



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106238552 B

(45)授权公告日 2018.06.19

(21)申请号 201610814955.X

B21D 26/06(2006.01)

(22)申请日 2016.09.09

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106238552 A

CN 105855350 A, 2016.08.17,

CN 102451868 A, 2012.05.16,

CN 102873165 A, 2013.01.16,

CN 202123142 U, 2012.01.25,

CN 104785605 A, 2015.07.22,

US 6282934 B1, 2001.09.04,

JP 2004-255446 A, 2004.09.16,

(43)申请公布日 2016.12.21

(73)专利权人 中国科学院金属研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区文化路  
72号

审查员 李玉娇

(72)发明人 徐勇 马彦 张士宏 宋鸿武

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司

21002

代理人 许宗富 周秀梅

(51)Int.Cl.

B21D 26/021(2011.01)

B21D 26/033(2011.01)

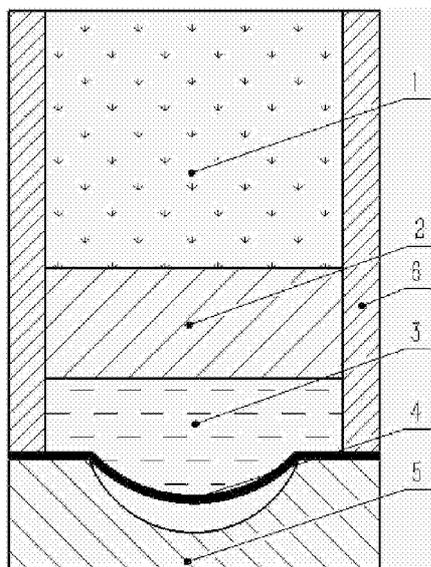
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

高能率脉动冲击液压成形方法

(57)摘要

本发明公开了一种高能率脉动冲击液压成形方法,属于材料高速成形领域。该方法结合了高速冲击成形和脉动液压成形二者优势,通过高速运动的冲击体多次冲击液体介质完成零件的渐进成形,单次冲击过程为:冲击动力源驱动冲击体高速运动,高速运动的冲击体冲击液体介质,冲击体的动能瞬时转化为液体介质的压力能,使工件完成快速变形。该方法能够精确控制总的输出能量从而精确控制能量传递比率,即用于工件成形的能量,经多次脉动冲击成形出所需零件形状,能够精确控制每道次的变形量,成形时间短,材料应变速率高( $10^3s^{-1}$ ~ $10^4s^{-1}$ ),能够提高材料的成形极限,贴模效果好,可用于镁、铝、钛等难变形合金的精密成形。



1. 一种高能率脉动冲击液压成形方法,其特征在于:该方法是通过高速运动的冲击体采用多次脉动式冲击方式冲击工作介质,在工作介质产生的瞬时高压作用下使待成形坯料发生塑性变形并最终贴合模具成形为所需零件;其中:所述冲击体通过多次脉动式冲击方式冲击工作介质,从而使待成形坯料渐进成形为达到所需零件的外形特征;

所述多次脉动式冲击方式具有四种不同控制模式,分别为:脉动冲击频率和脉动冲击能量都固定、脉动冲击频率固定脉动冲击能量可变、脉动冲击能量固定脉动冲击频率可变、脉动冲击频率和脉动冲击能量都可变;

所述脉动冲击频率为10次/分钟-100次/分钟,所述脉动冲击能量为10KJ-100KJ;

所述冲击体的冲击速度为10m/s-50m/s,冲击时间为300 $\mu$ s-600 $\mu$ s;

该成形方法中,成形过程是动态载荷过程,材料的应变速率为 $10^3\text{s}^{-1}$ 以上。

2. 根据权利要求1所述的高能率脉动冲击液压成形方法,其特征在于:所述工作介质为液体、橡胶、颗粒物或者液体和颗粒物的混合物。

3. 根据权利要求2所述的高能率脉动冲击液压成形方法,其特征在于:所述工作介质的体积能够在腔体容积范围内任意调控。

4. 根据权利要求1所述的高能率脉动冲击液压成形方法,其特征在于:所述待成形坯料为板材或管材。

5. 根据权利要求1-4任一所述的高能率脉动冲击液压成形方法,其特征在于:该方法具体包括如下步骤:

(1) 放料阶段:待成形坯料放于模具中并定位;

(2) 充液阶段:充入工作介质;

(3) 第一次冲击行程:冲击动力源驱动冲击体高速运动,高速运动的冲击体冲击工作介质,工作介质产生的瞬时高压作用驱动坯料产生变形,根据不同材料,所需变形程度不同;

(4) 第一次返回行程:冲击体返回;

(5) 中间冲击行程及返回行程:根据材料变形所需的能量、冲击频率和次数,进行第二次至第N次冲击,每次冲击行程和返回行程按照步骤(3)-(4)进行,成形过渡形;

(6) 完成零件终成形,整个脉动冲击液压成形过程结束。

## 高能率脉动冲击液压成形方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于材料高速成形技术领域,具体为一种高能率脉动冲击液压成形方法。

### 背景技术

[0002] 针对目前我国汽车、航空航天及核电等关键领域对精密零部件的轻量化、无余量化、高精度及整体化发展的迫切需求,镁、铝、钛等轻质合金的复杂零件的研制已成为促进国民经济发展和推动国家安全保障水平提升所亟待解决的重要问题之一。但是上述轻质合金都属于难变形合金,在成形过程中容易发生起皱、破裂等现象,阻碍其广泛应用。通过三种途径可以改善上述难成形材料的成形性能:温热成形、高速成形和柔性成形。

[0003] 温热成形可以提高难变形合金的成形能力,但是加热过程中材料表面氧化会降低最终产品质量,并且增加能耗提高成本,同时对于成形介质耐热性和安全性及工装设备的热稳定性都提出了更高的要求。

[0004] 高速成形和柔性介质成形包括爆炸成形、电液成形、电磁成形、颗粒成形及液压成形。爆炸成形对于大型零件的拉深、胀形有很好的效果,如果用于工业化批量生产,需要精确控制能量配比,效率难以提高。电液成形时,如果以水中爆丝获得冲击压力,其不能连续放电,需每次换丝,增加了工艺复杂性。若以间隙放电获得冲击压力,则对绝缘结构耐压要求高。电磁成形的成形速度非常高,应变速率可达到 $10^4\text{s}^{-1}$ ,能够极大的提高材料的成形性能,但是因电极尺寸的原因工件规格普遍相对较小,暂时未见用于汽车、航空及核电的板管类零件的制造加工。颗粒介质填充成形的工作原理是刚性模具离散化,用于薄壁管弯管具有良好的效果,但该方法的工作效率不高,目前还无法应用于工业生产。液压成形具有工装少、成形零件质量好、能够整体成形复杂形状零件等优点、已广泛用于工业生产诸多领域,但是由于升压速度无法得到较大的提升,因此仍属于准静态成形范围,无法使难变形材料的成形性能获得显著提高,同时成形凸筋等局部小特征需要很高的压力,增加了对增压器和密封等方面的要求。

[0005] 近年来有学者研发了一种冲击液压复合成形工艺,该工艺用于解决小特征成形困难的问题,把冲击成形作为液压成形的辅助工艺,但是需要分别提供两套独立的液压源和冲击源,增加了工序和成本。另外有研究报道提出一种基于电枢发射体的高速冲击成形,其冲击过程使用了两个冲击体,包括:电枢发射体和高速推动杆,在冲击过程中能量会有损失,且成形介质是橡胶,其柔性较液体介质差。还有学者提出了一种金属薄壁管冲击液压胀形装置,其成形原理是利用上下模具闭合过程对预先封满液体的金属管进行成形,本质上属于冲压成形而非冲击液压成形,并且成形速率仍属于准静态范畴。前人研究中均未提到循环脉动式冲击作用,以及针对冲击频率和冲击能量的调控功能,而实际上受材料和尺寸结构等限制,很多工件如果尝试一次成形到位时,很容易产生破裂和起皱现象。因此,通过将变形量合理分配到多个道次的渐进式的高能率脉动冲击液压成形能够很好的解决工艺缺陷的发生。

## 发明内容

[0006] 为了克服现有成形技术存在的不足之处,本发明提供了一种高能率脉动冲击液压成形方法,采用特定设备并结合了高速冲击成形和脉动液压成形二者的优势,通过高速运动的冲击体多次冲击工作介质完成零件的渐进成形。

[0007] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案如下:

[0008] 一种高能率脉动冲击液压成形方法,该方法是通过高速运动的冲击体采用多次脉动式冲击方式冲击工作介质,在工作介质产生的瞬时高压作用下使待成形坯料发生塑性变形并最终贴合模具成形为所需零件;其中:所述冲击体通过多次脉动式冲击方式冲击工作介质,从而使待成形坯料渐进成形为达到所需零件的外形特征。

[0009] 所述工作介质为液体、橡胶、颗粒物或者液体和颗粒物的混合物。所述工作介质的体积能够在腔体容积范围内任意调控。所述待成形坯料为板材或管材。

[0010] 所述循环脉动式冲击方式具有四种不同控制模式,分别为:脉动冲击频率和脉动冲击能量都固定、脉动冲击频率固定脉动冲击能量可变、脉动冲击能量固定脉动冲击频率可变、脉动冲击频率和脉动冲击能量都可变。

[0011] 所述冲击体的脉动冲击频率为10次/分钟-100次/分钟,所述冲击体的脉动冲击能量为10KJ-100KJ。所述冲击体的冲击速度为10m/s-50m/s,冲击时间为300  $\mu$ s-600 $\mu$ s。

[0012] 本发明方法的成形过程是动态载荷过程,材料的应变速率为 $10^3\text{s}^{-1}$ 以上。该方法的具体过程可按如下步骤进行:

[0013] (1) 放料阶段:待成形坯料放于模具中并定位;

[0014] (2) 充液阶段:充入工作介质;

[0015] (3) 第一次冲击行程:冲击动力源驱动冲击体高速运动,高速运动的冲击体冲击工作介质,工作介质产生的瞬时高压作用驱动坯料产生变形,根据不同材料,所需变形程度不同;

[0016] (4) 第一次返回行程:冲击体返回;

[0017] (5) 中间冲击行程及返回行程:根据材料变形所需的能量、冲击频率和次数,进行第二次至第N次冲击,每次冲击行程和返回行程按照步骤(3)-(4)进行,成形过渡形。

[0018] (6) 完成零件终成形,整个脉动冲击液压成形过程结束。

[0019] 本发明方法具有以下优点和有益效果:

[0020] 1. 成形时间短:300 $\mu$ s-600 $\mu$ s。升压速度快:理论液体压力峰值 80MPa-100MPa,升压速度约为 $1.7 \times 10^7\text{MPa/s}$ - $3.3 \times 10^7\text{MPa/s}$ ,具有瞬时高压的特点。

[0021] 2. 该方法可以精确控制总的输出能量、能量传递比率即用于工件成形的能量、每道次的变形量。

[0022] 3. 对于小特征零件具有良好的成形能力,降低了对增压器等设备的要求。

[0023] 4. 材料处于动态载荷状态,能够提高材料成形极限,因此可用于成形镁、铝、钛等难成形合金的精密成形。

[0024] 5. 成形过程中工作介质压力分布均匀。

## 附图说明

- [0025] 图1为高能率脉动冲击液压成形的四种工作模式示意图。
- [0026] 图2为放料及充液阶段。
- [0027] 图3为本发明第一次冲击阶段。
- [0028] 图4为本发明第一次冲击后返回阶段。
- [0029] 图5为本发明最后冲击阶段。
- [0030] 图6为管材放入及充液阶段。
- [0031] 图7为管材成形的最后冲击阶段。
- [0032] 图中:1-冲击动力源,2-冲击体,3-液体介质,4-板材,5-板材模具,6-腔体,7-管材,8-管材模具。

### 具体实施方式

- [0033] 以下结合附图和实施例详述本发明。
- [0034] 本发明为高能率脉动冲击液压成形方法,该方法单次冲击过程为:冲击动力源驱动冲击体高速运动,高速运动的冲击体冲击工作介质,冲击体的动能瞬时转化为工作介质的压力能,使工件完成快速变形。该方法能够精确控制总的输出能量从而精确控制能量传递比率,即用于工件成形的能量,可经多次脉动冲击成形出所需零件形状。
- [0035] 该方法所用液体工作介质不仅限于液体、同时还可以使用橡胶等柔性介质,也可以使用离散介质,例如颗粒、液体和颗粒不同比例的混合系统介质。具体选择需根据不同的成形材料、变形量、成形零件的结构进行选择。
- [0036] 该方法所用工件类型包括:板材、管材、型材。成形不同类型的工件需对模具结构、成形介质等做相应调整即可。
- [0037] 高能率脉动冲击液压成形的主要参数包括冲击频率和冲击能量。不同冲击频率下,在冲击间隔时间内材料的恢复行为不同,不同冲击能量材料的变形程度不同,本发明内容脉动冲击液压成形有以下4种工作模式,见图1,分别是:频率和能量都固定(a)、频率固定能量变化(b)、能量固定频率变化(c)、频率和能量都变化(d)。
- [0038] 实施例1
- [0039] 本实施例以一种典型板材零件为例,结合图2-5说明本发明的具体实施方案。
- [0040] (1) 参数制定阶段,根据材料和零件要求,制定冲击频率,冲击能量,充液量;例如1mm厚屈服强度300MPa延伸率50%的金属板材,采用三次冲击,每次冲击能量16KJ,冲击速度20m/s,所需成形零件型腔体积2L,实际充入工作介质3L,压边力150t。
- [0041] (2) 放料阶段,如图2,过程为:板材4放于板材模具5中并定位;
- [0042] (3) 充液阶段,如图2,过程为:根据控制系统指令,充入预设体积的液体介质3;
- [0043] (4) 第一次冲击行程,如图3,过程为:高速运动的冲击体2冲击液体介质3,液体介质3产生瞬时高压,瞬时高压驱动板材4变形;
- [0044] (5) 第一次返回行程,如图4;
- [0045] (6) 中间冲击行程及返回行程:根据制定的冲击频率、冲击能量,进行第二次,第三次冲击,每次冲击行程和返回行程如步骤(4)-(5)所述,成形过渡形。
- [0046] (7) 完成零件终成形,如图5,整个脉动冲击液压成形过程结束。
- [0047] 实施例2

[0048] 以下以一种典型管材零件为例,结合图6-7详述本发明。

[0049] 采用上述脉动冲击液压成形方法,难成形材料管材的成形过程和实施例1中板材零件的成形过程相同,其中管材7的作用同板材4,管材模具8的作用同板材模具5。

[0050] 实施例1-2通过将变形量合理分配到多个道次的渐进式的高能率脉动冲击液压成形获得零件,经检测,零件没有破裂和起皱现象出现,说明本发明方法能够很好的解决工艺缺陷的发生。

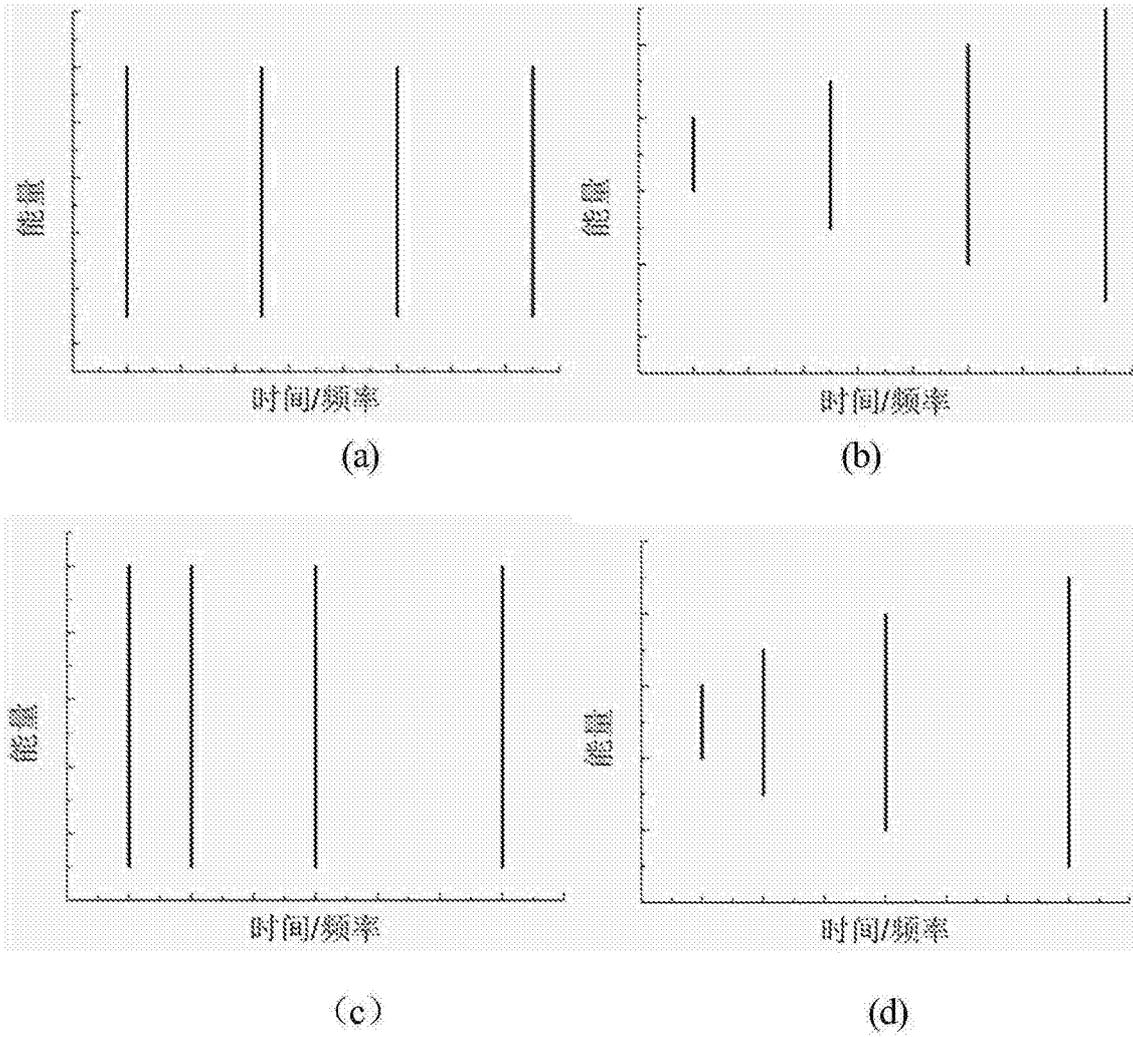


图1

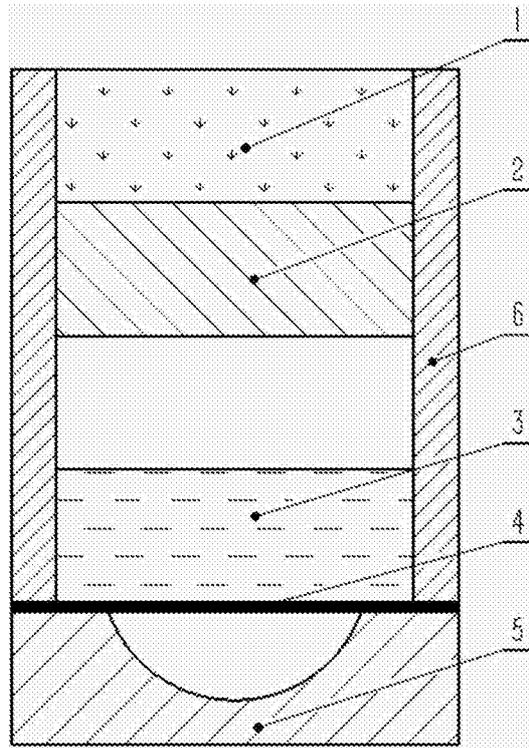


图2

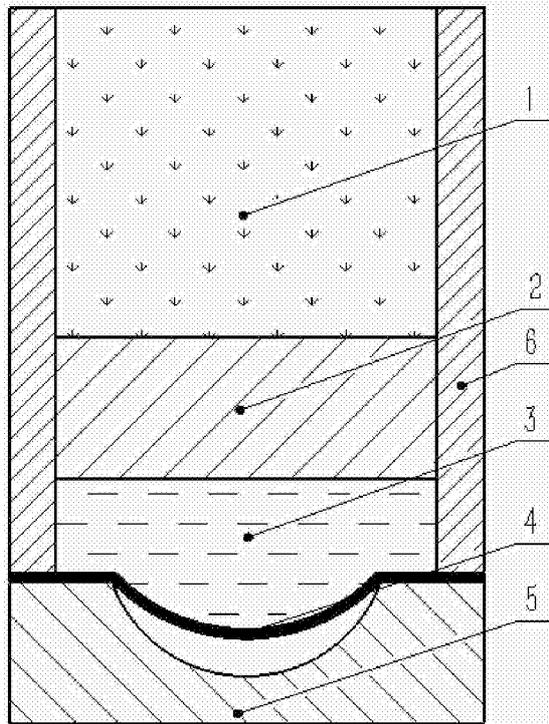


图3

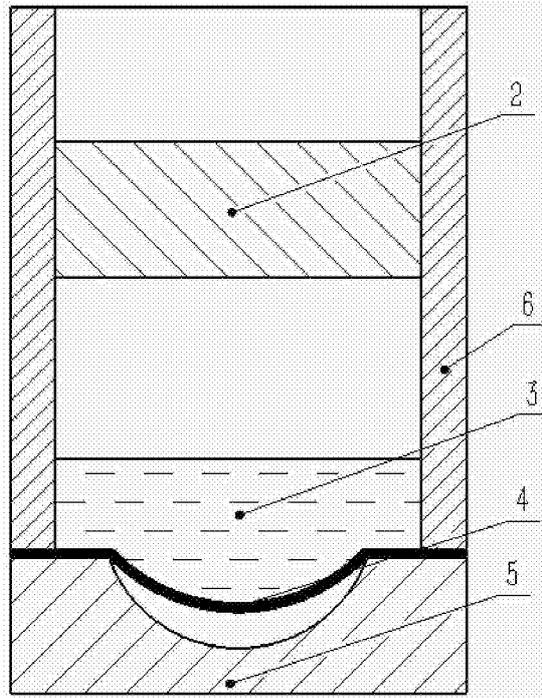


图4

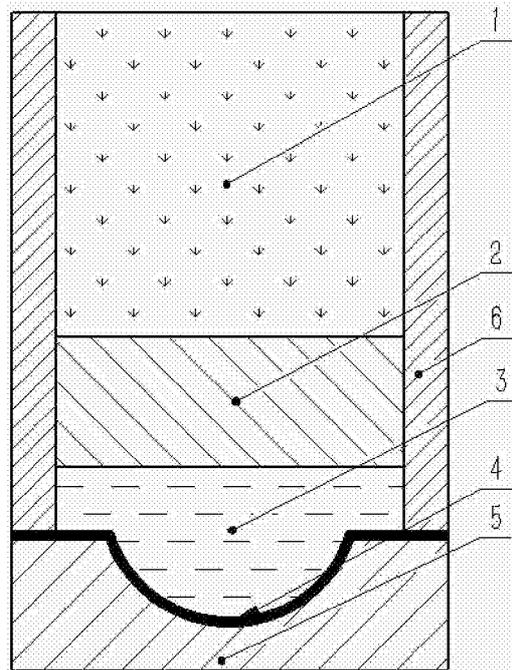


图5

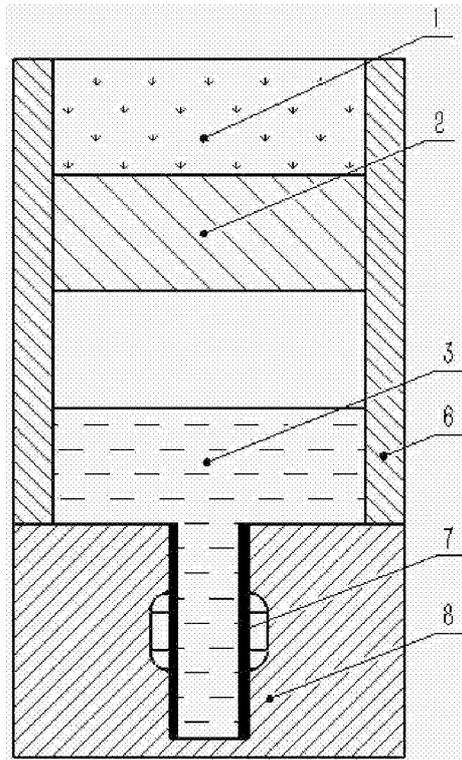


图6

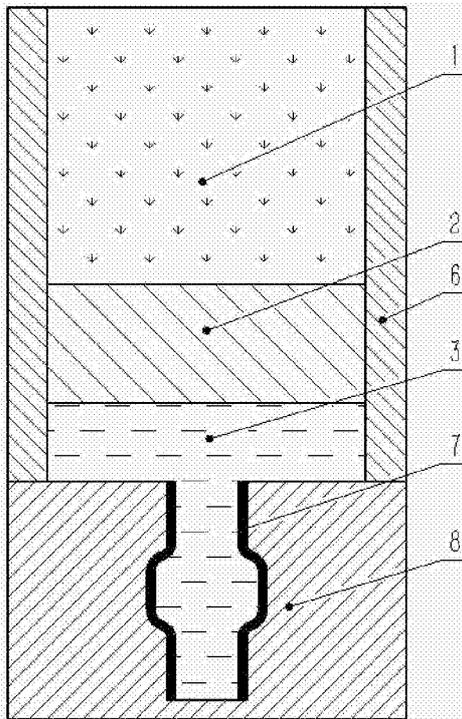


图7