



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104053988 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201280057590. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 11. 13

G01N 27/22(2006. 01)

G01N 33/44(2006. 01)

(30) 优先权数据

11/03562 2011. 11. 23 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 05. 23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2012/052614 2012. 11. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/076402 FR 2013. 05. 30

(71) 申请人 埃尔塞乐公司

地址 法国贡夫勒维尔洛谢

申请人 国家科学研究中心

(72) 发明人 弗洛朗·布荣 乔尔·布耶尔德

劳伦特·比才 塞巴斯蒂安·格罗

(74) 专利代理机构 北京万慧达知识产权代理有

限公司 11111

代理人 朱凤成 段晓玲

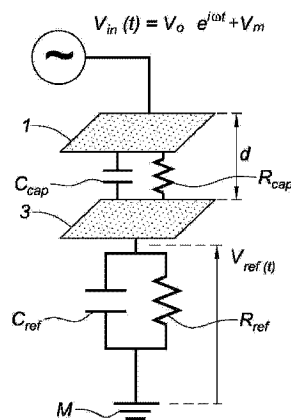
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

在制造纤维复合材料部件的树脂注塑操作期间检测气泡存在的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种在制造纤维复合材料部件的树脂注塑操作期间检测气泡的方法,其特征在于,对由纤维和液态树脂形成的媒质的至少一部分的电容或电导进行测量。



1. 一种在制造纤维复合材料部件的树脂注塑操作期间借助于设备检测气泡的方法,所述设备包括:

- 至少一个模具和一个反模,
- 至少一对电极 (1, 3), 所述电极 (1, 3) 分别设置在所述模具和所述反模中,
- 交流输入电压 ($V_{in}(t)$) 电源, 所述电源连接到所述电极 (1, 3) 中的一个 (1),
- RC 电路, 所述 RC 电路首先连接到所述电极中的一个 (3), 并且接下来连接到主体 (M), 在其端部有交流参考电压 ($V_{ref}(t)$), 以及
- 信号处理装置, 所述信号处理装置适于利用所述交流输入电压和交流参考电压的测量值,

所述方法的特征在于, 根据所述测量值计算出所述电极 (1, 3) 之间所包含的气泡的比率。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述交流输入电压 ($V_{in}(t)$) 电源使用相对高的频率, 测量由纤维和液态树脂形成的区域的至少一部分的电容 (C_{cap}), 并且根据该类型的关系 $\Phi_v = f(\epsilon_v, \epsilon_r, \epsilon_f, \epsilon_t, \Phi_r, C_{cap})$ 推导出气泡的比率, 其中 ϵ_v 、 ϵ_r 、 ϵ_f 和 ϵ_t 分别是真空、所述树脂、所述纤维和所述复合材料的介电常数, 并且 Φ_v 、 Φ_r 和 Φ_f 分别是在两个电极 (1, 3) 之间的气泡、树脂和纤维的比率。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述电容 (C_{cap}) 测量被用于推导出所述气泡的去极化系数, 并且因而推导出这些气泡的形状和大小。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述交流输入电压 ($V_{in}(t)$) 电源使用相对低的频率, 将所述交流参考电压 ($V_{ref}(t)$) 与电压值 (V_{max}) 相比较, 所述电压值 (V_{max}) 表示在所述电极 (1, 3) 之间的树脂流完全没有气泡时的理论值 ($V_{ref}(t)$), 并且根据这两个值之间的比例系数推导出所述气泡的比率。

在制造纤维复合材料部件的树脂注塑操作期间检测气泡存在的方法

技术领域

[0001] 本专利申请涉及一种在制造纤维复合材料部件的树脂注塑操作期间检测气泡的存在和树脂流动前沿的方法。

背景技术

[0002] 纤维复合材料部件包括通过热聚合固化嵌入在树脂基体间的纤维网（例如，碳或玻璃）。

[0003] 所述树脂可以是，例如，有机树脂（例如，称为有机基质复合体（OMC），环氧树脂），地质聚合物树脂，预陶瓷树脂。

[0004] 由于其优异的强度重量比和适中的制造成本，这些部件被用在许多行业中，尤其是在航空航天工业中。

[0005] 在制造这些纤维复合材料部件的各种不同方法中，有注塑类型方法或 LCM（复合材料液态成型），更具体地说，是 RTM（树脂传递成型）类型的方法，其中包括在真空下穿过纤维组织将树脂注入。

[0006] 这些树脂注入型方法的一个共同的缺点是出现气泡，导致毛细力和粘性力之间的对抗。

[0007] 这些气泡的出现会导致在最终复合材料部件中产生真空，这很可能影响到该部件的强度和耐久性。

[0008] 到现在为止，仅在生产线的末端通过常规的非破坏性控制来执行这些气泡的检测。

[0009] 这种事后检测的缺点是，对于在生产线上采取强制行动来讲，它来得太晚：当在复合材料部件中检测到很严重的气泡水平时，唯一的解决办法是将其丢弃。

[0010] 这导致了时间和材料的损失，这对所述工艺的整体经济性是非常有害的。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于克服这些不利情况。

[0012] 本发明的这一目的是通过一种方法来达成，所述方法在制造纤维复合材料部件的树脂注塑操作过程中，借助于一种设备检测气泡，所述设备包括：

[0013] - 至少一个模具和一个反模（counter-mold），

[0014] - 至少一对电极，所述电极分别设置在所述模具和所述反模中，

[0015] - 交流输入电压电源，所述电源连接到所述电极中的一个，

[0016] - RC 电路，所述 RC 电路首先连接到所述电极中的一个，并且接下来连接到主体，在其端部有交流参考电压，以及

[0017] - 信号处理装置，所述信号处理装置适于利用所述交流输入电压和交流参考电压的测量值，

[0018] 所述方法的特征在于,根据所述测量值计算出所述电极之间所包含的气泡的比率。

[0019] 此方法允许通过电气测量得知在所述复合材料中的气泡比率,所述测量可以用非常简单的方式来进行。

[0020] 根据该方法的其它可选功能:

[0021] - 所述交流输入电压电源使用相对高的频率,测量由所述纤维和液态树脂形成的区域中的至少一部分的电容,并且根据该类型的关系 $\Phi_v = f(\epsilon_v, \epsilon_r, \epsilon_f, \epsilon_t, \Phi_r, C_{cap})$ 推导出气泡的比率,其中 ϵ_v 、 ϵ_r 、 ϵ_f 和 ϵ_t 分别是真空、所述树脂、所述纤维和所述复合材料的介电常数,并且 Φ_v 、 Φ_r 和 Φ_f 分别是在两个电极 (1,3) 之间的气泡、树脂和纤维的比率:该区域的电容实际上受到出现气泡的影响,使得该电容的测量考虑到了为使这些气泡消失所需要的立刻修正(树脂注塑压力,等);

[0022] - 所述电容测量被用于推导出所述气泡的去极化系数,并且因而推导出这些气泡的形状和大小;

[0023] - 所述交流输入电压电源使用相对低的频率,将所述交流参考电压与表示在所述电极之间的树脂流完全没有气泡时的理论电压值相比较,并且根据这两个值之间的比例系数推导出气泡的比率。

附图说明

[0024] 通过阅读下面的说明,并研究附图,本发明的其它特征和优点将变得清楚,其中:

[0025] - 图 1 示出了根据本发明的设备的电气图,

[0026] - 图 2 示出了根据本发明的设备的两个电极,并显示了寄生于该测量的边缘效应,

[0027] - 图 3 示出图 2 的两个电极,其中为了最大限度地减小边缘效应,增加了两个保护电极,

[0028] - 图 4 示出了交流参考电压的模随时间的变化,以及与其上执行测量的区域完全没有气泡相对应的理论上交流电的最大电压的模的变化(注意,所测量的电压是传感器在电容模式或导电模式下进行)。

[0029] 在所有这些图中,相同或相似的附图标记指的是相同或相似的元器件或元器件组。

具体实施方式

[0030] 现在参照图 1,其中示出了两个电极 1 和 3,用于集成到设备的模具和反模中,所述设备通过液态树脂注塑法(LCM法)制造纤维复合材料部件。

[0031] 其本身公知的是,这样的方法涉及将纤维织物(例如,在碳或玻璃)置于模具和反模之间,并且在这些织物中注入树脂(例如,环氧树脂、无机聚合物或预陶瓷树脂):该树脂通过前进前沿的移动浸渍所述纤维织物。

[0032] 当该前进前沿穿过所有纤维织物时,温度会升高,从而使树脂在所述纤维的周围聚合。

[0033] 如本说明书的前文所述,所述树脂穿过所述纤维前进经常伴随着气泡的产生,这会随后在最终产品中产生孔隙,这对于所述部件的机械强度方面是不能接受的。

[0034] 设置在由液态树脂和纤维形成的区域两侧的两个电极 1 和 3 使得能够在树脂聚合步骤之前检测气泡的存在,根据以下的说明会很清楚。

[0035] 交流电压 $V_{in}(t)$ 被施加到电极 1,在另一个电极 3 上测得参考电压 $V_{ref}(t)$ 。

[0036] 更具体地,电压 $V_{ref}(t)$ 被分接出包括电阻 R_{ref} 和电容 C_{ref} 的 RC 型电路,该电路插入在主体 M 和电极 3 之间。

[0037] 两个电极 1 和 3 被分开的距离基本上对应于待制造的部件的厚度。

[0038] 如在图 1 中可以看出,通过树脂和纤维形成的区域本身可以被建模为 RC 型电路,所述 RC 型电路具有其自身的电阻 R_{cap} 和其自身的电容 C_{cap} 。

[0039] 根据本发明的方法包括测量电容 C_{cap} ,开始认识到,所述电容 C_{cap} 显示了截留在树脂中的气泡的存在、数量和形状。

[0040] 理论研究显示:这些气泡的存在、数量和形状,影响了由树脂和纤维构成的区域的介电常数,并且因此影响了该区域的等效电容。

[0041] 更具体地,图 1 中所示的 RC 电路的复阻抗 $Z_{ref}(t)$ 和 $Z_{cap}(t)$ 被确定如下:

$$[0042] \quad Z_{ref}(t) = 1/(1/R_{ref} + j\omega C_{ref})$$

$$[0043] \quad Z_{cap}(t) = 1/(1/R_{caps} + j\omega C_{cap})$$

[0044] 根据这些关系可推导出,当 ω 为“高”时(即该交流电压 $V_{in}(t)$ 的频率非常高):

$$[0045] \quad C_{cap} = C_{ref} \cdot V_{ref}/(V_{in} - V_{ref}) \text{ 传感器在电容模式上运行。}$$

[0046] 以这样一种方式,有关 $V_{in}(t)$ 和 $V_{ref}(t)$ 的知识使得可以找出由所述纤维和液态树脂形成的区域的等效电容 C_{cap} ;因而,由两个电极 1 和 3 形成的传感器按照电容模式来工作。

[0047] 在实践中,钢模具和传感器的电子环境会产生干扰测量的寄生(parasitic)电容。

[0048] 因此,该电容 C_{ref} 应根据该类型的法则来修改(modified):

$$[0049] \quad C_{ref(modified)}(t) = C_{ref}(t) + C_{parasite}(t)$$

[0050] 这种可以通过将电容已知的材料填充到电极之间的容积来评估,从而根据电极之间的电容的变化提供 $C_{parasite}$ (寄生电容)的演变。

[0051] 另一种可能是通过重新设置电极和参考而在电极的两侧进行同步测量。这两个电压的比值可以实现消除寄生电容。

[0052] 最后一种可能是在同一时间将保护电极维持在传感器所允许的相同电位,因而不只抑制边缘效应,而且抑制外部干扰。

[0053] 反之,低 ω 值工作时,根据前面的关系推导出:

$$[0054] \quad R_{cap} = R_{ref} \cdot (V_{in} - V_{ref})/V_{ref} \text{ 传感器在电导性模式上运行。}$$

[0055] 因此,可以确定由液态树脂和纤维形成的区域的等效电阻 R_{cap} :由电极 1 和 3 所形成的传感器然后在电导模式运行(可以在随后明智地除去参考不再有用的电容)。

[0056] 因此,当在高频率工作并分析电压 $V_{ref}(t)$,可以正好在所述液态树脂聚合之前获得有关气泡存在、数量和形状的信息。

[0057] 根据该信息的结果,可以纠正若干工艺参数,如树脂注入压力,以尽量减少在树脂中的气泡,并因此避免最后聚合部件具有不可接受的孔隙率。

[0058] 更具体地,用于分析所述电压 $V_{ref}(t)$ 的所需设备是信号处理装置,其可以包括信号调节器,为采样-保持电路提供模拟信号,所述采样-保持电路又连接到模拟-数字转换

器。

[0059] 采样 - 保持电路的作用是收集瞬时值,并在至少一次转换所需的时间期间内在模拟 - 数字转换器的输入端保持所述瞬时值。

[0060] 采样 - 保持电路和模拟 - 数字转换器可以由一个逻辑电路控制,所述逻辑电路给出了在所选择时刻的采样顺序。

[0061] 这样的逻辑功能可以通过简单的布线逻辑系统或微处理器来执行,所述微处理器为编制所需的管理程序提供了可能性。

[0062] 模拟 - 数字转换器的输出可以由计算机处理(参见下面关于气泡比率的说明)或存储供以后分析,甚至通过数字 - 模拟转换器重构原模拟形式,并且在所述工艺的控制中使用。

[0063] 如图 2,在两个电极 1 和 3 的外围,当然有边缘效应 5,7,这可能破坏测量的可靠性。

[0064] 这就是为什么要在两个电极 1 和 3 的外围添加保护电极 9,11 和 13,15,以这样一种方式,使电极 1 和 3 避免边缘效应,并因此获得极可靠的电压测量。

[0065] 采用前面所述的测量设备得到的典型结果示于图 4 中。

[0066] 图 4 的曲线图的横坐标表示时间,而该曲线图的纵坐标表示测得的电压 $V_{ref}(t)$ 的值。

[0067] 直线 F 表示朝向两电极 1 和 3 右侧的树脂前沿通过。

[0068] 如该图所示,因此,该电压 $V_{ref}(t)$ 在树脂前沿 F 到达处急剧地升起,然后一旦该前进前沿通过,该电压继续不显著地上升。

[0069] 虚线曲线 V_{max} 表示在两个电极 1,3 之间流过的该液态树脂中完全没有气泡时 V_{ref} 的理论值;可以看到,在这个假设中,电压 $V_{ref}(t)$ 会在所述树脂的前进前沿通过后不久达到完全平直段。

[0070] 确定树脂中气泡的比率的第一种方式是根据电容模式操作上述设备,也就是以高频率的交流电压 $V_{in}(t)$ 施加到电极 1。

[0071] 通过将所述两个电极 1 和 3 之间的气泡、树脂和纤维的比率命名为 Φ_v , Φ_r , 以及 Φ_f , 满足关系 $\Phi_v + \Phi_r + \Phi_f = 1$ 。

[0072] 通过将真空、树脂、纤维和复合材料的介电常数常量分别命名为 ϵ_v 、 ϵ_r 、 ϵ_f 和 ϵ_t , 得到当所述设备工作在电容模式时该类型的关系 $\Phi_v = f(\epsilon_v, \epsilon_r, \epsilon_f, \epsilon_t, \Phi_f, C_{cap})$ 。

[0073] 因而,可以根据这种类型的关系推导出气泡率 Φ_v 的值。

[0074] 另一种来确定这个比率的方式是在电阻模式下操作上述测量设备,即使用相对低的频率的交流电压 $V_{in}(t)$ 。

[0075] 在这个特定的操作模式下,其显示出在 V_{max} 和 $V_{ref}(t)$ 之间有正比关系(参见图 4),这两个值之间的比例系数代表了在两个电极 1 和 3 之间的区域的液体的饱和度 S。

[0076] 其结果是,在真空比率(气泡比率)可以表示为 $(1-S)*100$ 。

[0077] 此后,当要进一步推行尤其与气泡的形状相关的调查时,可以适当地处理代表设置在所述两个电极 1 和 3 之间的区域的电容 C_{cap} 的信号。

[0078] 事实上,该信号包括与该区域的不同成分(纤维,树脂,真空)的介电常数相关的信息,介电常数是每个成分的容积比和它们的形状(更准确地说,在所测量的容积内的成

分之间的接触表面的布置)的函数。

[0079] 然后,可以根据这些介电常数的变化和由树脂、纤维和气泡形成的区域的本构方程推导出形状因子,所述形状因子代表气泡的几何形状(圆柱形或球形)。

[0080] 鉴于前面的描述,可以理解,根据本发明的方法和设备允许,正好在聚合步骤之前,以非常简单的方式测量若干个因素,比如位于将穿过纤维织物注入的液态树脂内的气泡的存在、比率和形状。

[0081] 可以根据这些测量推导出校正动作,以限制或甚至消除最后得到多孔的复合材料部件的风险。

[0082] 这些测量也允许去检测树脂填充结束,所述树脂填充结束出现在所述树脂中不再有气泡时。

[0083] 在本说明书的上下文中仅仅示出了一对电极 1, 3, 但是,当然应当理解,在用于制造复合材料部件的模具和反模的不同部分中可以布置多对电极,以检测在由液态树脂和纤维形成的区域的不同部分的气泡的存在。

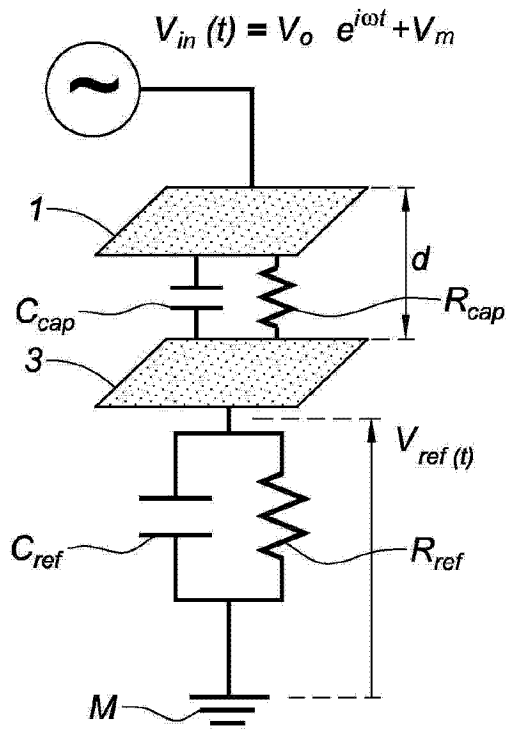


图 1

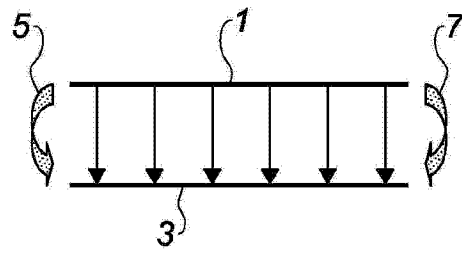


图 2

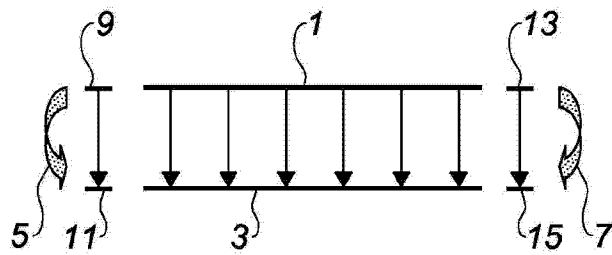


图 3

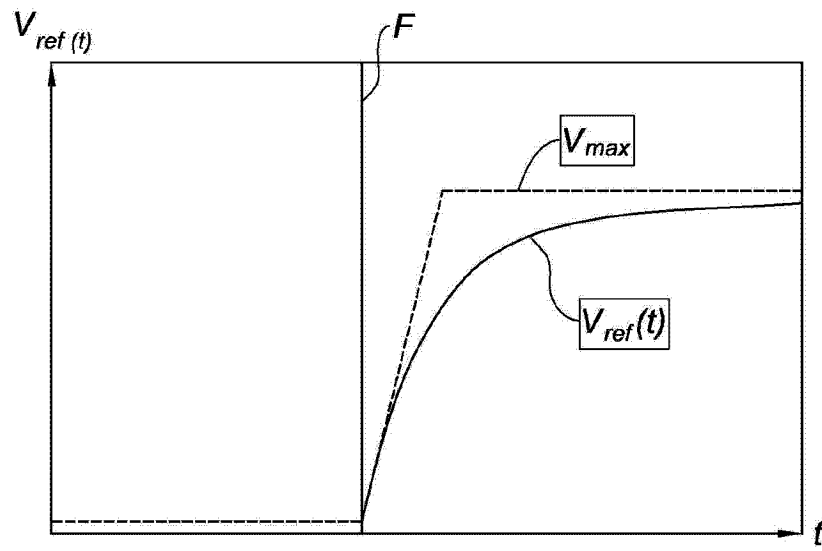


图 4