



(10) 授权公告号 CN 112654867 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 15

(21) 申请号 201980058474.2

(22) 申请日 2019.09.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112654867 A

(43) 申请公布日 2021.04.13

(30) 优先权数据
A50765/2018 2018.09.10 AT

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.03.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/AT2019/060292 2019.09.10

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/051609 DE 2020.03.19

(73) 专利权人 FACC股份公司
地址 奥地利茵克萊斯里德市

(72) 发明人 赫尔穆特·赫勒
安娜·卡丽娜·施平德勒
斯特凡·克罗斯迈尔

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

专利代理师 钟海胜 宋琴芝

(51) Int.Cl.
G01N 29/04 (2006.01)
G01N 25/72 (2006.01)
G01N 29/30 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 108008013 A, 2018.05.08
US 2015260667 A1, 2015.09.17
US 2007028661 A1, 2007.02.08
CN 102650605 A, 2012.08.29
US 2017274604 A1, 2017.09.28
CN 106796205 A, 2017.05.31
JP 2016070852 A, 2016.05.09
CN 101903161 A, 2010.12.01
EP 2572871 A2, 2013.03.27
CN 103402741 A, 2013.11.20
US 2016103101 A1, 2016.04.14

审查员 章平

权利要求书1页 说明书6页 附图4页

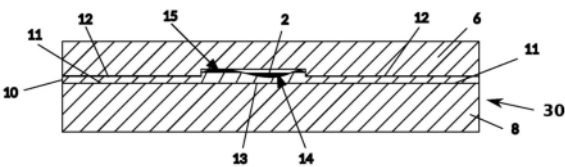
(54) 发明名称

生产纤维增强塑料比较体的方法及测试方法

(57) 摘要

本发明涉及生产纤维增强塑料 (FRP) 比较体 (30) 的方法, FRP 比较体 (30) 模拟 FRP 组件的无损测试的层孔隙 (14), 该方法包括以下步骤: i. 通过以下方式生产第一部分 (6): a. 布置具有空隙 (2) 的第一 FRP 层 (1); b. 在第一 FRP 层 (1) 上布置至少一个第二 FRP 层 (7); c. 对第一 (1) 和第二 FRP 层 (7) 的布置进行预硬化以获得第一部分 (6); ii. 通过以下方式生产第二部分 (8): a. 布置另外的 FRP 层 (9); b. 对另外的 FRP 层 (9) 的布置进行预硬化以获得第二部分 (8); iii. 将第一部分 (6) 连接到第二部分 (8), 第一部分 (6) 上的空隙 (2) 面向第二部分 (8); 和 iv. 对第一部分 (6) 和第二部

分 (8) 的布置进行硬化, 在第一 FRP 层 (1) 的空隙 (2) 上形成层孔隙 (14)。



1. 生产纤维增强塑料 (FRP) 比较体 (30) 的方法, 所述FRP比较体 (30) 模拟FRP组件的无损测试的层孔隙 (14), 所述方法包括以下步骤:

i. 通过以下方式生产FRP比较体 (30) 的第一部分 (6):

a. 布置具有空隙 (2) 的第一FRP层 (1);

b. 在第一FRP层 (1) 上布置至少一个第二FRP层 (7);

c. 对第一FRP层 (1) 和第二FRP层 (7) 的布置进行预硬化, 以获得FRP比较体 (30) 的第一部分 (6), 其中, 在对第一FRP层 (1) 和第二FRP层 (7) 的布置进行预硬化之前, 用占位符 (3) 填充空隙 (2), 其中, 在硬化第一部分 (6) 和第二部分 (8) 之前, 从空隙 (2) 中移除占位符 (3);

ii. 通过以下方式生产FRP比较体 (30) 的第二部分 (8)

a. 布置至少一个另外的FRP层 (9);

b. 对至少一个另外的FRP层 (9) 的布置进行预硬化, 以获得FRP比较体 (30) 的第二部分 (8);

iii. 将第一部分 (6) 连接到第二部分 (8), 其中第一部分 (6) 上的空隙 (2) 面向第二部分 (8); 和

iv. 对第一部分 (6) 和第二部分 (8) 的布置进行硬化, 其中在第一FRP层 (1) 的空隙 (2) 上形成层孔隙 (14)。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 为了将第一部分 (6) 连接到第二部分 (8), 在第一部分 (6) 和第二部分 (8) 之间以未硬化的状态布置FRP中间层 (10)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其特征在于, 通过切出第一FRP层 (1), 在第一部分 (6) 上形成空隙 (2)。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 提供插入板作为占位符 (3)。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其特征在于, 提供模具载体 (4) 上的凸起作为占位符 (3)。

6. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 在将占位符 (3) 插入到空隙中之前, 向占位符 (3) 提供分离装置或分离箔。

7. 根据权利要求1或2所述的方法, 其特征在于, 所述FRP组件是飞机组件。

8. 根据权利要求4所述的方法, 其特征在于, 由金属制成的插入板作为占位符 (3)。

9. FRP组件的无损测试方法, 包括以下步骤:

- 根据权利要求1至8中任一项所述的方法生产纤维增强塑料 (FRP) 比较体 (30);

- 通过无损测试方法测试FRP组件; 和

- 将FRP组件的无损测试方法的测试结果与FRP比较体 (30) 的比较值进行比较。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 所述FRP组件是飞机组件。

11. 根据权利要求9或10所述的方法, 其特征在于, 所述无损测试方法是热成像法。

生产纤维增强塑料比较体的方法及测试方法

[0001] 本发明涉及一种用于生产纤维增强塑料 (FRP) 比较体的方法, 该FRP比较体用于模拟FRP组件 (特别是飞机组件) 的无损测试的层孔隙。

[0002] 本发明还涉及一种用于FRP组件 (特别是飞机组件) 的无损测试的方法。

[0003] 在安全关键性的纤维增强塑料 (FRP) 组件 (纤维-塑料复合组件), 例如飞机组件的制造中, 随后的组件缺陷的测试和检测特别重要。为此, 通常使用无损测试方法 (例如, “无损测试”, 简称NDT), 以便一方面能够立即检测有缺陷的组件, 另一方面不会通过测试方法本身损坏无缺陷组件。为了还能够得出关于在测试方法期间生产中潜在缺陷来源的结论, 将检测到的组件缺陷分配给一种缺陷类型或一种缺陷类别。为了进行比较和校准, 为此生产了带有专门引入的人工组件缺陷的比较体, 并借助NDT方法对其进行测量。为了在这种情况下确保将组件错误准确地分配给错误类别, 比较体中的人工组件缺陷 (组件缺陷作为参考) 必须尽可能精确地模拟毛坯 (测试样本) 的生产缺陷。

[0004] 但是, 大多数组件缺陷很难被模拟, 到目前为止, 鉴于这种情况, 根据缺陷的类型, 人工组件缺陷与毛坯的缺陷或多或少地有很大不同。尤其是到目前为止, 不能令人满意地模拟所谓的层孔隙。在这种情况下, 层孔隙与组件的两个FRP层之间的基体或FRP材料的连接装置中的微观和宏观气体或空气夹杂物的集中聚集有关。因此, 应当将层孔隙与分层 (即两个FRP层的平面分离) 和体积孔隙 (即基本上在FRP层压件的整个横截面上的FRP层压件基体中的微观和宏观气体夹杂物 (孔) 的分布) 区分开来。由于层孔隙会导致FRP层的部分分离, 因此特别是在飞机组件中会具有严重后果, 最重要的是确定层孔隙并由此以最真实的模拟层孔隙的方式生产比较体。

[0005] 从现有技术中已知用于模拟组件缺陷的各种方法。例如, 在EP3193164A1中描述了一种方法, 其中借助于膨胀体可以将组件误差引入FRP组件中。为此, 将膨胀体放置在几层FRP材料之间, 添加树脂, 然后加热。由于膨胀体的高膨胀系数, 其在冷却期间比围绕其的FRP材料更大程度地收缩并由此产生大的剩余空腔。然后, 膨胀体作为异物保留在组件中。

[0006] 在CN104407060中, 借助于玻璃球来模拟材料的孔隙, 该玻璃球在生产过程中被引入到材料中。但是, 这些也被保留在材料中。

[0007] 此外, 从US2014/0346405A1中已知一种用于在复合材料中产生孔隙的方法。为此目的, 将复合材料暴露于不同的硬化方法, 以便由此通过逸出气体而产生不同程度的孔隙度。

[0008] 从EP1750123A2中进一步已知一种用于在复合材料中模拟组件缺陷的方法。在这里, 孔被逐层切割, 各个层被部分硬化, 然后才相互连接。

[0009] 从US2007/0095141A1中还已知一种用于复合材料的测量方法, 其中借助于激光器引入复合材料的组件缺陷。

[0010] 缺点是, 在现有技术中已知的比较体中, 经常发生错误的检测, 因为在已知的测试方法中, 由于外来体残留在比较体中, 使得测量结果被伪造, 并且还不能确定是否能检测到模拟组件缺陷或外来体。另一方面, 在那些允许在不将外来体残留在比较体中产生组件缺陷的方法中, 不可能在比较体中的规定位置处具体引入组件缺陷, 而这使得检测起来相当

困难。然而,所有这些已知方法还具有一个共同点是它们根本不能模拟层孔隙,即将FRP组件的各个FRP层进行部分分离,或者只能对此模拟但不能令人满意。

[0011] 因此,本发明的目的是改善或消除现有技术的至少个别缺点。因此,本发明特别地旨在提供一种方法,其使得能够在FRP比较体中的限定位置处对层孔隙进行真实模拟。

[0012] 在这种情况下,通过至少包括以下步骤的方法来实现所提出的目的:

[0013] i. 通过以下方式生产FRP比较体的第一部分:

[0014] a. 布置具有空隙(间隙)的第一FRP层;

[0015] b. 在第一FRP层上布置至少一个第二FRP层;

[0016] c. 对第一和第二FRP层的布置进行预硬化,以获得FRP比较体的第一部分;

[0017] ii. 通过以下方式生产FRP比较体的第二部分:

[0018] a. 布置至少一个另外的FRP层;

[0019] b. 对至少一个另外的FRP层的布置进行预硬化,以获得FRP比较体的第二部分;

[0020] iii. 将第一部分连接到第二部分,其中第一部分上的空隙面向第二部分;和

[0021] iv. 对第一部分和第二部分的布置进行硬化,其中在第一FRP层的空隙上形成层孔隙。

[0022] 根据本发明的方法,各个步骤的顺序可以改变。因此,可以在FRP比较体的第一部分之前生产FRP比较体的第二部分。

[0023] 有利地,根据本发明的方法使得能够在由FRP材料组成的FRP比较体中特定地引入(人工)层孔隙,从而以真实的方式对待测试的FRP组件中的层孔隙进行模拟,特别是对于飞机工业而言。作为根据本发明方法的结果,可以在不引入外来体并且也没有大量气体夹杂物的情况下产生层孔隙。为了进行校准,随后可以对FRP比较体进行NDT测量方法,例如热成像法。由于模拟层孔隙的实际条件,从比较体获得的测量结果特别适合作为FRP组件的NDT测试的比较值或参考值。由于在制作比较体时,可以省去外来体(即不是由FRP材料组成的部件且通常不提供在待比较的组件上)的引入,因此可以记录FRP比较体的测量曲线,该曲线相对于那些具有“自然”层孔隙(即在批量生产期间形成)的组件而言精度更高。如最初所提到的,在这种情况下,导致FRP层的部分分离层的“自然”层孔隙是两个FRP层之间的基体或FRP材料的连接材料中的微观和宏观气体或空气夹杂物的集中堆积。在FRP比较体中形成的各个FRP层,如同在待测试的FRP组件中一样,优选通过松散的纤维或连接到织物的纤维制成,该纤维用树脂或其他连接装置浸渍。连接装置用于连接FRP层内的纤维,以及连接FRP层。尤其可以提供CFRP(碳纤维增强塑料)、GFRP(玻璃纤维增强塑料)或芳族聚酰胺纤维,特别是加工成预浸料的GFRP、芳族聚酰胺或CFRP材料作为所有FRP层的FRP材料。第一或第二部分中的各个FRP层可以通过连接装置连接,优选地包含在FRP层中。

[0024] 在根据本发明的方法中,通过借助于连接装置将分别处于预硬化(预固化)状态的第一部分连接到第二部分来模拟层孔隙,其中,连接装置也存在于FRP材料(如树脂、不同基体材料或未硬化的FRP层,以及最终产生的硬化(固化)的层结构)中。在这种情况下,第二部分的那些面向第一部分且不与空隙(间隙)相对的部分基本上完全且广泛(在整个区域内)地连接到第一部分的相应部分,而第二部分的那些与空隙相对的部分仅是部分地,因此不完全地连接到第一部分。结果,层的孔隙被限制在空隙的区域。优选地,以先前描述的方式产生多个空隙,并因此产生多个层孔隙,从而例如为了比较目的而获得连接或分离程度的

变化。在这种情况下,由于在将部件彼此连接时,在空隙的区域中缺乏压力而产生了层孔隙。优选地,将预硬化的第一部分和预硬化的第二部分水平地布置,其中,将第一部分放置在第二部分上,并提供连接装置。根据优选实施方式,通过在使用适合于所使用的FRP材料的硬化方法之前和/或期间将第一部分压制在第二部分上,在没有空隙的那些位置处产生正连接,而在空隙处,连接装置仅部分地粘附到第一部分或第二部分。在这种情况下,必不可少的是在连接之前将两个部件预先硬化,即将两个部件硬化至如此程度,以至于在进一步的步骤中,这些部件基本上保持自身的形状,从而保持尺寸稳定。适用于所使用的FRP材料的硬化方法(固化方法)的第一硬化步骤可用于预硬化,即一旦部件硬化到其基本保持自身的形状以用于进一步处理步骤的程度,硬化方法就结束。由于第一部分的预硬化,在与第二部分连接的过程中封闭在空隙内部收集的空气,从而形成空气夹杂物。即使在连接第一和第二部分时排空了第一部分和第二部分的布置,该空气夹杂物仍然存在,因为空气不能通过预先硬化的第一部分和第二部分逸出。在第一部分已经连接到第二部分之后,对第一部分和第二部分的布置进行硬化。在本文中,硬化装置是通过适合于所使用的FRP材料的硬化过程来完全硬化的第一部分和第二部分以及连接装置。通过根据本发明的方法产生的层孔隙可以像其自然对应物那样被局部限制或产生在FRP比较体中的数个位置处。在FRP层内数个位置处的层孔隙情况下,应在第一部分中相应地产生多个空隙。在不同的FRP层中的层孔隙情况下,应相应地生产多个第一或第二部分,其中第一部分可以形成第二部分,该第二部分又可分配给不同的第一部分。优选地,层孔隙完全布置在FRP组件或FRP比较体内,并因此在所有侧面上都被FRP材料包围。为了通过根据本发明的方法获得期望的层孔隙的缺陷尺寸,优选地设置了,空隙包括比在FRP比较体硬化(结束)状态下所提供的层孔隙的长度或宽度更大的宽度和/或长度。更大的宽度和/或长度取决于连接装置及其粘性,并且尤其在0.1mm至10mm的范围内。

[0025] 为了有利于第一部分与第二部分的连接并产生特别真实的层孔隙,有利的是,为了将第一部分与第二部分连接,在第一部分与第二部分之间以未硬化的状态布置FRP中间层。像浸渍的FRP中间层一样,未硬化的FRP层尚未进行预硬化或硬化,因此仍可以改变其形状。未硬化的中间层包含连接装置,从而可以将第一部分连接到第二部分。为了连接,优选将预硬化的第二部分置于水平位置,首先将未硬化的FRP层连接至预硬化的第二部分,然后将预硬化的第一部分以这种空隙面向未硬化的FRP层的方式连接至未硬化的FRP层。未硬化的FRP中间层提供了连接装置。也可以首先将预硬化的第一部分置于水平位置,以将未硬化的FRP层连接到预硬化的第一部分,然后将预硬化的第二部分以这种空隙面向未硬化的FRP层的方式连接到未硬化的FRP层。

[0026] 如果通过切除第一FRP层而在第一部分上形成空隙,则获得特别有利的条件。结果,非常容易生产第一部分,并且可以根据期望的缺陷形状或缺陷轮廓从第一部分的第一FRP层简单地切割出各种形状的空隙。

[0027] 为了产生由空隙和位于其上方的至少一个第二FRP层界定的精确限定的凹部,有利的是,在预硬化第一和第二FRP层的布置之前,用占位符填充空隙,其中,在硬化第一部分和第二部分的布置之前,从空隙或凹部中去除占位符。由此可以防止,至少一个第二FRP层,特别是在未硬化的状态下,通过其自身的重量伸入到空隙中,从而不利地影响凹部的形状和层孔隙的模拟。为此目的,有利地,占位符包括与空隙基本相同的形状或轮廓。优选地,占

位符还包括小于第一FRP层的厚度的高度。

[0028] 空隙优选包括4mm至25mm,特别是6mm至20mm,例如基本上10mm的长度,4mm至25mm,特别是6mm至20mm,例如基本上为10mm的宽度,0.01mm至2mm,特别是0.05mm至1mm的高度。优选地,提供了占位符和空隙具有比在FRP比较体的硬化状态下所提供的层孔隙的长度或宽度更大的宽度和/或长度。更大的宽度和/或长度取决于连接装置及其粘性,并且尤其在0.1mm至10mm的范围内。

[0029] 在第一优选的实施方式中,提供了插入板特别是由金属制成的插入板作为占位符。这样的插入板可以容易地制造并且具有较低的制造成本,并且如果需要的话可以重复使用。

[0030] 在第二优选实施方式中,模具载体上的凸起被提供作为占位符。在这种情况下,模具载体是可以在其上放置未硬化的FRP层的载体,其中,模具载体例如通过曲率或平坦表面来预先限定出预硬化或硬化的FRP层的后续形状。有利的是,第一FRP层的期望的位置或取向可以通过模具载体上的凸起预先确定。

[0031] 为了有利于将占位符从预硬化的FRP层中释放出来,如果占位符在插入到空隙之前设置有分离装置(或脱模剂)或分离箔片,则是有利的。结果,可以在不损坏第一部分的情况下移除占位符。自然地,其他部件,例如模具载体,也可以设置有这种分离装置,以便能够容易地释放所有FRP组件。

[0032] 上述的FRP比较体可用于FRP组件的NDT测试。

[0033] FRP组件(特别是飞机组件)的无损测试方法至少包括以下步骤:

[0034] -根据权利要求1至8中任一项所述的方法生产纤维增强塑料(FRP)比较体(纤维-塑料复合比较体);

[0035] -通过无损测试方法(例如热成像法)测试FRP组件;和

[0036] -将FRP组件的无损测试方法的测试结果与FRP比较体的比较值进行比较。

[0037] 下文中将参考优选实施方式进一步解释本发明。

[0038] 图1示出了用于模拟层孔隙的用于FRP比较体的具有空隙的第一部分的第一FRP层的视图;

[0039] 图2示出了具有第一FRP层和两个第二FRP层的第一部分的分解视图;

[0040] 图3示出了第二部分的分解视图;

[0041] 图4示出了借助于FRP中间层将第一部分和第二部分结合在一起;

[0042] 图5a-5c示出了在横截面视图中借助于FRP中间层将第一部分和第二部分结合在一起以及产生层孔隙;

[0043] 图6示出了在优选实施方式中根据本发明的方法生产FRP比较体的流程图;

[0044] 图7示出了使用通过根据权利要求1至7的根据本发明的方法生产的FRP比较体的NDT测试方法的流程图。

[0045] 这些图示出了用于生产FRP比较体30的各个工艺步骤,该FRP比较体30可以在FRP组件(例如飞机机翼或飞机襟翼)的NDT测试中使用。

[0046] 图1示出了第一(未硬化的)FRP层1,其中已经借助于合适的刀或另一种切割工具切割了空隙2(间隙2)。优选地,第一FRP层1,特别是在飞机组件中通常如此,由CFRP、GFRP、芳族聚酰胺纤维,特别是加工以形成预浸料的CFRP、芳族聚酰胺或GFRP材料组成。为了防止

随后位于其上的FRP层由于其自身的重量而穿透到空隙2中,沿箭头方向将占位符3插入间隙2中。为此目的,占位符3优选地包括与空隙2基本相同的形状或轮廓,以及最大程度地具有第一FRP层1的高度或厚度。所描绘的第一FRP层1和随后位于其上方的FRP层(未示出)仍处于该初始工艺步骤中未硬化的状态,即可延展状态,并且被布置在模具载体4上。模具载体4预先限定出(预)硬化的FRP层的后续形状,在这种情况下为平坦表面5。

[0047] 图2以分解视图示出了第一部分6。在这种情况下,第一部分包括第一FRP层1和至少一个第二FRP层7。第一部分的各个FRP层在组装状态下使用优选包含在FRP层中的连接装置彼此连接。在根据本发明的方法中,处于未硬化状态的至少一个第二FRP层7被放置在也处于未硬化状态的第一FRP层1上,并且由此形成的第一部分6随后通过本领域技术人员已知的相应方法预硬化,而占位符3留在空隙2中。这样的预硬化方法例如可以通过使用真空袋(未图示)的高压釜中的硬化方法进行。由于将占位符3插入到空隙2中,在将至少一个第二FRP层7布置在至少一个第一FRP层1上之后,可以防止未硬化的第二FRP层7伸入空隙2中,或由于自身重量而凸出到空隙2中。为此目的,占位符3包括与空隙2基本相同的形状或轮廓,并且最大程度地具有第一FRP层1的高度或厚度。在预硬化之后,再次移除占位符3,并以此方式留下由空隙2和位于其上方的至少一个第二FRP层7界定的凹部15。为了便于移除占位符3,可以为该占位符3设置分离装置(未示出)。模具载体4本身也可以设置有这种分离装置。

[0048] 图3示出了第二部分8的分解视图。在所示的示例性实施方式中,其包括多个另外的FRP层9,它们也首先被结合在一起,然后通过本领域技术人员已知的适当方法进行预硬化。第二部分的各个FRP层在组装状态下使用优选包含在FRP层中的连接装置彼此连接。在所示的图中,另外的FRP层9也布置在模具载体4上,从而获得它们的后续形状,在这种情况下为平坦表面5。

[0049] 图4示出了预硬化的第一部分6与预硬化的第二部分8的连接。在这种情况下,第二部分8位于模具载体4上的水平位置。第一部分6布置成用于连接,以便第一部分6的空隙2面对第二部分8,结果是通过第一部分6和第二部分8封闭了体积。如图4所示,在第一部分6和第二部分8之间布置有处于未硬化状态的FRP中间层10中,用于将第一部分6连接到第二部分8。

[0050] 当将第一部分6连接至第二部分8时(图5a-5c),第二部分8的那些面对第一部分6且与空隙2不相对的部分11经由FRP中间层10基本上完全且广泛地连接至第一部分6的相应部分12,而第二部分8的那些与空隙2相对的部分13仅部分地连接,从而经由FRP中间层10不完全地连接至第一部分6。第二部分8优选地在整个平面上,即至少在与空隙2相对的区域中是平坦的,即没有空隙、凹痕和凸起。在将第一部分6连接到第二部分8之后,硬化由第一部分6和第二部分8组成的布置,从而在空隙2上或凹部15中形成(人工)层孔隙14。硬化和预硬化是通过适用于FRP材料的硬化方法完成的,特别是在高压釜中,优选在2.5至8的压力和120℃至180℃的温度下完成的。但是,精确的压力和精确的温度取决于所使用的材料。

[0051] 图5a至图5c以FRP层的横截视图示出了层孔隙14的形成。在图5a中,可以看到预硬化的第二部分8、处于未硬化状态的FRP中间层10和预硬化的第一部分6彼此叠置但尚未接触。在图5b中,预硬化的第二部分8、处于未硬化状态的FRP中间层10和预硬化的第一部分6已经接触。可以看出,FRP中间层10没有接触至少一个第二FRP层7。只有第二部分8的那些

面对第一部分6且不与空隙2相对的部分11才是通过FRP中间层10基本上完全和广泛地连接到第一部分6的相应部分12。然而,第二部分8的那些与空隙2相对的部分13没有通过FRP中间层10连接到第一部分6。在图5c中可以看出,FRP中间层10是如何通过将第一部分6压制到第二部分上形成的,例如通过高压釜中的压力将第一部分6压制到第二部分上形成的,结果是,即使在凹部15中,这也会导致FRP中间层10部分地连接或粘附到第一部分6或至少一个第二FRP层7上。通过硬化由第一部分6和第二部分8组成的布置,形成层孔隙14,并产生FRP比较体30。

[0052] 图6示出了在优选实施方式中的用于生产FRP比较体30的根据本发明的方法的流程图,其中将未硬化状态的FRP中间层10用作连接装置。在第一步骤101中,优选将处于未硬化状态的第一FRP层1放置在模具载体4上。然后,借助切割工具(例如刀)将空隙2切割成第一FRP层1(步骤102)。在步骤103中,将占位符3插入到空隙2中,或者将FRP层1放置在模具载体4的凸起上,使得该凸起突出到空隙2中并且至少部分地填充空隙2。然后,将处于未硬化状态的至少一个第二FRP层7放在第一FRP层1上(步骤104)。然后,通过本领域技术人员已知的适当方法来预硬化第一和第二FRP层的布置,以便获得用于FRP比较体30的第一部分6(步骤105)。

[0053] 为了生产第二部分8,在模具载体4上平行布置多个处于未硬化状态的另外的FRP层9(步骤201),并通过本领域技术人员已知的适当方法进行预硬化(步骤202)。

[0054] 在步骤300中,将第一部分6和第二部分8在空间上组合在一起以用于接下来的处理步骤。为此,将第二部分放置在模具载体4上(步骤301)。然后将FRP中间层10(或另一个连接装置)放在第一部分6上(步骤302)。然后,从第一部分1中移除占位符3(步骤303)。该步骤也可以预先进行,但仅在第一部分6预硬化之后进行。在步骤304中,将第一部分6放在FRP中间层10上,用于以第一部分6的空隙2面向第二部分8的方式进行连接。在步骤305中,将第一部分6和第二部分8的布置与中间层10一起以适合于FRP材料的方法硬化,并且以优选地被压制在一起这样做。结果,在第一FRP层1中的空隙2上形成层孔隙14,并且形成FRP比较体30。

[0055] 图7示出了使用FRP比较体30的NDT测试方法的优选过程顺序。在步骤701中,通过根据图6的过程顺序来生产FRP比较体30。在步骤702中,使用无损测试方法(例如热成像方法或超声方法)来测试比较体30,以检测和测量FRP比较体30中的人工产生的层孔隙。因此,可以指定比较值。在步骤703中,通过相同的无损测试方法来测试FRP材料的FRP组件,特别是飞机组件,以获得测试结果。在步骤704中,将来自步骤703的测试结果与来自步骤702的比较值进行比较,以便因此能够相对于任何组件缺陷(特别是层孔隙)执行对FRP组件的评估。为此目的,优选将通过无损测试方法产生的信号幅度或其他类型的信号相互比较。如果超过了可以从比较值得出的规定的极限值,则可以识别出有缺陷的FRP组件。

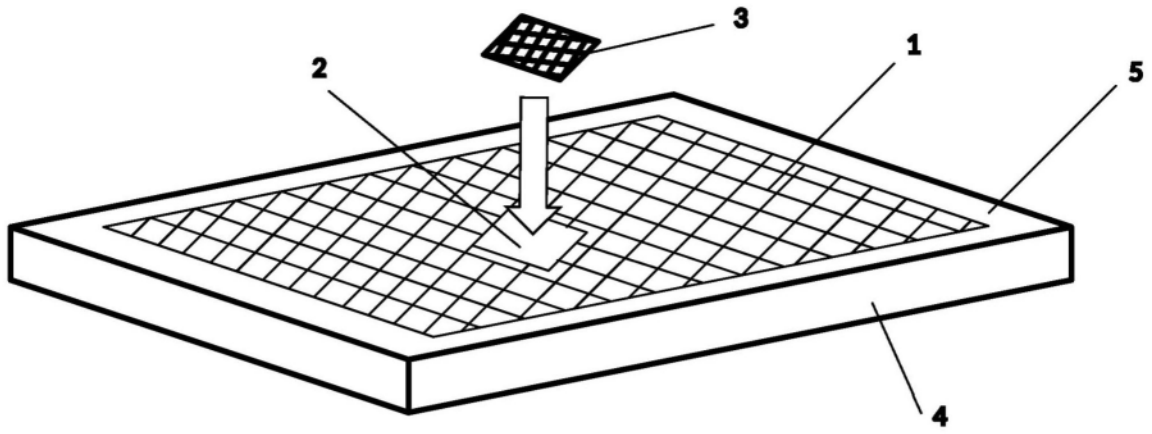


图1

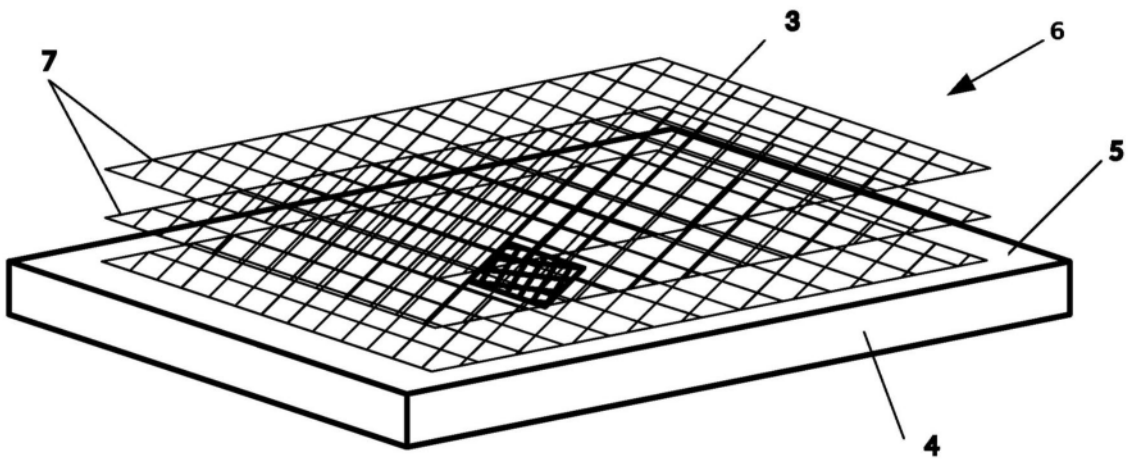


图2

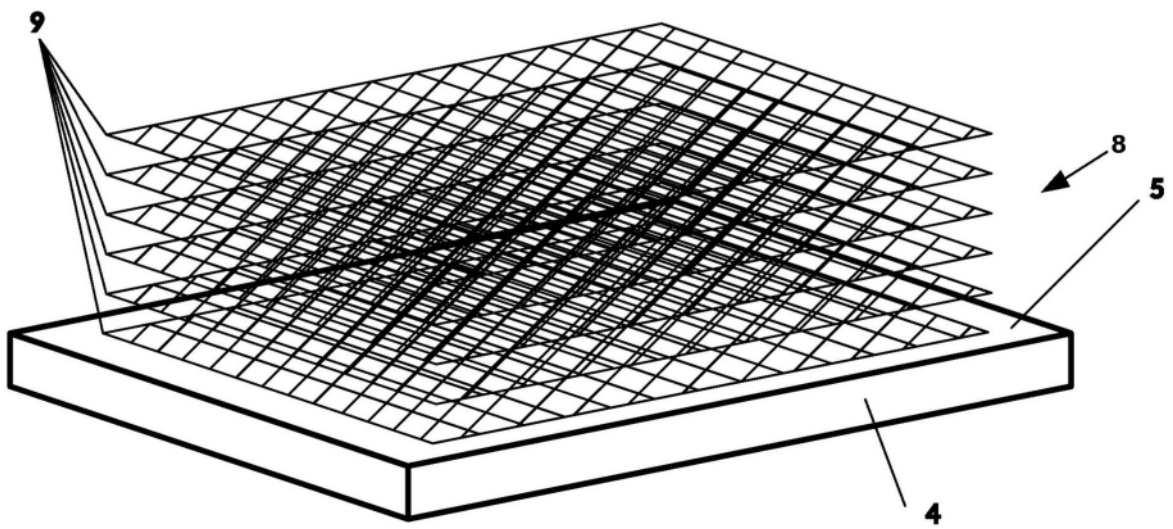


图3

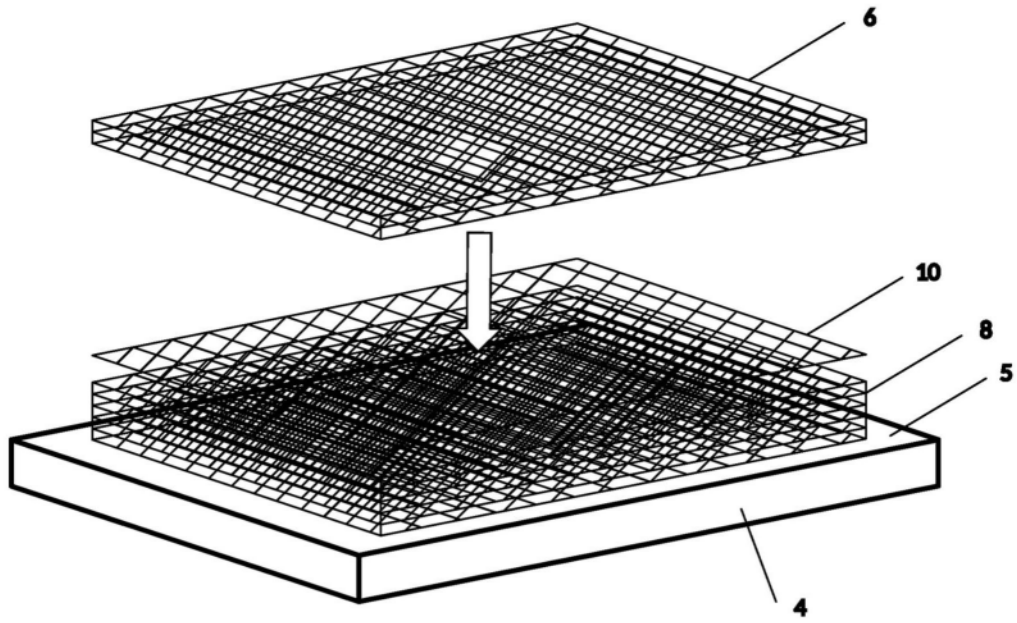


图4

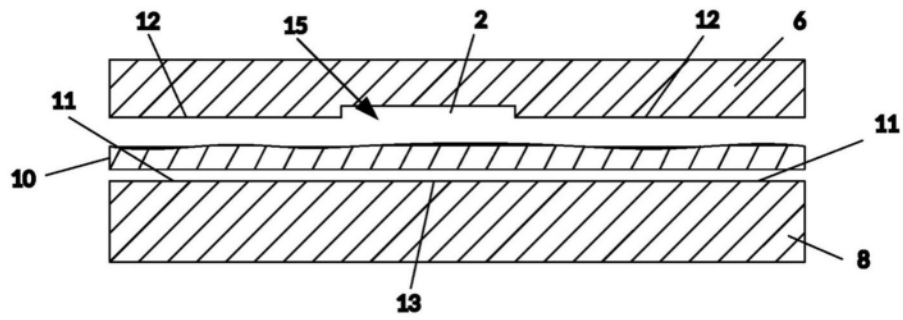


图5a

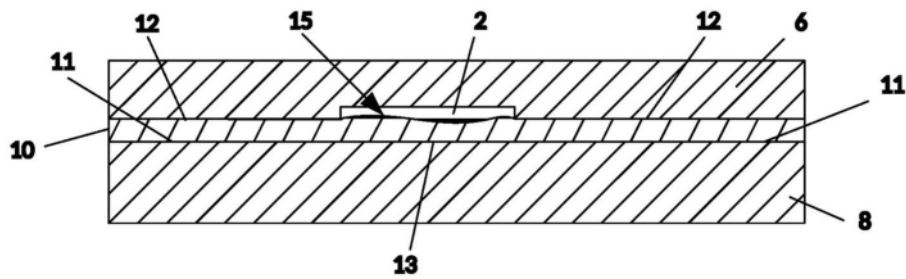


图5b

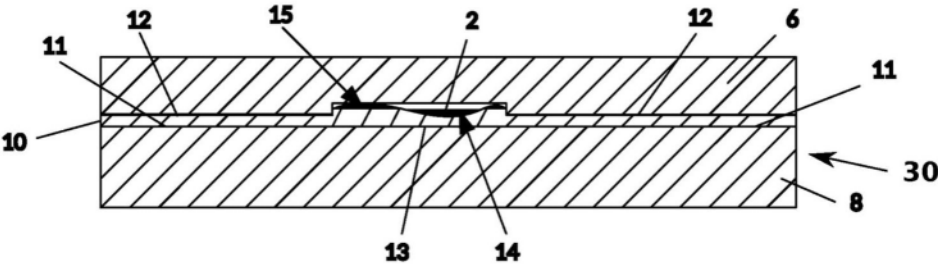


图5c

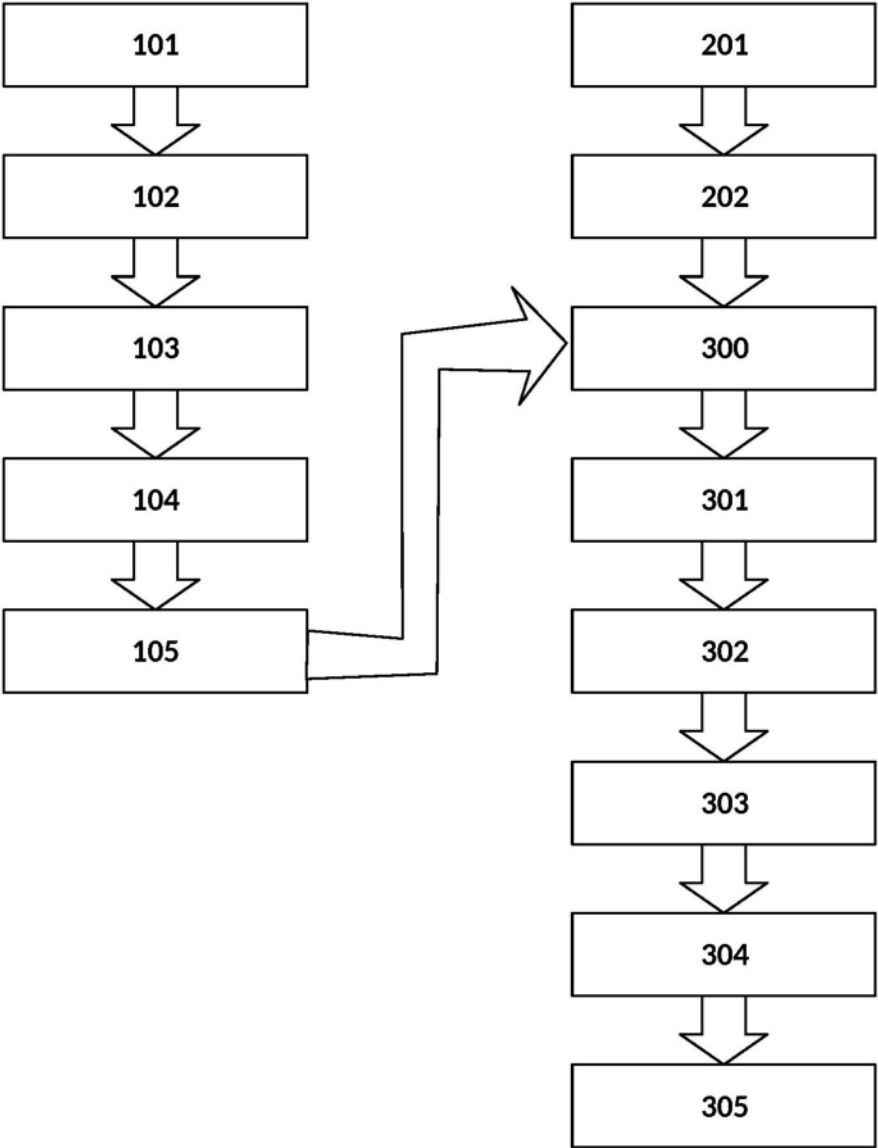


图6

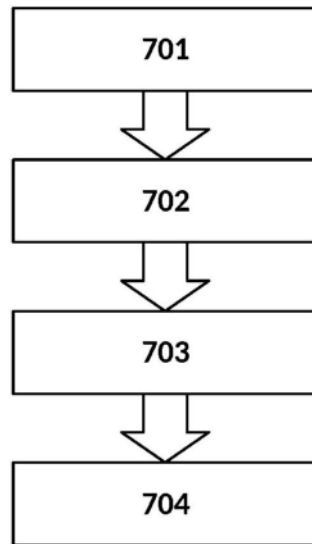


图7