



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103773056 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201410036721. 8

(22) 申请日 2014. 01. 24

(73) 专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路  
17923 号

(72) 发明人 朱维申 付金伟 李邦翔

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 王吉勇

(51) Int. Cl.

*C08L 101/00*(2006. 01)

*B29C 39/26*(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101289572 A, 2008. 10. 22,

CN 102491689 A, 2012. 06. 13,

DYSKIN A V at al..Experiments on 3D crack growth in uniaxial compression. 《International Journal of Fracture》.1994, 第 65 卷 (第 4 期),

付金伟. 岩石中三维双裂隙组扩展和贯通过程的试验研究和弹脆性模拟. 《岩土力学》. 2013,

审查员 周建海

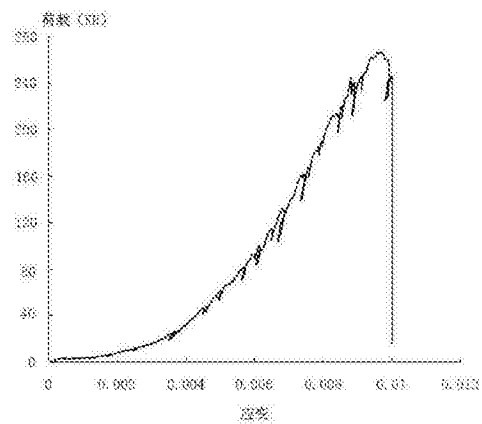
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

高脆性透明类岩石材料试件制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高脆性透明类岩石材料试件制备方法,包括树脂材料的选择、三维预制内置椭圆形裂隙的选材、成型和空间定位技术。原材料包括型号为CY-39型树脂和YS-T31型的固化剂,两者的质量比100:34或体积比100:41;大体步骤为:(1)材料称量;(2)材料拌合;(3)浇筑成型和养护。预制裂隙采用厚度为0.12mm的云母片,并用相应规格的椭圆形钢模具,将云母片裁制成所需的精确尺寸。通过在模具左右两侧板面上不同位置钻孔,用细线牵拉、固定和连接预制裂隙,细线两端固定于两侧板面的孔中,起到准确定位的效果,制作出含不同条数、不同角度、不同相对位置的三维裂隙试件。该方法制备的试件具有脆性好、透明度高、易于成型、易于观察裂隙扩展过程等特点。



1. 一种高脆性透明类岩石材料试件制备方法,其特征是,原材料包括型号为 CY-39 型树脂和 YS-T31 型的固化剂,两者的质量比 100:34 或体积比 100:41 ;具体步骤为:

(1) 材料称量

按照配合设计要求称量好树脂、固化剂试验原材料;

(2) 材料拌合

将树脂和固化剂按配合比倒入搅拌筒中,用玻璃棒不断搅拌使之彻底充分混合形成混合料,容器底部和侧壁上的树脂也要充分混合,然后放入真空箱中做除气泡处理半小时;

(3) 浇铸成型和养护

把预置有三维裂隙的模具置于工作台上,将步骤(2)制备和处理的混合料用玻璃棒引流入模具中浇铸成型;浇铸后将模具放入真空箱中做除气泡处理 20~25 分钟,然后放入 18℃恒温鼓风干燥箱养护 36~40 小时;当具备了大于 50MPa 力学强度后即拆去模具;将脱模后试件放入恒温为 70℃恒温鼓风干燥箱养 48~50 小时后即可完成制作。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征是,所述预置有三维裂隙的模具包括由 5 块完全透明的有机玻璃板组成一上部开口的方形盒体,并通过有机绝缘硅脂密封形成一个整体;

在方形盒体左右两侧板面上不同位置钻孔,用细线牵拉、固定和连接预制裂隙,细线两端固定于两侧板面的孔中,起到准确定位的效果,制作出含不同条数、不同角度、不同相对位置的三维裂隙试件。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征是,所述预制裂隙采用厚度为 0.12mm 的云母片,并用相应规格的椭圆形钢模具,将云母片裁制成所需的精确尺寸。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征是,所述椭圆形钢模具包括上板、底座和若干导向柱,所述导向柱下端固定于底座上,上板套设在并能够沿其上下移动的导向柱上;所述底座中设有面向底座一侧面开口的空腔,底座上表面设有与所述空腔相通的椭圆形孔。

## 高脆性透明类岩石材料试件制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种类岩石高脆性透明树脂材料技术,尤其是一种含三维内置裂隙高脆性透明类岩石材料试件制备方法。

### 背景技术

[0002] 脆性材料的破坏过程和内部裂隙扩展演化规律一直是固体力学研究的重点和难点。寻找一种脆性度好、透明度高并且便于预置内裂隙的试验材料是试验研究的关键点。材料的脆性度是以拉伸强度和压缩强度的比值来衡量的。采用脆性好的材料能较准确的反应像岩石这样的固体的受力变形特征。而选用透明度高的材料可便于观察内部裂隙的扩展演化过程。

[0003] 到目前为止,国内外很多学者都选用透明的均质材料进行研究,如 A. V. Dyskin 和 L. N. Germanovich (1994, 2002) 等人利用一些可浇铸成型的高分子透明材料(有机玻璃、CR-39 树脂、Columbia 树脂等)研究了内置裂隙扩展演化规律。香港的黄凯珠等(2004)运用 PMMA 进行了表面裂隙扩展的研究。但上述所采用的树脂等透明材料均属于增韧浇铸型,塑性较大,即使在低温条件下(-17℃),其拉压强度比一般只能达到 1/3。郭彦双(2011 年)寻找到 -50℃ 下拉压比能达到 1/5 的不饱和聚酯树脂,脆性程度有所提高,但透明性较差。因此前人所采用材料的脆性程度都不高。另外,由于增韧工艺不理想和裂隙选材(金属片)的原因,其预置的裂隙前缘区域应力集中程度较高,在裂纹扩展过程中会产生一定的塑性流动,从而影响实验规律和结果的准确性和真实性。可见,前人所用材料多年来一直都存在较严重的缺点和不足。

[0004] 因岩体中普遍含有许多三维裂隙而且多数是中空的,它们强烈地影响着岩体的变形和强度特性。所以三维裂隙或其它材料的扩展与演化规律一直是岩石力学的重点内容之一。目前,室内试验则是研究岩石中三维裂隙扩展规律的主要研究手段。内置三维裂隙的制作主要是通过制作试件的过程中事先预埋聚酯薄片或金属片实现的,三维中空裂隙在试件中的准确定位(倾角、空间位置等)则是试验成功与否的关键(也是分析试验结果的基础),这一技术有相当的难度。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为克服上述现有技术的不足,提供一种高脆性透明类岩石材料试件制备方法,该方法制备的试件具有脆性好、透明度高、易于成型、易于观察裂隙扩展过程等特点,使内置三维裂隙的选材、成型和定位更加合理、精准、简易,试验方法能够解决在试件中预置中空裂隙等技术问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用下述技术方案:

[0007] 一种高脆性透明类岩石材料试件制备方法,原材料包括 CY-39 型树脂和 YS-T31 型的固化剂,两者的质量比 100:34 或体积比 100:41 ;具体步骤为:

[0008] (1) 材料称量

[0009] 按照配合设计要求称量好试验原材料：树脂和固化剂；

[0010] (2) 材料拌合

[0011] 将树脂和固化剂按配合比倒入搅拌筒中，用玻璃棒不断搅拌使之充分混合形成混合料，搅拌时应着重注意容器底部及侧壁位置的材料，应使该部位材料也充分混合，然后放入真空箱中做除气泡处理半小时；

[0012] (3) 浇铸成型和养护

[0013] 把预置有三维裂隙的模具置于工作台上，将步骤(2)制备并处理的混合料用玻璃棒引入模具中浇铸成型；浇铸后将模具放入真空箱中做除气泡处理 20～25 分钟，然后放入 18℃ 恒温鼓风干燥箱养护 36～40 小时；当具备了大于 50MPa 力学强度后即拆去模具；将脱模后试件放入恒温为 70℃ 恒温鼓风干燥箱养护 48～50 小时后即可完成制作。

[0014] 所述预置有三维裂隙的模具包括由 5 块完全透明的有机玻璃板组成一上部开口的方形箱体，并通过有机绝缘硅脂密封形成一个整体；在方形箱体左右两侧板面上不同位置钻孔，用细线牵拉、连接和固定预制裂隙，细线两端固定于两侧板面的孔中，起到准确定位的效果，制作出含不同条数、不同角度、不同位置的三维裂隙(组)试件。由于有机玻璃模具有良好的透明性，可以直接观察到整个试件固化过程，并可观察和控制裂隙片在容器中位置的变化。定义裂隙面与水平面的夹角为三维裂隙的倾角，通过研制的模具可以预置倾角为 60°、45° 和 / 或 30° 等多种角度的含三维裂隙(组)试件；也可以预置不同数目的三维裂隙组试件，如双裂隙、三裂隙、四条裂隙等；还可以预制纵向型、内错型、对顶型等各种裂隙组合的三维裂隙组试件。

[0015] 所述预制裂隙采用厚度为 0.12mm 的云母片。与其它材料(如金属片(铜片、铝片等)、聚乙烯薄片等)相比，云母片刚度低，不会约束试件变形、方便裂隙的定位且更接近赋存于岩体中的裂隙。并为了确保裂隙尺寸的精确，制作了三种规格尺寸的椭圆形钢模具，可将云母片裁制为精确的椭圆形，避免了前人试验中手工剪制所带来的尺寸误差。

[0016] 所述椭圆形钢模具包括上板、底座和若干导向柱，所述导向柱下端固定于底座上，上板套设在并能够沿其上下移动的导向柱上；所述底座中设有面向底座一侧面开口的空腔，底座上表面设有与所述空腔相通的椭圆形孔。

[0017] 本发明中的高脆性是指具有良好的脆性，在加压时呈现脆性的断裂特征。拉压强度比在 -15℃ 能达到 1/6.6。-15℃ 时其相应的力学参数如下：

[0018]

弹性模量/ GPa	抗压强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	脆性度	粘聚力/ MPa	摩擦角/ °
6.5	107.6	16.3	6.6	20.9	47.4

[0019] 本发明与前人取得发明的效果相比，有下述优点：

[0020] 1、本发明配制的类岩石脆性透明树脂材料在较低温度下具有良好的脆性和高透明性。在 -15℃ 的条件下，拉压强度比可达 1/6.6，加压时呈现脆性的断裂特征，比前人在 -50℃ 低温条件下所达到的材料脆性度还要高，更为接近某些真实岩石的脆性度，如砂岩等。并且该类岩石树脂材料透明度与前人相比显著提高，可以清晰的观测试件内部裂隙的萌生、扩展及演化过程。

[0021] 2、本发明中预制裂隙采用厚度为 0.12mm 的云母片。与之前发明所用材料(金属

片：铜片、铝片等）相比，云母片刚度低，不会约束试件变形、方便裂隙的定位且更接近赋存于岩体中的裂隙。同时为了确保裂隙尺寸的精确，特意制作了三种规格尺寸的椭圆形钢模具，可将云母片裁制为精确的椭圆形，避免了前人试验中手工剪制所带来的尺寸误差。

[0022] 3、本发明原材料采用型号为CY-39型树脂和YS-T31型的固化剂，两者按配合比混合搅拌均匀后经3个小时即可达到初凝，与之前发明的7小时初凝时间相比，时间大大缩小；且两者混合后放热明显，反应温和，试验过程更加安全。

[0023] 4、本发明制作工艺与前人发明相比更为简捷实用。模具为有机玻璃，可拆装，其良好的透明性使得可以直接观察到试件的整个固化过程，且便于在其上钻孔和定位内置裂隙；开发了多裂隙预置工艺和技术，如在真空抽气机中对搅拌的树脂进行抽真空处理，拆模后进行烘焙、室温冷冻等多次反复处理，使得配制的类岩石脆性透明树脂材料内无气泡存在，材料性质更接近岩石。

### 附图说明

[0024] 图1是待浇铸混合材料的试件模具；

[0025] 图2是尺寸为50mm\*50mm\*100mm的树脂试件在单轴压缩下的荷载-应变曲线图；

[0026] 图3是椭圆形刚模具的三维视图；

[0027] 图4是已制作完成的含三维双裂隙组的试件；

[0028] 图5是因试件固化热过大产生爆聚现象，从而导致研制失败的试件；

[0029] 图6是单裂隙试件中内置裂隙的扩展演化过程图；

[0030] 图7(a)-图7(d)是双裂隙试件中内置裂隙在不同阶段的扩展形态；

[0031] 图中，1-细线，2-包裹式翼裂纹，3-花斑形裂纹，4-似包裹状破裂，5-花瓣形裂纹，6-巨形似包裹状破裂，7. 上板，8. 底座，9. 导向柱，10. 空腔，11. 椭圆形孔。

### 具体实施方式

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0033] 一种高脆性透明类岩石材料试件制备方法，原材料包括型号为CY-39型树脂和YS-T31型的固化剂，两者的质量比100:34或体积比100:41；具体步骤为：

[0034] (1) 材料称量

[0035] 量取CY-39型树脂材料500ml，YS-T31型的固化剂200ml。

[0036] (2) 材料拌合

[0037] 将树脂和固化剂按配合比倒入搅拌筒中，用玻璃棒不断搅拌使之充分混合形成混合料，搅拌时应着重注意容器底部及侧壁位置的材料，应使该部位材料也充分混合，然后放入真空箱中做除气泡处理半小时；

[0038] (3) 浇铸成型和养护

[0039] 把预置有三维裂隙的模具置于工作台上，模具内表面涂抹脱模剂，将步骤(2)制备并处理的混合料用玻璃棒引流入模具中浇铸成型；浇铸后将模具放入真空箱中做除气泡处理20~25分钟，然后放入18℃恒温鼓风干燥箱养护36~40小时；当具备了大于50MPa力学强度后即拆去模具；将脱模后试件放入恒温为70℃恒温鼓风干燥箱养护48~50小时后即可完成制作。

[0040] 预置有三维裂隙的模具如附图 1 所示包括由 5 块完全透明的有机玻璃板组成一上部开口的方形箱体,并通过有机绝缘硅脂密封形成一个整体;在方形箱体左右两侧板面上不同位置钻孔,用细线牵拉、连接和固定预制裂隙,细线两端固定于两侧板面的孔中,起到准确定位的效果,制作出含不同条数、不同角度、不同位置的三维裂隙(组)试件。由于有机玻璃模具有良好的透明性,可以直接观察到整个试件固化过程,并可观察和控制裂隙片在容器中位置的变化。定义裂隙面与水平面的夹角为三维裂隙的倾角,通过研制的模具可以预置倾角为  $60^\circ$ 、 $45^\circ$  和 / 或  $30^\circ$  等多种角度的含三维裂隙(组)试件;也可以预置不同数目的三维裂隙组试件,如双裂隙、三裂隙、四条裂隙等;还可以预制纵向型、内错型、对顶型等各种裂隙组合的三维裂隙组试件。

[0041] 预制裂隙采用厚度为 0.12mm 的云母片。与其它材料如金属片(铜片、铝片等)相比,云母片刚度低,不会约束试件变形、方便裂隙的定位且更接近赋存于岩体中的裂隙。并为了确保裂隙尺寸的精确,制作了三种规格尺寸的椭圆形钢模具,可将云母片裁制为精确的椭圆形,避免了前人试验中手工剪制所带来的尺寸误差。

[0042] 其中,无水  $45^\circ$  三维单裂隙定位过程如下:制作 50mm\*50mm 的有机玻璃板两块,50mm\*100mm 的三块,通过有机绝缘硅脂密封形成一个整体,即一个侧面敞开的长方体。在尺寸为 50mm\*100mm 的处于对面的两块板上,用小型钻机分别钻出两个小孔,打孔前应先计算确定小孔的位置。然后用柔软的棉线顺次穿过每个小孔,并把棉线拉紧、固定好。再将厚度为 0.12mm、尺寸为 18mm(长轴)\*12mm(短轴)的椭圆形云母片,粘贴到棉线的对应位置即可。

[0043] 如图 3 所示,椭圆形钢模具包括上板 7、底座 8 和三根导向柱 9,三根导向柱 9 下端固定于底座 8 上,上板 7 套设在并能够沿其上下移动的导向柱 9 上;所述底座中设有面向底座一侧面开口的空腔 10,底座 8 上表面设有与所述空腔 10 相通的椭圆形孔 11。

[0044] 如此配制的类岩石材料在较低温度下具有良好的脆性和高透明性,在加压时呈现脆性的断裂特征。拉压强度比在  $-15^\circ\text{C}$  能达到 1/6.6。 $-15^\circ\text{C}$  时其相应的力学参数如下:

[0045]

弹性模量/ GPa	抗压强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	脆性度	粘聚力/ MPa	摩擦角/ $^\circ$
6.5	107.6	16.3	6.6	20.9	47.4

[0046] 一般工业用树脂为纤维增韧材料,大多只能获得 10mm 以下厚度的固化体,若制成较厚(如本申请者做出的)大体积的试件,本身因为散热不均就很难成形。如再嵌入裂隙则其成型是非常困难的。而本发明的采用高性能脆性树脂材料经合理配比后易于成型,再辅以特定的制作工艺就可制作成厚度较大的试件。如尺寸为 45mm×70mm×140mm 并带有裂隙的固化试体如附图 4 所示。

[0047] 该类岩石树脂材料透明度极高,可以清晰的观测试件在加压后内部的破裂过程和裂隙的萌生、扩展及演化过程。因此适用于岩石裂隙扩展规律的研究。同时该三维裂隙定位装置可实现裂隙面(预设裂隙位置)的纵向、横向、角度定位。并可以实现高度方向定位。具有结构简单、使用方便、定位准确可靠、重复利用等优点。特别是新材料的拉压强度比(脆性度指标)要比国内外前人所用材料的相应指标提高了一倍之多。应认为更为接近真实岩石的脆性度。

[0048] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

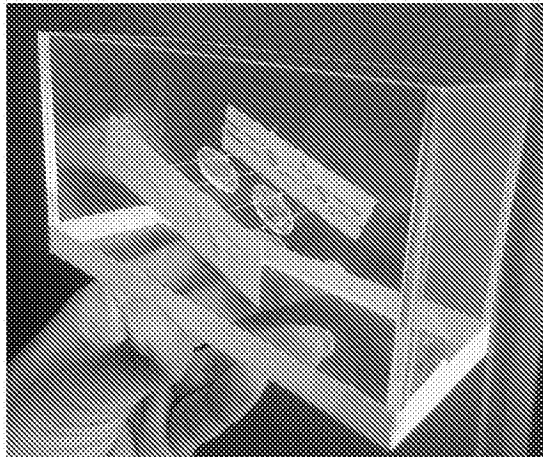


图 1

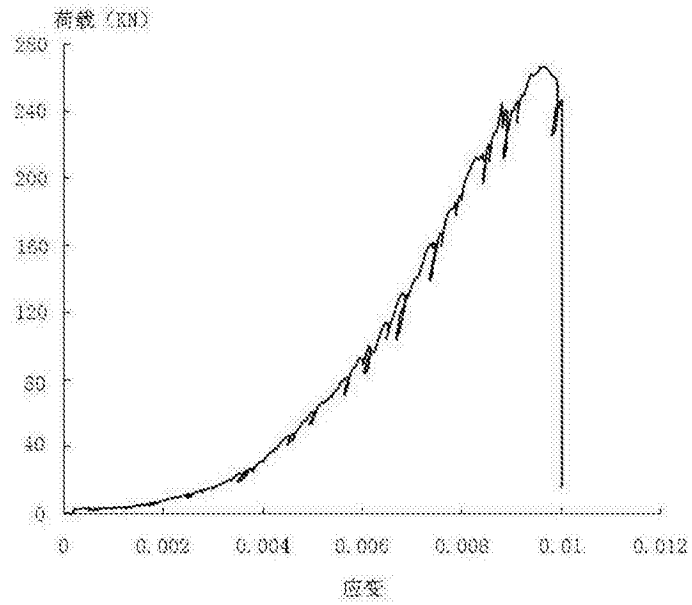


图 2



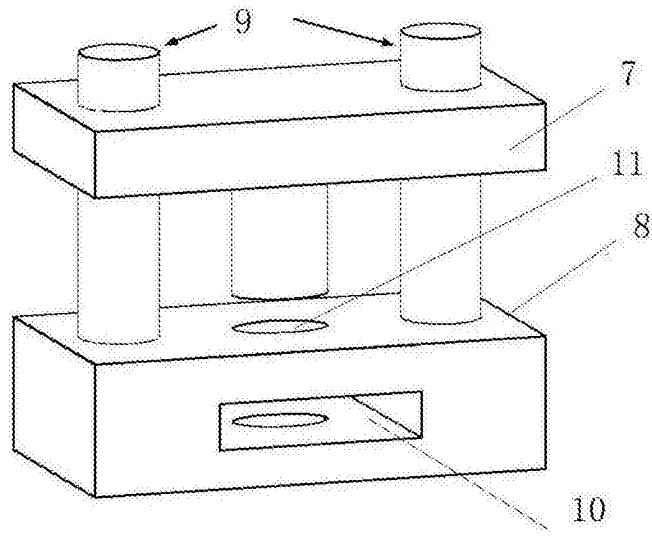


图 3

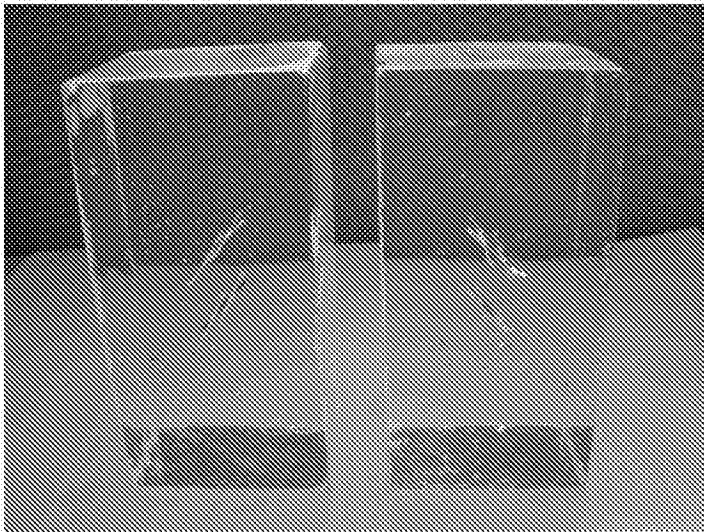


图 4



图 5



图 6

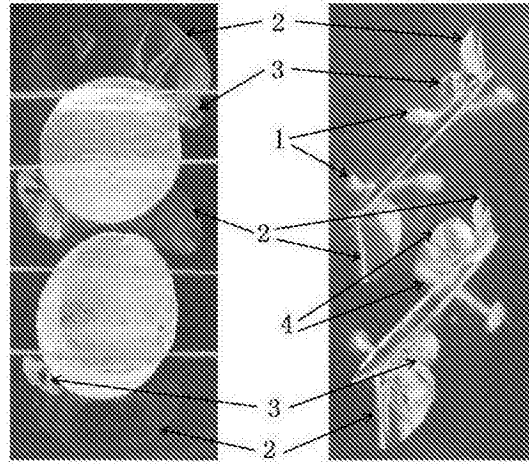


图 7 (a)

图 7 (b)

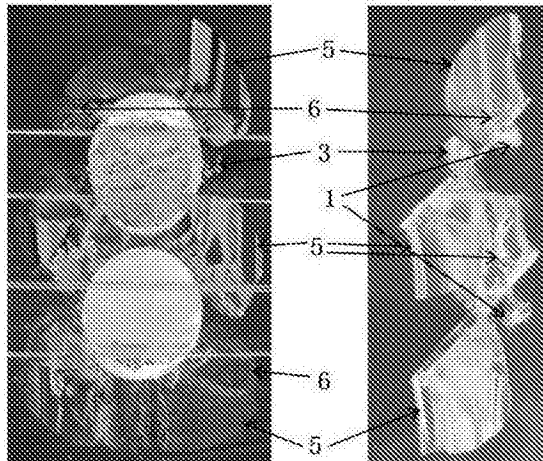


图 7(c)

图 7(d)