



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110809515 B

(45) 授权公告日 2021.09.24

(21) 申请号 201880045236.3

(22) 申请日 2018.07.02

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110809515 A

(43) 申请公布日 2020.02.18

(30) 优先权数据
15/641567 2017.07.05 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.01.06

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/040556 2018.07.02

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/010115 EN 2019.01.10

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 A.里亚希 T.默茨霍伊泽 X.陈
S.杜马尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公
司 72001

代理人 朱铁宏 金飞

(51) Int.Cl.
B29C 70/36 (2006.01)
B29C 70/08 (2006.01)
B29C 70/48 (2006.01)
B29L 31/00 (2006.01)

审查员 王秋晨

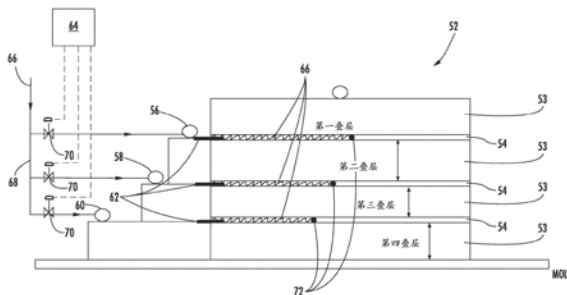
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

用于风力涡轮复合层压体的增强式全厚度树脂注入

(57) 摘要

一种风力涡轮复合层压构件和用于制备其的方法公开为初始地组装层压结构,该层压结构具有至少两个强化层以及定位成邻近该至少两个强化层中的一者的多个中间层。然后将层压结构放置到模具中,在该模具中,树脂相继地且独立地传递到该多个中间层中的每个中间层中。然后使所传递的树脂在层压结构中固化以形成复合层压构件,该复合层压构件具有该至少两个强化层、该多个中间层,以及固化的树脂。



1. 一种用于制备用于风力涡轮的复合层压构件的方法,包括:
组装层压结构,所述层压结构包括至少两个强化层,以及定位成邻近所述至少两个强化层中的一者的多个中间层;
放置所述层压结构到模具中;
相继地且独立地传递树脂到所述多个中间层中的每个层中;以及
使所传递的树脂在所述层压结构中固化以形成复合层压构件,所述复合层压构件包括所述至少两个强化层、所述多个中间层,以及固化的树脂。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个中间层包括具有范围在 1×10^{-9} 至 1×10^{-7} 平方米的固有渗透率的连续纤维垫。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,组装所述层压结构还包括将无孔剥离层片区段放置成邻近所述多个中间层的入口部分的底部。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,组装所述层压结构还包括备选地将所述至少两个强化层中的每个强化层放置成邻近所述多个中间层。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,组装所述层压结构还包括将所述至少两个强化层中的每个强化层放置成邻近彼此。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括供给所述树脂至树脂注入歧管,所述树脂注入歧管包括通向所述多个中间层的独立受控的出口。
7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括在树脂流启动所述多个中间层中的每个中间层之间提供预定的时间延迟。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述方法还包括通过测量对于所述多个中间层的树脂流锋中的至少一个用以润湿邻近强化层所要求的时间周期来确定所述预定的时间延迟。
9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法为真空辅助的树脂传递模制方法。
10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个中间层包括机织结构、针织结构、开孔泡沫结构、海绵状结构、网孔状结构、过滤器状结构,或者它们的组合中的至少一种。
11. 一种风力涡轮复合层压构件,包括:
至少两个强化层;
定位成邻近所述至少两个强化层的多个中间层;
其中,所述层压构件构造成用以:
相继地且独立地传递树脂到所述多个中间层中的每个层中;以及
使所传递的树脂在所述层压结构中固化以形成复合层压构件,所述复合层压构件包括所述至少两个强化层、所述多个中间层,以及固化的树脂。
12. 根据权利要求11所述的构件,其特征在于,所述多个中间层包括具有范围在 1×10^{-9} 至 1×10^{-7} 平方米的固有渗透率的连续纤维垫。
13. 根据权利要求11所述的构件,其特征在于,所述构件还包括无孔剥离层片区段,所述无孔剥离层片区段邻近所述多个中间层的入口部分的底部。
14. 根据权利要求11所述的构件,其特征在于,所述至少两个强化层中的每个强化层均

定位成邻近所述多个中间层。

15. 根据权利要求11所述的构件,其特征在于,所述至少两个强化层中的每个强化层均定位成邻近彼此。

16. 根据权利要求11所述的构件,其特征在于,所述构件还包括树脂注入歧管,所述树脂注入歧管包括通向所述多个中间层的独立受控的出口。

17. 根据权利要求16所述的构件,其特征在于,所述树脂注入歧管的出口根据通向所述多个中间层中的每个中间层的树脂流启动之间的预定时间延迟相继地传递树脂。

18. 根据权利要求17所述的构件,其特征在于,所述预定时间延迟通过测量对于所述多个中间层的树脂流锋中的至少一个用以润湿邻近强化层所要求的时间周期来确定。

19. 根据权利要求11所述的构件,其特征在于,所述多个中间层包括机织结构、针织结构、开孔泡沫结构、海绵状结构、网孔状结构、过滤器状结构,或者它们的组合中的至少一种。

20. 根据权利要求11所述的构件,其特征在于,所述构件包括风力涡轮叶片根部的至少一部分。

用于风力涡轮复合层压体的增强式全厚度树脂注入

技术领域

[0001] 本主题主要涉及风力涡轮,并且更具体地涉及用于注入树脂到复合风力涡轮转子叶片和其它风力涡轮构件中的系统和方法。

背景技术

[0002] 一般来讲,风力涡轮包括塔架、装设在塔架上的机舱,以及联接至机舱的转子。转子大体上包括可旋转毂以及联接至毂并且自毂向外延伸的多个转子叶片。每个转子叶片均可围绕毂隔开以便有利于旋转叶片以使动能能够转化成可用的机械能,该机械能然后可传送到设置在机舱内的发电机用于生成电能。典型地,叶片由在模具中形成的复合材料制成。例如,碳纤维复合材料、玻璃纤维复合材料,或者纤维强化塑料预成型件可经叠置并注入有树脂以将多个层结合成最终形态。

[0003] 复合注入是用于制作大型纤维强化复合结构的闭式压模工艺。在最简单的形式中,将层压纤维预成型件安装在模具表面上并且与外部模具表面密封。施用真空以从预成型件移除截留的空气并且随后允许将树脂注入到预成型中并且固化。由于典型的热固性树脂具有高粘度,故已开发出处理技术来改善树脂注入的速度和品质。树脂的流动速率 v (m/s)可表示为 $v = -K \cdot \Delta P / \mu$;其中, K 指代渗透率,该指标代表树脂浸渍到强化纤维基础材料中的容易程度, P 指代树脂的压力,以及 μ 指代树脂的粘度。在这个公式中, ΔP 代表压力梯度。随着渗透率的值的增大,用树脂浸渍强化纤维基础材料变得更加容易。能够看出,树脂的浸渍距离与所用强化纤维基础材料的渗透率和树脂的压力成正比而与树脂的粘度成反比。

[0004] 一种加工技术使用流动介质来更快地注入树脂到纤维成层结构中以便制备复合材料。具体地,流动介质用来以便将树脂分布在纤维成层结构内和增大树脂进入纤维成层结构中的注入速度。根据所制备复合构件的几何形状和最终大小,在不使用流动介质的情况下常常无法注入必要数量的树脂,因为树脂进入纤维成层结构中的流动阻力太大。

[0005] 已知的是,大量的不同流动介质可用于各种不同的处理状况。然而,对于这些不同流动介质共同的是相应流动介质的成层是有些劳动密集的,并且当树脂在复合构件内已固化之后移除相应流动介质甚至更是如此。此外,在使用期间,流动介质吸收相对大量的树脂,其随后必定被废弃。

发明内容

[0006] 本发明的方面和优点将在下文描述中部分地阐述,或者可根据该描述是显而易见的,或者可通过实施本发明而懂得。

[0007] 在一个方面,一种用于制备用于风力涡轮的复合层压构件的方法公开为初始地组装层压结构,该层压结构具有至少两个强化层以及定位成邻近该至少两个强化层中的一者的多个中间层。然后将层压结构放置到模具中,在该模具中,树脂相继地且独立地传递到该多个中间层中的每个层中。然后使所传递的树脂在层压结构中固化以形成复合层压构件,该复合层压构件具有该至少两个强化层、该多个中间层,以及固化的树脂。

[0008] 在另一方面,本主题公开一种风力涡轮复合层压构件,其具有至少两个强化层以及定位成邻近该至少两个强化层中的一者的多个中间层。层压构件构造成用以相继地且独立地传递树脂到该多个中间层中的每个层中,以及使所传递的树脂在层压结构中固化以形成复合层压构件,该复合层压构件包括该至少两个强化层、该多个中间层,以及固化的树脂。

[0009] 参照下文描述和所附权利要求,本发明的这些及其它特征、方面和优点将变得更好理解。结合在本说明书中并构成其一部分的附图例示本发明的实施例,并且连同描述一起用于阐释本发明的原理。

[0010] 附图简要说明

[0011] 本发明针对本领域普通技术人员而言全面并能够实施的公开内容(包括其最佳方式)在参照附图的说明书中阐述,附图中:

[0012] 图1例示风力涡轮的一个实施例的透视图;

[0013] 图2例示图1中所示风力涡轮的转子叶片中的一者的一个实施例的透视图;

[0014] 图3例示具有示例性中间层和强化层的模拟(modeled)层压结构;

[0015] 图4为用于具有独立且相继的树脂馈送管线的复合层压复合材料的示例性层压结构的示意图;

[0016] 图5为用于基准(或原始,baseline)复合材料和具有示例性连续纤维垫(CFM)中间层的复合材料的注入时间相对于树脂体积流动速率和温度的图解;以及

[0017] 图6为用于示例性复合材料实施例的实际和模拟构件填充时间的图表。

[0018] 在本说明书和图中对参照符号的重复使用意图表示本公开内容的相同或相似的特征或元件。

具体实施方式

[0019] 现在将详细地参照本发明的实施例,其一个或多个实例在附图中例示。每个实例均作为对本发明的阐释来提供而非对本发明的限制。事实上,本领域技术人员将清楚的是,在本发明中可作出各种修正和变型而不脱离本发明的范围或实质。例如,例示或描述为一个实施例的一部分的特征可结合另一实施例使用以产生又一个实施例。因此,本发明意图涵盖如落入所附权利要求及它们的等同方案范围内的此类修正和变型。

[0020] 一般来讲,本主题公开用于通过在层压叠层(stack)的厚度中放置高渗透率流动介质中间层来制作复合层压体(laminate)的系统和方法,其中,对于每个流动介质中间层均具有专用树脂馈送管线。对于每个中间层提供专用馈送管线显著地增大压力驱动力全厚度,其至少部分地造成填充时间的减少。贯穿复合材料厚度注入树脂通过相继地触发(或启动)树脂馈送管线来完成,这还能防止在复合结构中缺陷的形成。此外,分离层例如无孔剥离层片区段可放置在树脂馈送管线之间以防止缺陷形成。

[0021] 如文中所用的用语“纤维”意指细丝状纤维,但也可以是粗纱(纤维束)、粗纱带或垫,其可以是单纤维毡垫或者纤维粗纱垫。备选地,呈非机织、熔纺纤维垫或者织物形式的纤维可浸渍有改性聚酯基质树脂以形成用于在各种制作工艺中使用的预浸料坯。还可使用短切或研磨纤维。在本发明中使用的纤维优选地是玻璃纤维或碳纤维。所谓的用语“碳纤维”意指通过已知的工艺由诸如人造丝、聚丙烯腈(PAN)、沥青等的有机纤维或长丝前体所

获得的常规碳化或石墨化纤维中的任一种。

[0022] 如文中所用的用语“树脂”意指天然或合成树脂或者合适的聚合物。树脂可为液体烯键式不饱和单体和不饱和聚酯的组合以形成聚酯树脂组合物。树脂也可为聚酯、乙烯基酯和环氧树脂。然而,在本发明上下文中的树脂也可为包括其它化工品例如催化剂、硬化剂、促进剂以及添加剂(例如,触变的、颜料、填料、耐化学性/耐火性等)的组合系统。

[0023] 如文中所用的用语“固化”意指树脂成为耐化学作用的硬质固体。树脂中的分子将通过催化剂或硬化剂的帮助而交联,并且该过程是不可逆的化学反应。

[0024] 如文中所用的用语“多孔”用来描述充满空隙或孔隙的材料结构并且涉及一种三维结构,其允许液相在该结构的多个方向上流动,例如针织的、机织的、针刺或钩编的、泡沫的,或者过滤器状的材料。

[0025] 用语“高渗透率”被认为是介质的固有渗透率,其具有范围从 1×10^{-9} 至 $1 \times 10^{-7} \text{m}^2$ 的值,而“低渗透率”则被认为是范围从 1×10^{-10} 至 $1 \times 10^{-12} \text{m}^2$ 的值。

[0026] 现在参看附图,图1例示常规构成的风力涡轮10的一个实施例的透视图。如所示那样,风力涡轮10包括从支承表面14延伸的塔架12、装设在塔架12上的机舱16,以及联接至机舱16的转子18。转子18包括可旋转毂20,以及联接至毂20并且自其向外延伸的至少一个转子叶片22。例如,在所例示的实施例中,转子18包括三个转子叶片22。然而,在备选的实施例中,转子18可包括多于或少于三个的转子叶片22。每个转子叶片22均可围绕毂20隔开以有利于旋转转子18来使动能能够由风力转换成可用的机械能,且随后转换成电能。例如,毂20可以可旋转地联接至定位在机舱16内的发电机以允许生成电能。

[0027] 现在参看图2,例示的是在图1中所示的转子叶片22中的一者的透视图。如所示那样,转子叶片22大体上包括构造成用于将转子叶片22装设至风力涡轮10(图1)的毂20上的叶片根部34,以及设置成与转子根部34相对的叶片尖端36。转子叶片22的本体38可大体上构造成用以在叶片根部34和叶片尖端36之间延伸并且可用作为叶片22的外壳体/蒙皮。在若干实施例中,本体38可限定基本上空气动力轮廓,例如通过限定对称或弧形的翼型形状的截面。因此,本体38可包括在前缘44和后缘46之间延伸的压力侧40和吸力侧42。另外,转子叶片22可具有限定叶片根部34和叶片尖端36之间总体长度的翼展48和限定前缘44和后缘46之间总体长度的翼弦50。如通常理解的那样,随着转子叶片22从叶片根部34延伸至叶片尖端36,翼弦40可相对于翼展48在长度上变化。

[0028] 在若干实施例中,转子叶片22的本体38可形成为单个的整体构件。备选地,本体38可由多个壳体构件形成。例如,本体38可由大体上限定转子叶片22的压力侧40的第一壳体半部和大体上限定转子叶片20的吸力侧42的第二壳体半部制成,其中,壳体半部在叶片22的前缘44和后缘46处固定至彼此。另外,本体38、叶片根部34和叶片尖端36可通常由任何合适的材料形成。例如,在一个实施例中,叶片根部34可完全地由层压复合材料形成,例如碳纤维强化层压复合材料或者玻璃纤维强化层压复合材料。

[0029] 图3和图4描绘厚复合层压结构52的一部分,例如,叶片根部34的部分。层压结构52可具有至少两个强化层53,以及定位成邻近该至少两个强化层53中的一者的多个中间层54。为了消除注入树脂在填充层压结构52之前过早胶凝的风险,以及为了提高经过层压结构52厚度的树脂流锋(或流动前沿)72的速度(也即,消除慢注入),以及为了降低注入缺陷的风险,厚复合层压结构52的每个中间层54均具有附接至其的专用的、隔离的并且独立的

树脂馈送管线56、58、60。那些树脂馈送管线56、58、60在树脂注入期间使用在启动树脂馈送至每个后续中间层54之间的预定时间延迟相继地开启以将新鲜树脂引进到中间层54中,这在每个馈送管线相继地且独立地触发开启时最大化在树脂流动方向上的压力梯度。如在图4中所看到那样,树脂流锋72可在树脂流动方向上错开,使得树脂流锋72不在同一垂直平面中。计算机仿真和子构件现场试验已证实对于厚复合层压体52而言在树脂填充时间方面下降大约38%。

[0030] 例如,在其中最厚层压体在叶片壳体中所处的风力叶片根部34区段处(也即,根部构建在其上的区域),窄件的无孔(树脂不可渗透的)剥离层片62可直接地放置在每个中间层54的入口部分下方以导引直接地来自专用树脂馈送管线56、58、60的树脂流和避免在层压体的根部34端面和根部边缘围堤表面之间发生潜在的树脂急流(race)跟踪。剥离层片62可在根部构建在其上的区域中,该层片可在次要操作中修剪。

[0031] 高渗透率中间层54介质可为连续纤维垫,其具有范围在大约 1×10^{-9} 至大约 1×10^{-7} 平方米的固有渗透率。中间层54作用为结构层片并且可具有其自己的树脂馈送管线56、58、60,这些管线可单独地、独立地并且相继地由树脂流动控制电路64触发。树脂注入歧管68可经由控制阀70在每个树脂馈送管线56、58、60上供给树脂66以相继地触发树脂至每个树脂馈送管线56、58、60的供给,从而提供不易于形成注入缺陷的更快树脂注入。中间层54结构介质可为机织的、针织的、开孔泡沫、海绵状、网孔状、过滤器状,或者它们的组合。中间层54可为弹性和/或柔性材料,其可插入在层压结构52中,不但以平面的方式而且以三维弯曲的方式,例如波纹形的。

[0032] 如上文所提及那样,层压结构52填充时间和用于厚层压体的树脂流锋72的速度主要地为全厚度固有渗透率(K)和压差驱动力或压力梯度(ΔP)的函数。压力梯度(ΔP)随着树脂流动到构件中而减小并且流锋72的运动变得越来越慢。通过独立地、单独地并且相继地触发附接至每个高渗透率中间层54的中间体树脂馈送管线56、58、60,压力梯度(ΔP)重置至最大值并且由此更快地填充层压体52。高渗透率中间层54通过在平面中快速地输送树脂66而帮助树脂66流动。

[0033] 图5为示出首先触发的第一树脂馈送管线(FL),然后第二、第三和第四馈送管线独立地且相继地以可在独立测试中预定的时间延迟触发的图解,例如通过对流锋72定时以润湿该一个叠层。在图5的实施例中,强化层53的所有叠层为同等的厚度和层片。用于触发馈送管线树脂流的预定时间延迟图解为用于相继地传递树脂到这个示例性层压构件的每个中间层中的“总体时间百分比”。在第一馈送管线(FL)和第二FL之间的预定时间延迟为总体时间的大约15%。在第一中间层54和第三中间层54之间的馈送管线流预定时间延迟为总体时间的大约25%。并且在第一中间层54和第四中间层54之间的馈送管线流预定时间延迟为总体时间的大约40%。

[0034] 图6为在图5中所图解的层压构件52填充时间的图表,示出如文中所公开那样使用独立且相继的树脂流通向每个中间层54将实际填充时间(分钟)从60分钟的基准实际值降低至37分钟的实际值。模拟填充时间值接近地匹配实际值,其中,62分钟的基准改善至39分钟。实际结果和模拟结果二者都显示对于示例性构件在填充时间方面大约38%的下降。

[0035] 文中所公开的制备复合层压结构52的方法和系统可注入可固化粘稠或液体树脂到中间层54中,其中,树脂强化层53在模具中成层。中间层54可为预固化固体层,其由相比

于强化层53就树脂而言具有更高固有渗透率的材料制成。尽管如用于纤维强化层53那样可使用相同材料用于中间层54,但如果不同的材料用于形成中间层54则可能是有利的。这可提供在固化树脂之后中间层54相对于纤维强化层53的期望刚度比。另外,中间层54可为波纹形以增加对于树脂流可利用的空间。

[0036] 本书面描述使用实例来公开包括最佳方式的本发明,并且还使得本领域普通技术人员能够实施本发明,包括制作和使用任何装置或系统以及执行任何所并入的方法。本发明可取得专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它实例。如果此类其它实例包括与权利要求的字面语言并无不同的结构元件或者如果此类其它实例包括与权利要求的字面语言并无实质差异的同等结构元件,则认为它们处在权利要求的范围内。

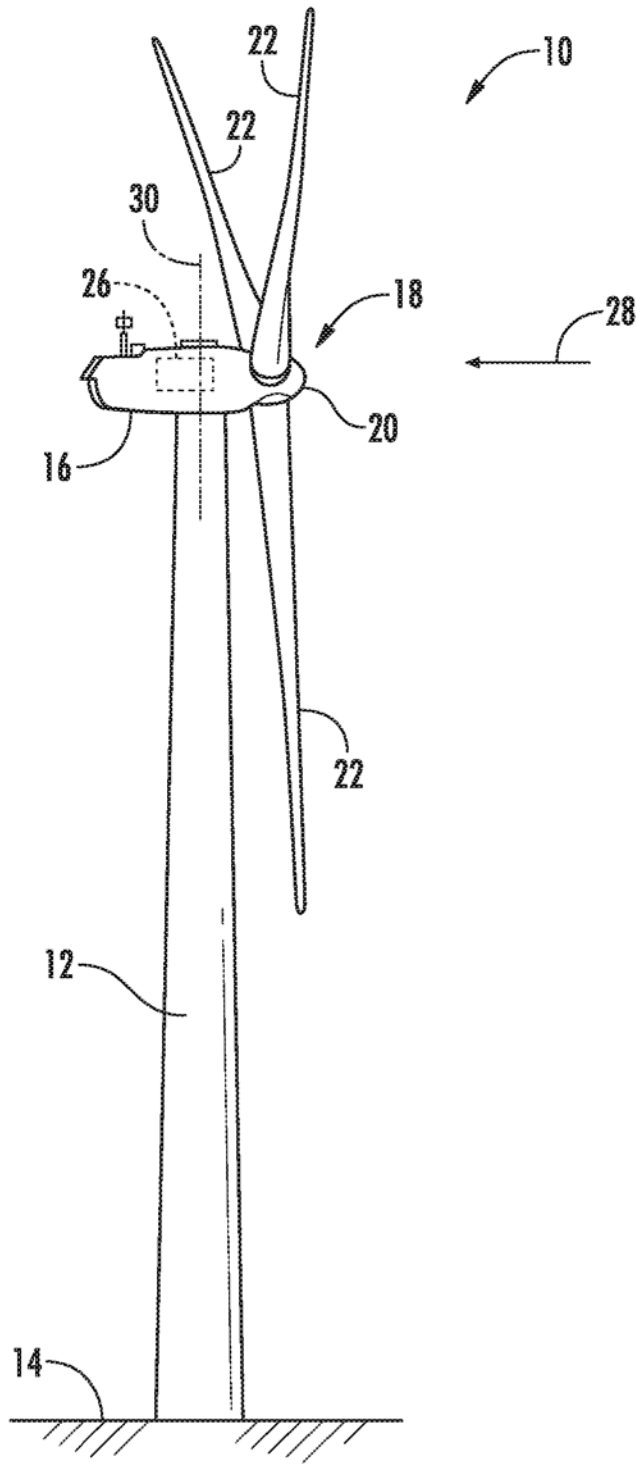


图 1

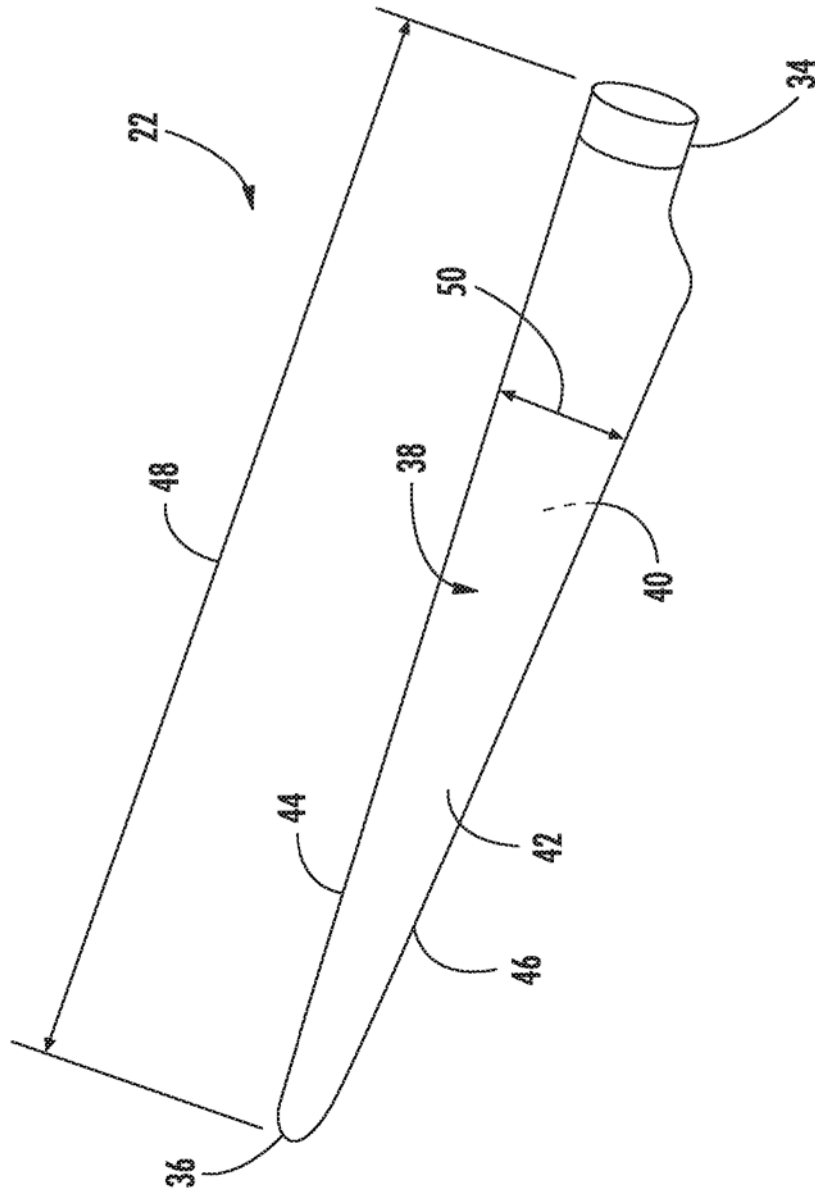


图 2

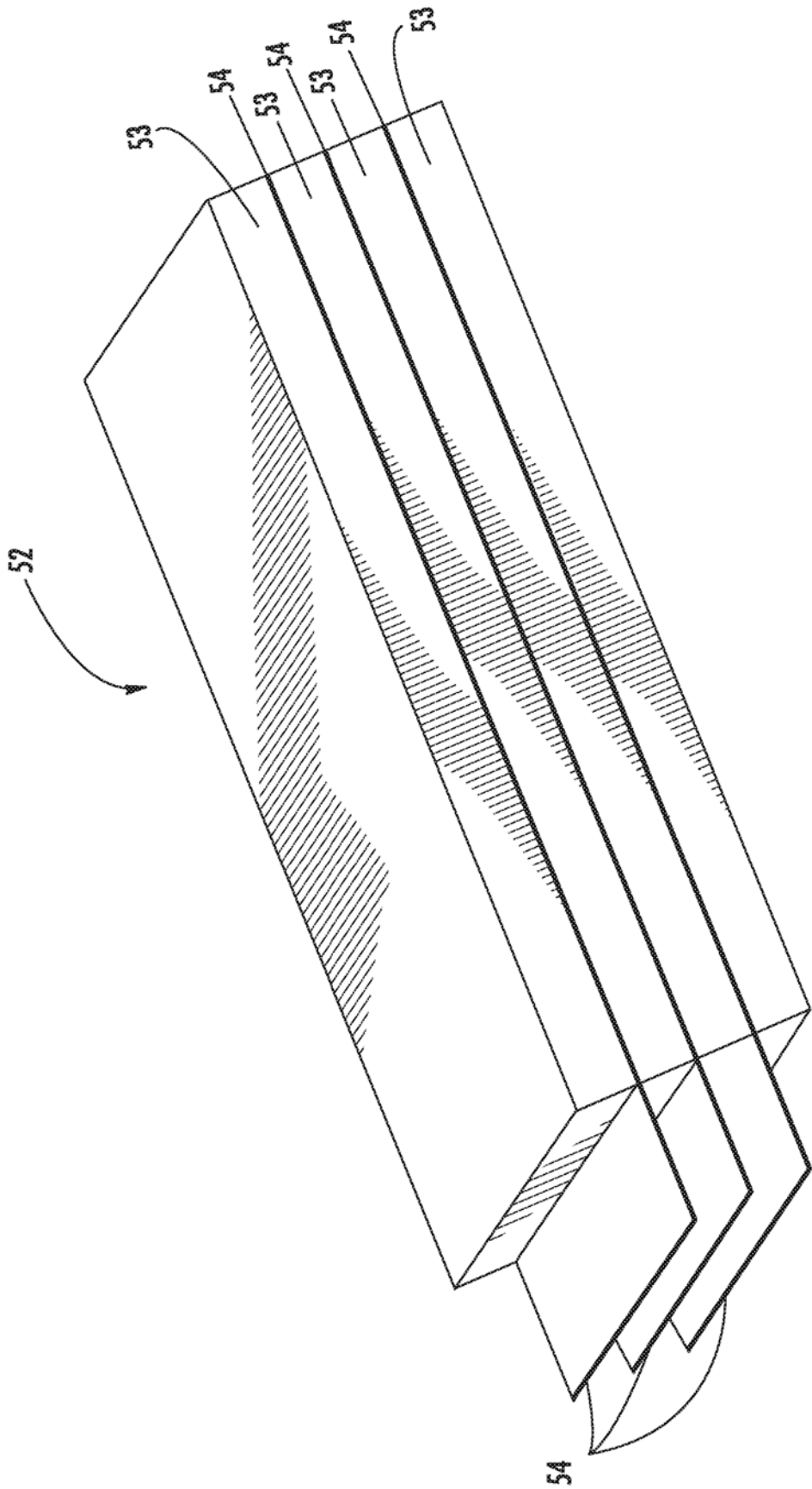


图 3

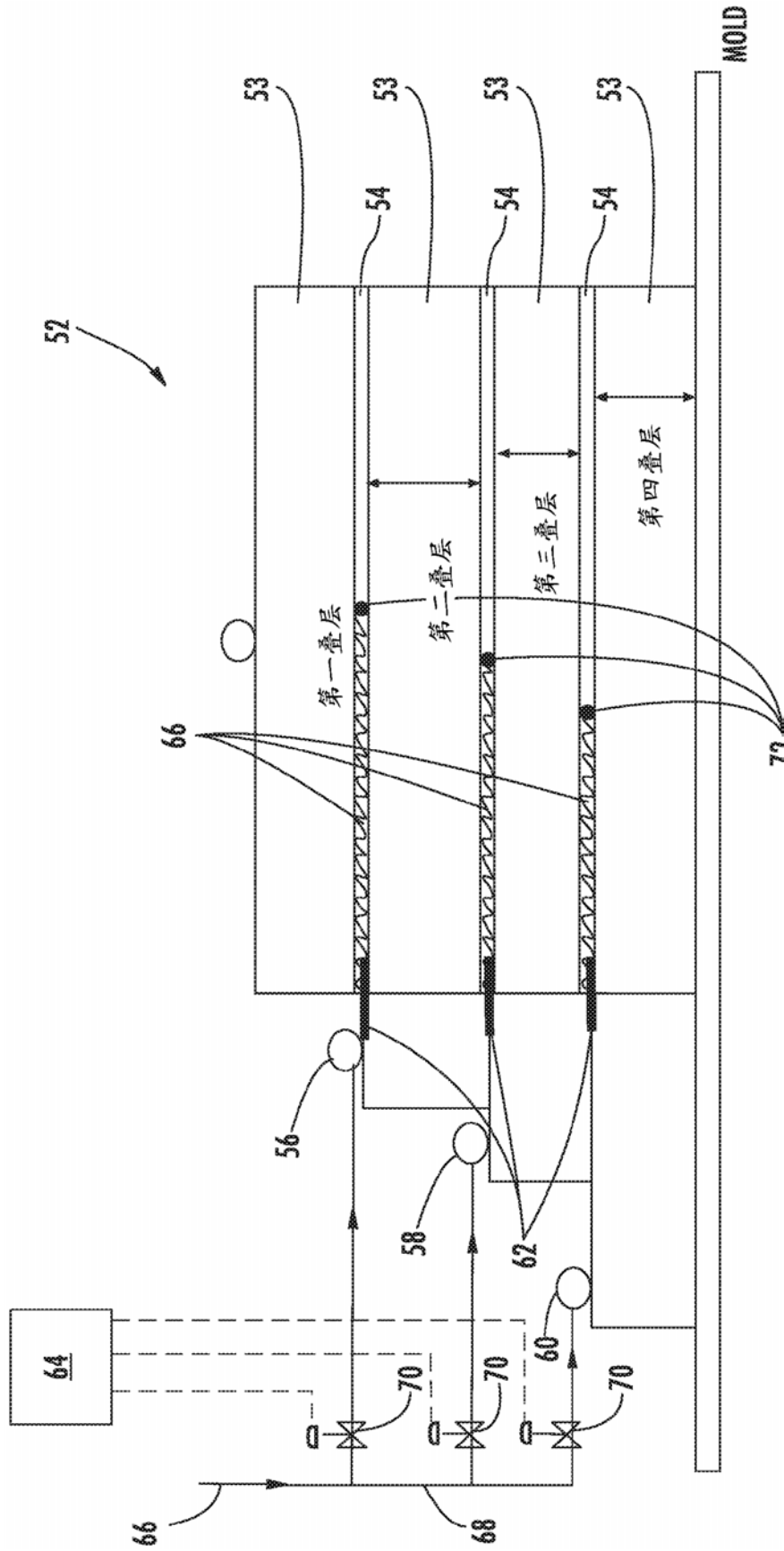


图 4

基准相对于 CFM 的台式试验

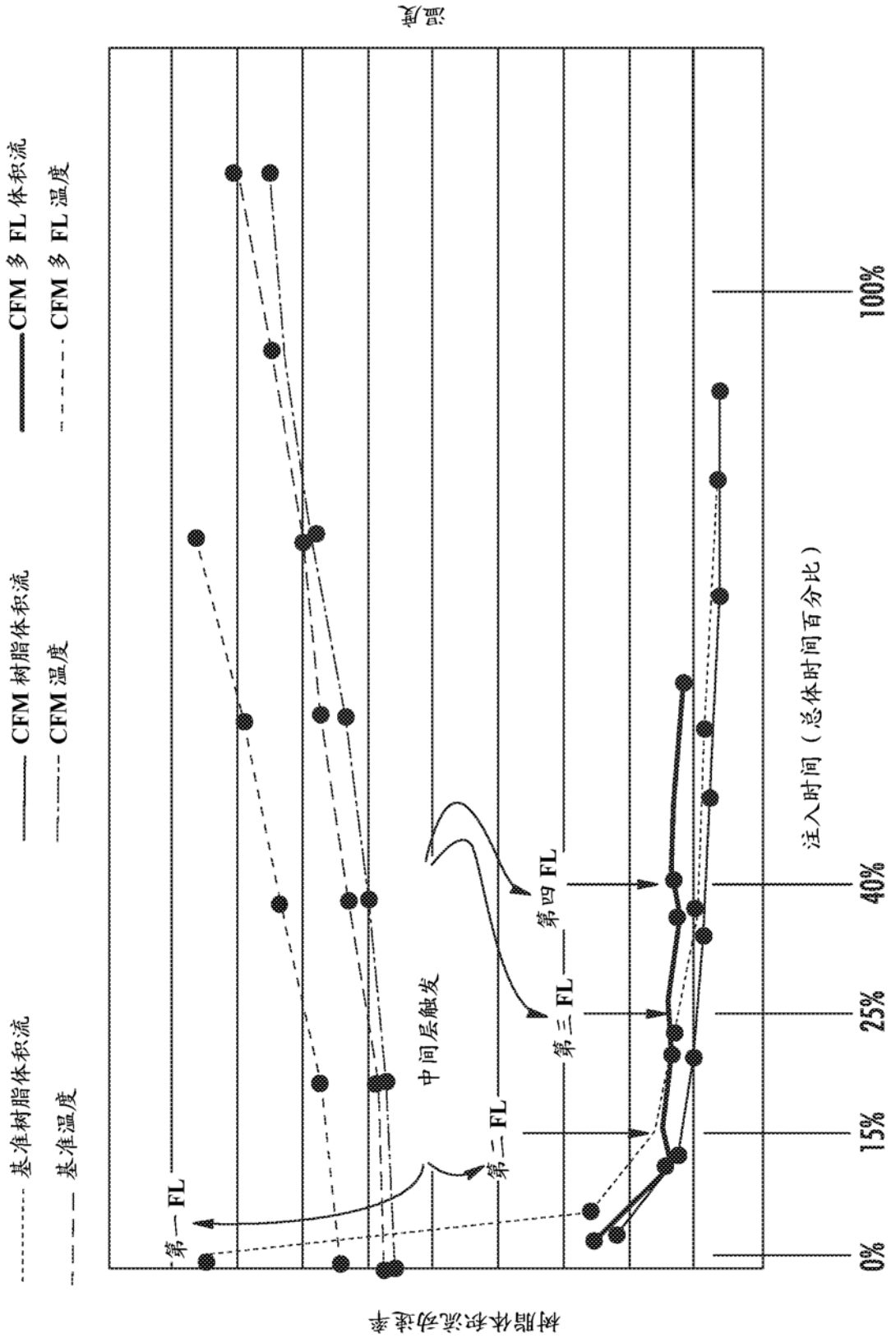


图 5

填充时间 (分钟)		
实际	模拟	
60	62	基准
37	39	具有多个 FL 的 中间层
38%	37%	下降百分比

图 6