



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104532171 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201410812482. 0

(22) 申请日 2014. 12. 23

(66) 本国优先权数据

201410781774. 2 2014. 12. 16 CN

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 郎利辉 王刚 喻思

(51) Int. Cl.

C22C 47/06(2006. 01)

C22C 47/14(2006. 01)

C22C 49/06(2006. 01)

C22C 101/10(2006. 01)

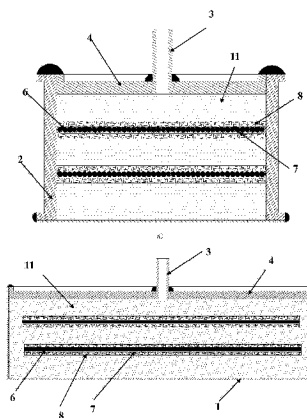
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法

(57) 摘要

本发明提出了一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法。该方法包括制备包套、碳纤维预制体和球形铝合金粉末、将碳纤维预制体装入包套、对包套进行抽真空处理、将已经抽真空的包套进行热等静压处理、机械去除包套及利用机械切割得到合适厚度的碳纤维增强铝基复合材料等步骤。本发明提出的连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法是利用热等静压技术对铝合金粉末进行固结成形并致密化的同时，与碳纤维材料形成紧密的结合，这样不仅克服了传统制备方法对于模具和设备要求苛刻、成形温度高、压力大等缺点，而且金属基体和增强物的复合和成形可同时完成，制成的复合材料组织均匀致密、无缩孔、无气孔等缺陷，性能均匀。



1. 一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法,其特征在于:所述的连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法包括按顺序进行的下列步骤:

1) 根据碳纤维(6)的长度尺寸制备出包套(5),该包套包括壁厚较薄的U形底板(1),壁厚较厚的侧壁板(2)以及带有抽真空管(3)的上盖板(4)。

2) 将碳纤维(6)裁剪至合适的长度并在表面进行镀铜处理,用厚铝箔(8)将表面具有铜镀层(7)的碳纤维平行包覆好,制成碳纤维预制体(9)。

3) 将U形底板(1)和两面侧壁板(2)焊接在一起,构成包套的主体部分(10)。

4) 将包覆有镀铜碳纤维(6)的铝箔(8)平行的放置在由U形底板(1)和侧壁板(2)构成的包套主体内(10),其中铝箔(8)与侧壁板(2)相接触,并点焊在一起,与U形底板(1)的三个面保持一定的距离,以排除热等静压时底板收缩对碳纤维(6)的影响,根据包套(5)的高度,可铺一层或多层碳纤维(6)材料。

5) 根据连续碳纤维增强铝基复合材料(12)的要求,利用等离子旋转电极法制备出球形铝合金粉末(11),并且筛分出100~200目区间的粉末备用。

6) 将上述制备好的球形铝合金粉末(11)装入包套的主体部分,并通过人工振动和机械振动的方式使其密实。

7) 将带有抽真空管(3)的上盖板(4)放置在包套主体部分(10)的上端口并封焊好。

8) 将上述装有碳纤维(6)的包套(5)放置在加热炉中加热,在高温下利用抽真空的设备通过真空管(3)对包套(5)内部进行抽真空处理;

9) 将上述已经抽真空的包套(5)放置在热等静压设备中,在高温高压下使球形铝合金粉末(11)固结成形的同时与碳纤维(6)紧密的结合在一起,制备出连续碳纤维增强的铝基复合材料(12)。

10) 通过机械加工的方法去除外部包套(5),根据实际使用情况进行机械切割得到合适厚度的碳纤维增强的铝基复合材料(12)。

2. 如权利要求1所述(一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法),其特征在于所述步骤1中U形底板的壁厚为1mm,侧壁板和上盖板的壁厚为5mm。

3. 如权利要求1所述(一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法),其特征在于所述步骤2中碳纤维表面镀层厚度为2~5 $\mu\text{m}$ ,铝箔的厚度为0.2mm。

4. 如权利要求1所述(一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法),其特征在于所述步骤4中包覆碳纤维的铝箔与U形底板的距离按照包套在相应方向上尺寸的15%进行计算。

5. 如权利要求1所述(一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法),其特征在于所述步骤8中加热炉的温度为350 $^{\circ}\text{C}$ ,包套内部的真空度达到 $10^{-6}\text{Pa}$ 。

6. 如权利要求1所述(一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法),其特征在于所述步骤9中热等静压工艺参数为在1小时内使热等静压设备的温度升温到500 $^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为2小时;同时在1小时内使热等静压设备的内部压力达到120MPa,同时保压2小时,之后将炉温冷却到室温。

## 一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于航空宇航制造技术领域,特别是涉及一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法。

### 背景技术

[0002] 为顺应我国航空航天产业的发展,满足我国战斗机的高性能要求,要求材料具有各种特殊的性能或者优良的综合性能。碳纤维增强铝基复合材料由于具有较高的比强度、比刚度、轴向拉伸性能和耐磨性,能够代替航空航天工业中昂贵、密度大的合金材料,而成为复合材料中的主要类型。

[0003] 传统的纤维增强金属基复合材料的制备方法包括固相复合成形法,主要有热压法、扩散粘结法等;液相复合成形法,主要有加压凝固铸造法、压铸法、真空吸铸法等。目前,针对连续碳纤维增强铝基复合材料的制备主要有挤压成形和液态浸渗成形工艺两大类,这两种工艺均需要较高的压力来完成材料的制备,对设备和成形模具的要求也较为苛刻,而且还存在碳纤维预制体容易变形,难以实现复合材料构件的近净成形。

[0004] 粉末高温高压成形技术——热等静压技术是上世纪 50 年代发展起来的一种集粉末的固结成形和烧结处理于一体的技术。在高温高压下实现粉末材料的固结成形、铸件的致密化处理以及不同材料的扩散连接。该技术将粉末压制和烧结两道工序合并为一步,可实现粉末材料的 99% 的致密化,且材料性能保持各向同性。

[0005] 利用热等静压技术结合粉末冶金的原理可克服传统制备方法的不足,制造形状复杂的金属基复合材料零件,其金属基体和增强物的复合和成形可同时完成,制成的复合材料组织均匀致密、无缩孔、无气孔等缺陷,性能均匀。

[0006] 但是,目前,将热等静压技术应用于连续碳纤维增强铝基复合材料的制备鲜有报道,特别是结合粉末冶金的优势,对于连续碳纤维增强铝基复合材料的制备至今没有较为完整的工艺。

### 发明内容

[0007] 为了解决上述问题,本发明提出的连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压成形方法包括按顺序进行的下列步骤:

[0008] 1) 根据碳纤维的长度尺寸制备出包套,该包套包括壁厚较薄的 U 形底板,壁厚较厚的侧壁板以及带有抽真空管的上盖板。

[0009] 2) 将碳纤维裁剪至合适的长度并在表面进行镀铜处理,用厚铝箔将已经表面镀铜的碳纤维平行包覆好,制成碳纤维预制体。

[0010] 3) 将 u 形底板和两面侧壁板焊接在一起,构成包套的主体部分。

[0011] 4) 将包覆有镀铜碳纤维的铝箔平行的放置在由 U 形底板和侧壁板构成的包套主体内,其中铝箔与侧壁板相接触,并点焊在一起,与 U 形底板的三个面保持一定的距离,以排除热等静压时底板收缩对碳纤维的影响,根据包套的总体高度,可铺一层或多层碳纤维

材料。

[0012] 5) 根据连续碳纤维增强铝基复合材料的要求,利用等离子旋转电极法制备出球形铝合金粉末,并且筛分出 100 ~ 200 目区间的粉末备用。

[0013] 6) 将上述制备好的球形铝合金粉末装入包套的主体部分,并通过人工振动和机械振动的方式使其密实。

[0014] 7) 将带有抽真空管的上盖板放置在包套主体的上端口并封焊好。

[0015] 8) 将上述装有碳纤维的包套放置在加热炉中加热,在高温下利用抽真空的设备通过真空管对包套内部进行抽真空处理;

[0016] 9) 将上述已经抽真空的包套放置在热等静压设备中,在高温高压下使球形铝合金粉末固结成形的同时与碳纤维紧密的结合在一起,制备出连续碳纤维增强的铝基复合材料。

[0017] 10) 通过机械加工的方法去除外部包套,根据实际使用情况进行机械切割得到合适厚度的碳纤维增强的铝基复合材料。

[0018] 11) 所述步骤 1 中 U 形底板的壁厚为 1mm,侧壁板和上盖板的壁厚为 5mm;

[0019] 12) 所述步骤 2 中碳纤维表面镀层厚度为 2 ~ 5  $\mu\text{m}$ ,铝箔的厚度为 0.2mm;

[0020] 13) 所述步骤 4 中包覆碳纤维的铝箔与 U 形底板的距离按照包套在相应方向上尺寸的 15%进行计算;

[0021] 14) 所述步骤 8 中加热炉的温度为 350 $^{\circ}\text{C}$ ,包套内部的真空度达到  $10^{-6}\text{Pa}$ ;

[0022] 15) 所述步骤 9 中热等静压工艺参数为在 1 小时内使热等静压设备的温度升温到 500 $^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为 2 小时;同时在 1 小时内使热等静压设备的内部压力达到 120MPa,同时保压 2 小时,之后将炉温冷却到室温。

[0023] 本发明提出的一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压成形方法是利用热等静压技术对铝合金粉末进行固结成形的同时与碳纤维材料形成紧密的结合,成形温度较低,克服传统铝基复合材料成形温度较高、压力较大,容易对碳纤维造成损伤的缺陷,同时由于包套受到四周均等静压力的作用,使材料的各处组织均匀、致密度较高,基本不存在气孔和缩孔等缺陷,材料的性能优良;并且结合粉末冶金的优势,可以成形结构较为复杂的零件,得到近净成形的产品。

## 附图说明

[0024] 图 1 为采用本发明提出的一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法制备材料时所使用的包套结构示意图

[0025] 图 2 为采用本发明提出的一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法制备材料时所使用的碳纤维预制体结构示意图

[0026] 图 3 为采用本发明提出的一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法制备材料时包套的主体部分示意图

[0027] 图 4 为采用本发明提出的一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法制备材料时将碳纤维预制体嵌入包套结构示意图

[0028] 图 5 为采用本发明提出的一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法制备的复合材料成品示意图

## 具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体的实施例对本发明提出的一种连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法进行详细说明。

[0030] 如图 1—图 5 所示,本发明提出的连续碳纤维增强铝基复合材料粉末高温高压制备方法包括按顺序进行的下列步骤:

[0031] 1) 根据碳纤维的尺寸大小制备出如图 1 所示的包套 5,该包套由 U 形底板 1,侧壁板 2 以及带有抽真空管 3 的上盖板 4 组成。为了防止碳纤维材料在热等静压的过程中随包套的变形而变形,上盖板 4 和侧壁板 2 的壁厚较厚为 5mm,U 形底板 1 的壁厚为 1mm。

[0032] 2) 将碳纤维裁 6 剪至合适的长度,并在其表面进行镀铜处理,铜镀层 7 的厚度为  $2 \sim 5 \mu\text{m}$ ,用厚铝箔 8 对镀铜后的碳纤维 6 进行包覆,铝箔 8 的厚度为 0.2mm,完成碳纤维预制体 9 的制备,其结构示意图如图 2 所示。

[0033] 3) 将侧壁板 2 嵌入到 U 形底板 1 中,并焊封好,构成包套的主体部分 10。

[0034] 4) 将包覆有镀铜层 7 碳纤维 6 的铝箔 8 平行的放置在由 U 形底板 1 和侧壁板 2 构成的包套主体 10 内,铝箔 8 与侧壁板 2 接触,并点焊在一起,防止碳纤维 6 在热等静压过程中发生变形或扭曲,并与 U 形底板 1 的侧壁和底面保持在相应方向上包套 5 总尺寸 15% 的距离,以排除在热等静压过程中,U 形底板 1 的收缩对碳纤维 6 的影响。

[0035] 5) 根据连续碳纤维增强铝基复合材料的要求,利用等离子旋转电极法制备出球形铝合金粉末 11,并且筛分出 100 ~ 200 目区间的粉末备用。

[0036] 6) 将上述制备好的铝合金球形粉末 11 装入已经制备好的包套主体部分 10 中,并通过人工振动或者机械振动的方式使其密实,采用球形粉末 11 是为了便于流动,能够从包覆碳纤维 6 的铝箔 8 与 U 形底板 1 侧壁的距离间隙中充分装填整个包套的主体部分 10。

[0037] 7) 将装有抽真空管 3 的上盖板 4 嵌入侧壁板 2 中,并焊封好,如图 4 所示。

[0038] 8) 将上述装有碳纤维 6 并已焊封好的包套 5 放入加热炉中加热,在高温下利用抽真空的设备通过真空管对包套内部进行抽真空处理,加热炉的加热温度为  $350^{\circ}\text{C}$ ,通过抽真空,使包套内部的真空度达到  $10^{-6}\text{Pa}$ 。

[0039] 9) 将上述已经抽完真空的包套 5 放置在热等静压设备中,热等静压处理的条件是在 1 小时内使热等静压设备的温度升温到  $500^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为 2 小时;同时在 1 小时内使热等静压设备的内部压力达到 120MPa,同时保压 2 小时,之后将炉温冷却到室温。在高温高压下使球形铝合金粉末 11 固结成形的同时与碳纤维 6 紧密的结合在一起,制备出连续碳纤维增强的铝基复合材料 12。

[0040] 10) 经过机械加工的方法去掉外部包套 5,根据实际的使用情况,通过机械切割的方法得到合适厚度的连续碳纤维增强铝基复合材料 12。

[0041] 11) 另外,根据镀铜层 7 厚度、铝合金粉末 11 材料及包套 5 形状的不同,热等静压处理的工艺条件也要做出相应的调整。

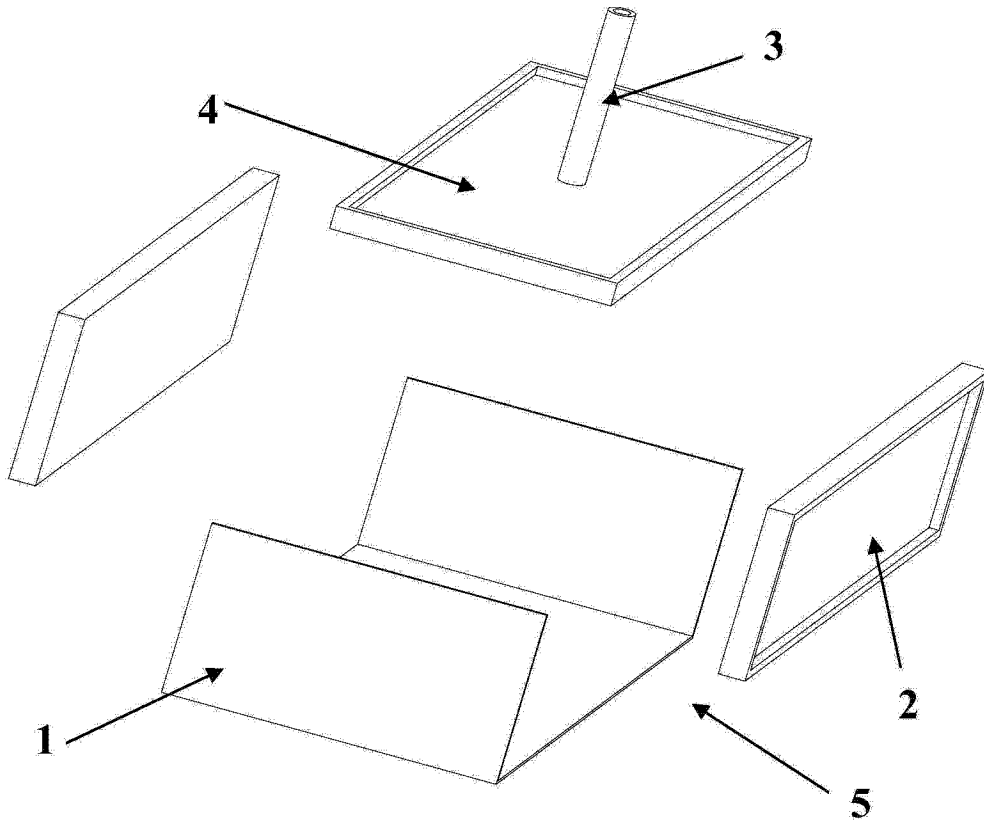


图 1

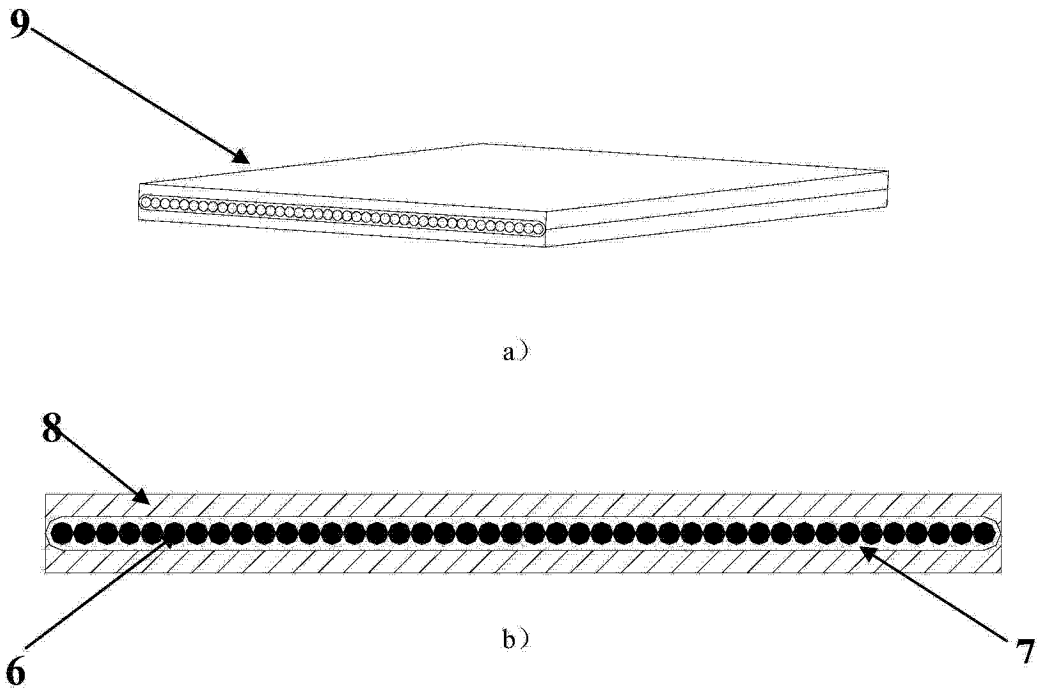


图 2

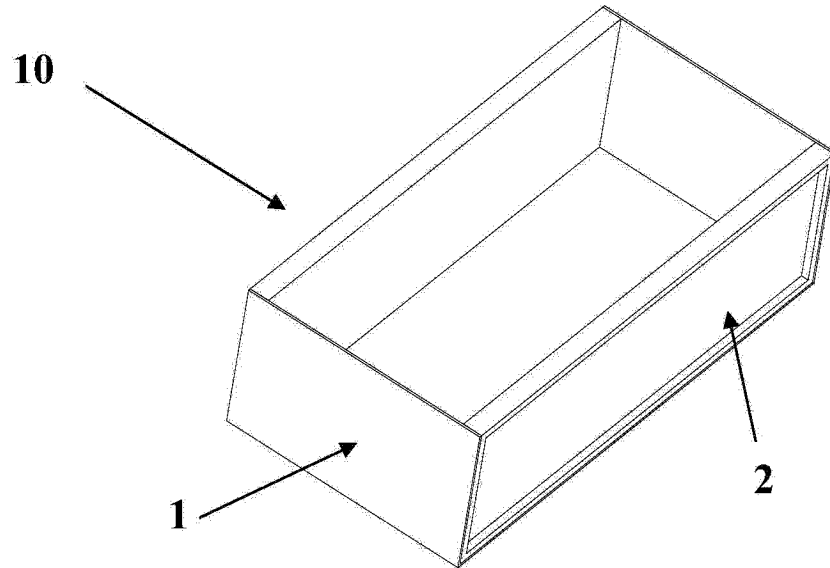
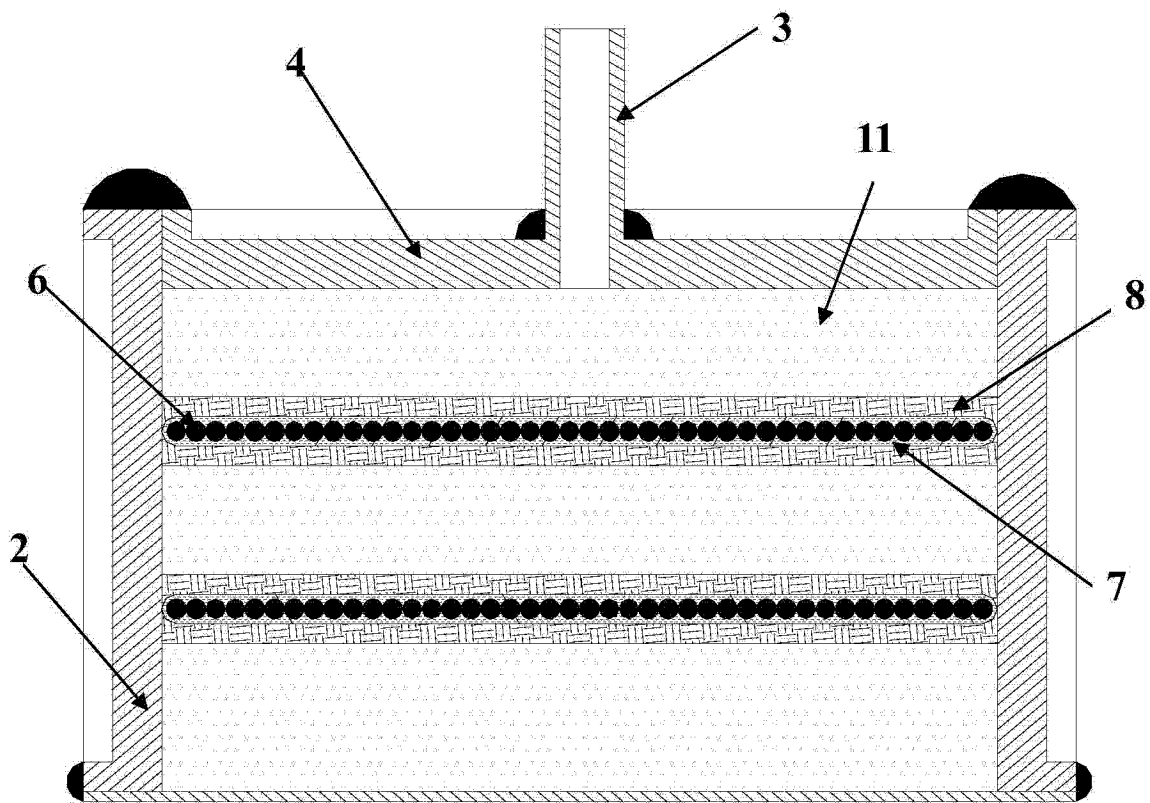


图 3



a)

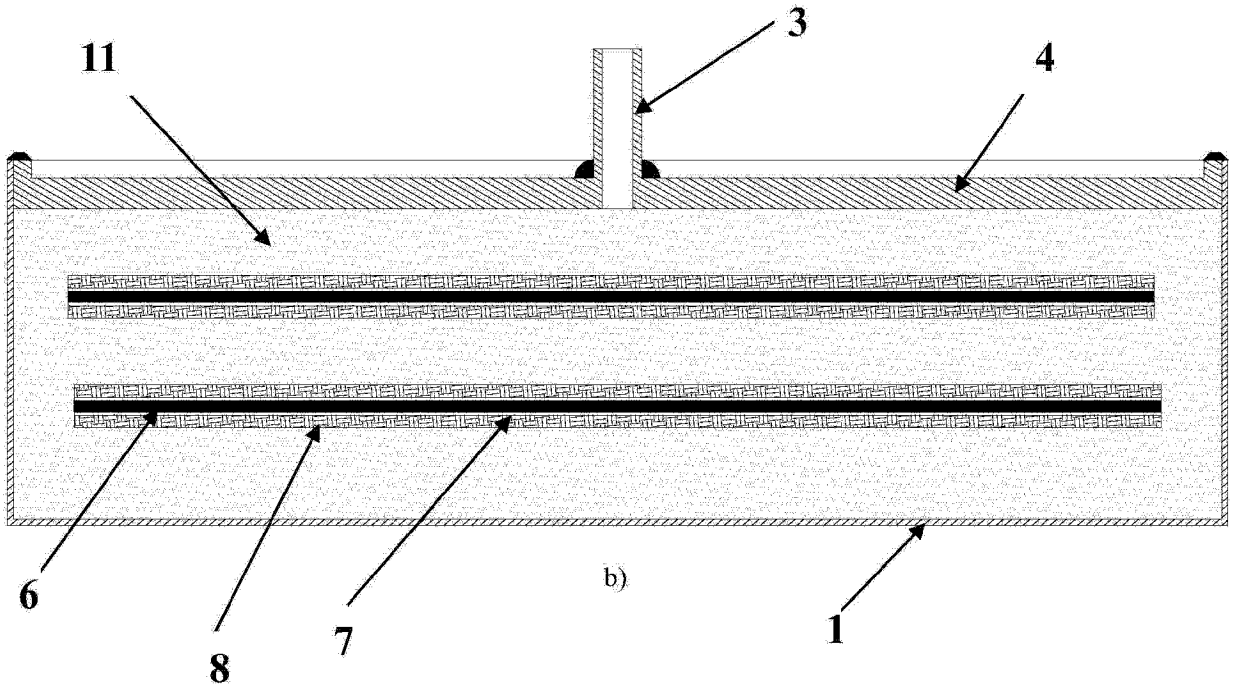


图 4

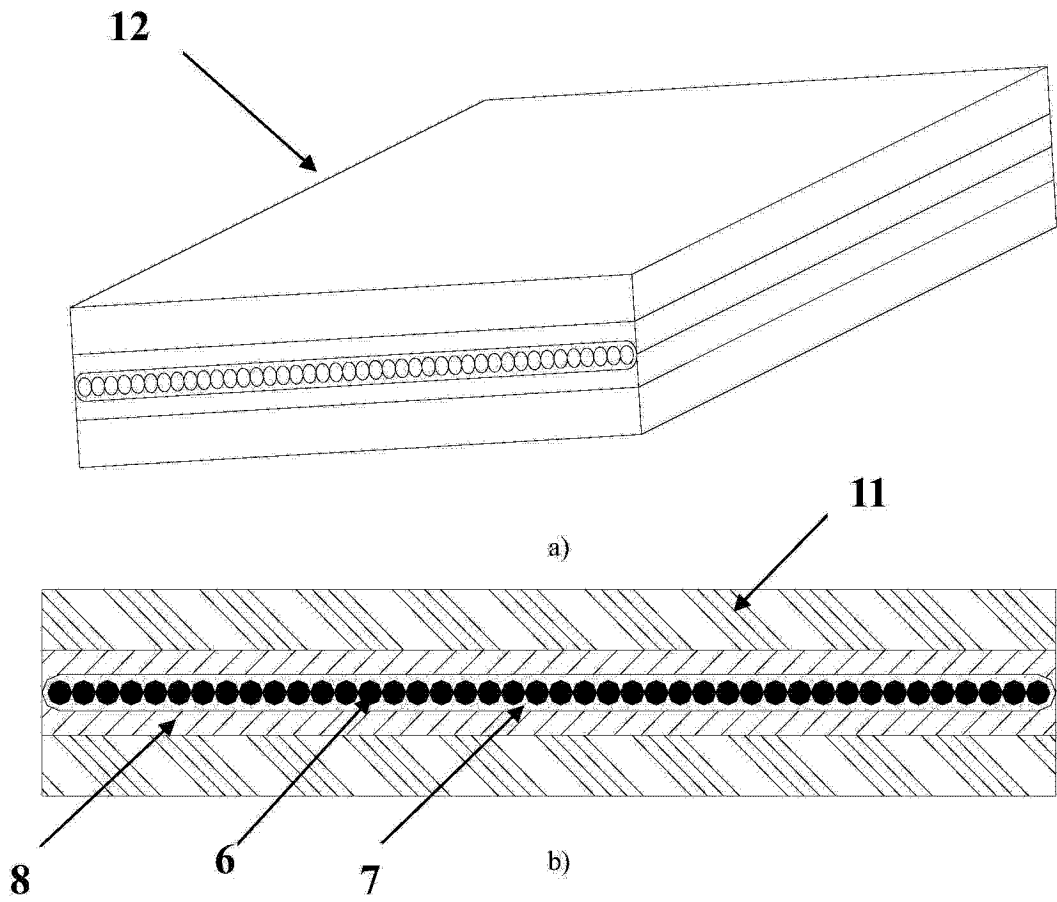


图 5