实现重复多道次的挤压变形。

[0019] 本发明的有益效果:

[0020] (1)坯料在剪切应力的作用下,发生剧烈剪切应变,实现晶粒的剪切破碎,从而达到了细化晶粒的效果;同时,坯料受到挤压型腔的限制,处于强烈的压应力状态,压应力状态下的坯料晶间变形困难,可以抑制变形体原来存在的各种微观缺陷的发展;可进行多道次等通道挤压,最后成形出变形均匀的超细晶坯料;

[0021] (2)变形前后坯料的形状和尺寸不发生变化,可实现重复多道次的挤压变形,可显著提高坯料的塑性变形;

[0022] (3)该模具具有通用性强、生产成本低、载荷要求低的优点,可用于剧烈塑性变形制备超细晶坯料,可在现有锻压成形设备上设计改进,具有现实可行性和工业应用性。

附图说明

[0023] 图1是等通道挤压模具型腔的立体结构图。

[0024] 图2是等通道挤压模具型腔的主视图。

[0025] 图3是图2的左视图。

[0026] 图4是图2的俯视图。

[0027] 图5是形变段的横截面渐变过程示意图。

[0028] 图6是凸模的结构示意图。

[0029] 图7是坯料的结构示意图。

[0030] 图8是凹模的结构示意图。

[0031] 其中,1为引导段型腔,2为形变段型腔,3为导出段型腔,4为凸模,5为支撑端,6为挤压杆,7为第一长方形,8为第二长方形。

具体实施方式

[0032] 下面通过实施例来进一步说明本发明,但不局限于以下实施例。

[0033] 对尺寸为100 mm×200 mm×400 mm的长方体结构纯铝预处理坯料进行等通道挤压成形。

[0034] 如图1~8所示,一种等通道挤压模具,等通道挤压模具与常规挤压模具一样,包括凸模和凹模,所述凸模4由支撑端5和挤压杆6组成,支撑端5为圆柱状结构,挤压杆6为四棱柱结构,挤压杆6横截面为长方形,长方形的长边为200mm,短边为100mm,挤压杆高度为400mm;凹模由两个半模组成,半模通过可拆分式的块体模具中加工挤压型腔的方式实现,凹模型腔分为引导段型腔1、形变段型腔2和导出段型腔3;其中:

[0035] 所述引导段型腔为长方体结构,其横截面为第一长方形7,第一长方形7的长边为200mm,短边为100mm,引导段型腔的高度为400mm;

[0036] 形变段型腔为不规则型腔,其横截面为第一长方形7向第二长方形8的平滑过渡,

即形变段和引导段交界处的横截面为第一长方形,形变段和导出段交界处的横截面为第二长方形,第二长方形和第一长方形的形状和尺寸相同,第一长方形和第二长方形平行设置,且形变段的四个面的上、下两条边分别相互平行,即第一长方形的长边200mm渐缩成第二长方形的短边100mm,第一长方形的短边100mm渐扩成第二长方形的长边200mm,引导段型腔的高度为100mm;所述形变段型腔的四个面中,有两个相交且垂直的面与上方引导段、下方导出段的衔接面分别位于同一平面内;

[0037] 导出段型腔为长方体结构,其横截面为第二长方形8,第二长方形8的形状和尺寸与引导段型腔横截面的形状和尺寸相同,第二长方形的长边为200mm,短边为100mm,导出段型腔的高度为400mm。

[0038] 本发明提供了一种利用上述等通道挤压模具成形坯料的方法,包括以下步骤:

[0039] 步骤一,准备:对第一预处理坯料进行退火处理,并清洁第一预处理坯料外表面和等通道挤压模具的型腔内壁,并在第一预处理坯料外表面和等通道挤压模具的型腔内壁上涂抹挤压润滑剂;

[0040] 步骤二,预挤压:将等通道挤压模具固定装配在挤压机上,将凸模连接固定到挤压机的动力设备端,将第一预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中,开动挤压机,挤压机的动力设备端下降,下降速度为15mm/s,当凸模的挤压杆端面与第一预处理坯料的上端面相接触后,挤压机停止工作;

[0041] 步骤三,成形挤压:开动挤压机,动力设备端继续下降,凸模以5mm/s的挤压速度挤压第一预处理坯料,凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时,凸模以15mm/s的上升速度提升凸模;第一预处理坯料在等通道挤压模具型腔内的横截面由长方形渐变为正边形,然后再变成长方形,完成第一预处理坯料的等通道挤压变形;

[0042] 步骤四,挤出成形:开动挤压机,动力设备端提升,凸模以15mm/s的速度从等通道挤压模具型腔的引导段提升,当凸模的挤压杆端面与凹模上端面的距离达到500mm时,挤压机停止工作,将第二预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中,开动挤压机,动力设备端下降,下降速度为15mm/s,当凸模的挤压杆端面与第二预处理坯料的上端面相接触后,挤压机停止工作;再次开动挤压机,动力设备端继续下降,凸模以5mm/s的挤压速度挤压坯料,当凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时,凸模以15mm/s的上升速度提升凸模,第二预处理坯料将第一预处理坯料完全挤入等通道挤压模具型腔的导出段;

[0043] 步骤五,完全挤出成形:开动挤压机,动力设备端提升,凸模以15mm/s的速度从等通道挤压模具型腔的引导段提升,当凸模的挤压杆端面与凹模上端面的距离达到500mm时,挤压机停止工作,将第三预处理坯料放置于等通道挤压模具的引导段型腔中,开动挤压机,动力设备端下降,下降速度为15mm/s,当凸模的挤压杆端面与第三预处理坯料的上端面相接触后,挤压机停止工作;再次开动挤压机,动力设备端继续下降,凸模以5mm/s的挤压速度挤压坯料,当凸模的挤压杆端面到达引导段的下端面时,凸模以15mm/s的上升速度提升凸模,第三预处理坯料将第二预处理坯料完全挤入等通道挤压模具型腔的导出段,从而将第一预处理坯料挤出等通道挤压模具型腔的导出段;

[0044] 步骤六,后续挤压:重复步骤五完成第二、第三……预处理坯料的完全挤出成形。

[0045] 本发明的目的在于提出了一种简单易操作的等通道挤压新方法,以满足现代生产的发展需求。通过更改模具的形状和尺寸,具体实施方式不变,满足不同坯料的等通道挤压

成形要求,更多的成形实施例不便胜举。

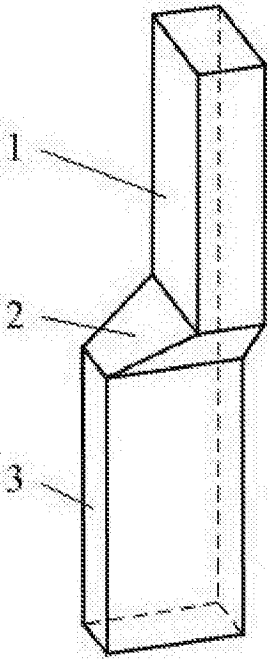


图1

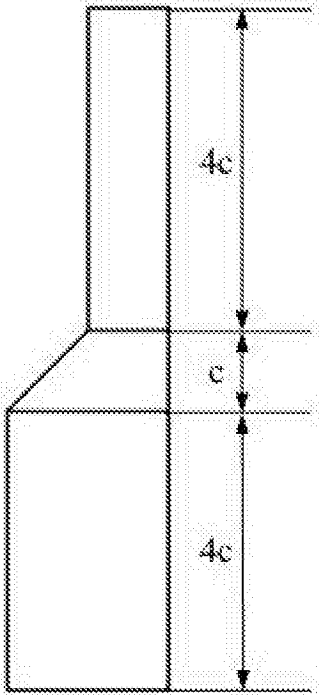


图2

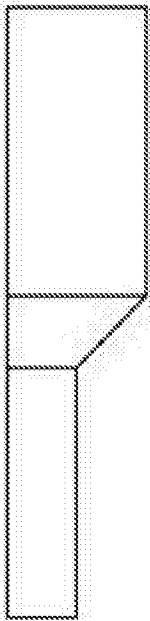


图3

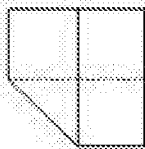


图4

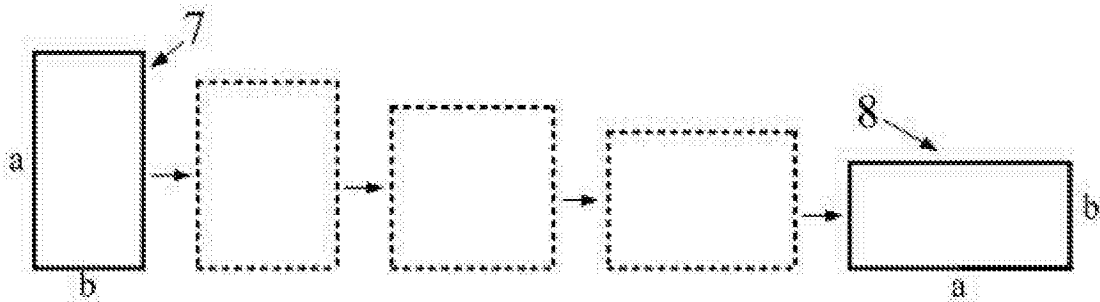


图5

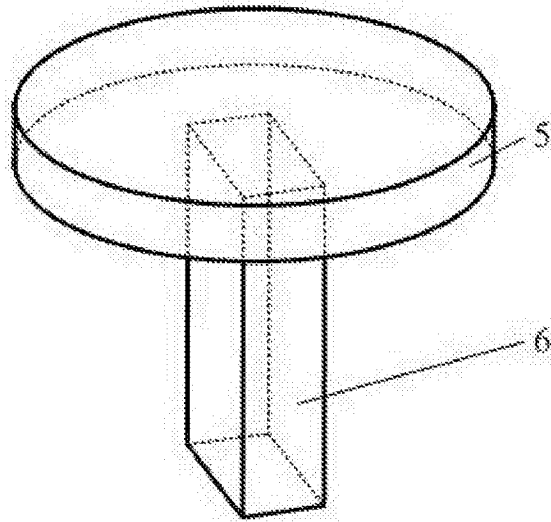


图6

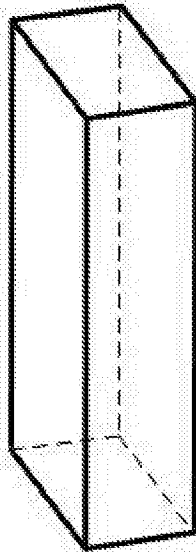


图7

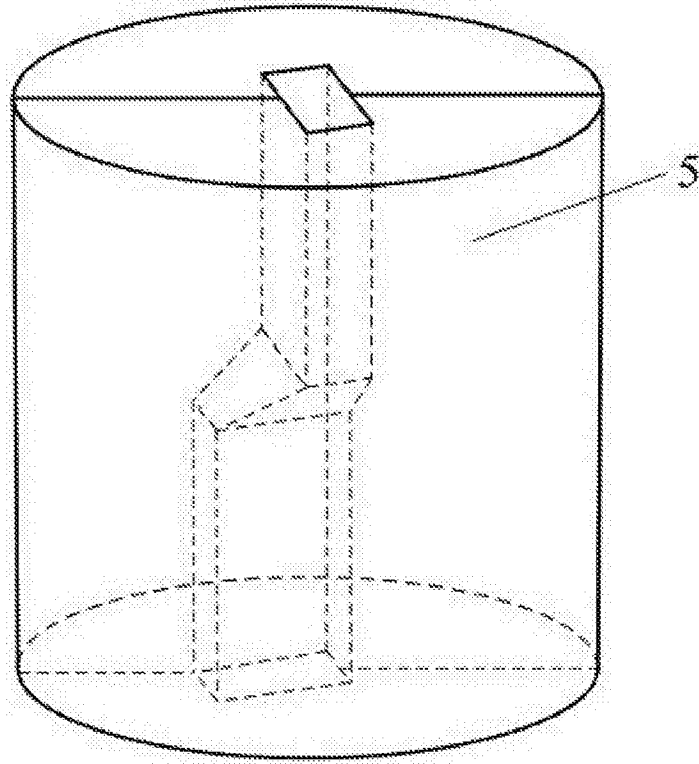


图8