



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104603344 B

(45)授权公告日 2020.03.31

(21)申请号 201380043635.3

(22)申请日 2013.06.24

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104603344 A

(43)申请公布日 2015.05.06

(30)优先权数据  
61/664,411 2012.06.26 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.02.15

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2013/047291 2013.06.24

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/004366 EN 2014.01.03

(73)专利权人 卡博特公司  
地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 D.A.多希 C.M.诺伍德

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
11105  
代理人 宋莉

(51)Int.Cl.  
D04H 1/42(2012.01)  
D04H 1/4209(2012.01)  
D04H 1/435(2012.01)  
D04H 1/587(2012.01)

(56)对比文件  
CN 1104393 C,2003.04.02,  
审查员 杨振威

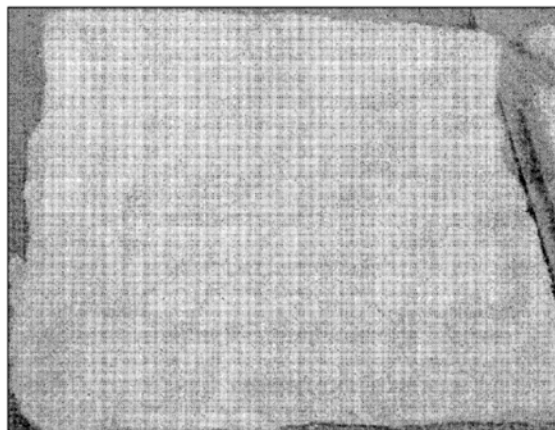
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

柔性绝缘结构及其制造和使用方法

(57)摘要

本发明公开了一种柔性绝缘结构,其包括絮状物和含有气凝胶的颗粒与粘合剂的混合物,所述含有气凝胶的颗粒浸渍至少一层所述絮状物。本发明还公开了一种用于制备柔性绝缘结构的方法,其包括将包含含有气凝胶的颗粒和粘合剂的混合物施加至具有一个或多个絮状物层的絮状物上;并且干燥或允许所述粘合剂干燥,从而形成所述柔性绝缘结构。



1. 一种用于制备柔性绝缘覆盖层的方法,所述方法包括:  
将预制的含有气凝胶的颗粒、粘合剂及水组合以形成水性浆液;和  
将所述水性浆液施加至具有一个或多个絮状物层的柔性、蓬松且纤维状的絮状物上,所述絮状物具有4mm-50mm的厚度和 $50\text{g}/\text{m}^2$ - $250\text{g}/\text{m}^2$ 的重量,其中,所述含有气凝胶的颗粒浸渍所述絮状物的至少一个层,且所述粘合剂选自石膏、石灰、水泥和灰泥;并且  
干燥或允许所述粘合剂干燥,从而形成所述柔性绝缘覆盖层,  
其中,所述含有气凝胶的颗粒具有以下性质的组合:(1)  $0.15\text{g}/\text{cm}^3$ 或更低的体积密度;  
(2)  $300$ - $1000\text{m}^2/\text{g}$ 的表面积;(3) 90%或更高的孔隙率;(4)  $3\text{mL}/\text{g}$ 或更高的孔隙体积;以及  
(5) 孔隙小于1微米的纳米多孔结构,且其中所述柔性绝缘覆盖层具有充分的柔性以便围绕物体卷缠、裹起和/或展开、弯曲或折叠。
2. 如权利要求1所述的方法,其中所述浆液还含有表面活性剂。
3. 如权利要求1所述的方法,其中所述絮状物被浸没或浸泡于所述浆液中。
4. 如权利要求3所述的方法,其中所述浸没或浸泡在存在搅动下进行。
5. 如权利要求4所述的方法,其中所述搅动是通过搅拌或振荡。
6. 如权利要求4所述的方法,其中所述搅动是以一定时间间隔来进行,所述时间间隔等于或小于进行所述浸没或浸泡所使用的时间。
7. 如权利要求1所述的方法,其中所述浆液通过倾倒、喷淋、涂刷、浸泡或其任何组合来施加至所述絮状物上。
8. 如权利要求1所述的方法,其中所述整个柔性绝缘覆盖层用预制的含有气凝胶的颗粒浸渍。
9. 如权利要求1所述的方法,其中所述柔性绝缘覆盖层用预制的含有气凝胶的颗粒来部分地浸渍或涂刷。
10. 如权利要求1所述的方法,其还包括将覆盖物层施加至所述絮状物的外部面上。
11. 如权利要求1所述的方法,其还包括将覆盖物层施加至所述柔性绝缘覆盖层的外部面上。
12. 如权利要求1所述的方法,其中所述柔性绝缘覆盖层还包括至少一个内部非絮状物层。
13. 一种包括通过如权利要求1所述的方法来制备的柔性绝缘覆盖层的制品。

## 柔性绝缘结构及其制造和使用方法

### 背景技术

[0001] 许多应用受益于使用可充当比较轻且良好的热绝缘体的材料。气凝胶,例如,通常表现出非常低的密度和非常低的热导率,并且见于多种绝缘制品中。气凝胶覆盖层,例如,可以用于管道、飞机、汽车、建筑、服装、鞋类以及其它类型的绝缘体中。

[0002] 2008年7月15日授予Lee等人并且以引用方式整体并入本文的美国专利号7,399,439描述了气凝胶覆盖层,其使用连续铸造溶剂填充的凝胶片材的工艺来形成,其中溶胶和凝胶诱导剂连续地结合以形成催化的溶胶。凝胶片通过以预定速率将所述催化的溶胶分配到移动元件上来产生,所述预定速率有效地使移动元件上的催化的溶胶发生凝胶化。溶剂通过超临界流体干燥来提取。

[0003] 2006年1月24日授予Lee等人并以引用方式整体并入本文的美国专利号6,989,123描述了使用铸造凝胶片的工艺而产生的气凝胶覆盖层,所述工艺包括:提供一定数量的纤维絮状物材料;引入一定数量的不可渗透材料,以将所述一定数量的纤维絮状物材料分离成具有多个纤维层的纤维辊预成型体;将一定数量的催化的溶胶注入纤维辊预成型体中;使纤维辊预成型体中的催化的溶胶凝胶化;除去不可渗透材料以留下凝胶材料;引入一定数量的可渗透材料,以将凝胶材料分离成多个层。间隙溶剂相一般通过超临界流体提取来除去。

[0004] 以引用方式整体并入本文的2009年12月22日授予Rouanet等人的美国专利号7,635,411描述了通过制备含水浆液来产生的覆盖层,所述含水浆液包含疏水性气凝胶颗粒、纤维以及至少一种润湿剂。优选地,疏水性气凝胶颗粒至少暂时地与纤维形成紧密混合物。然后,混合物可大致上脱水、压缩、干燥以形成网状物,所述网状物可例如通过压延来进一步加工以形成覆盖层。

### 发明内容

[0005] 考虑到需要热绝缘的广大应用,持续存在对于具有吸引人性质的柔性绝缘制品及其制造和使用方法的需求。

[0006] 在一个实施方案中,柔性绝缘结构包括絮状物和含有气凝胶的颗粒与粘合剂的混合物。含有气凝胶的颗粒浸渍至少一层絮状物。

[0007] 在另一个实施方案中,用于制备柔性绝缘结构的方法包括将包含含有气凝胶的颗粒和粘合剂的混合物施加至具有一个或多个絮状物层的絮状物上;并且干燥或允许粘合剂干燥,从而形成柔性绝缘结构。

[0008] 本文描述的制品具有低热导率并且呈现许多优势。例如,柔性绝缘结构可具有改进的火焰和燃烧性质并且可承受升高的温度。在许多实施方式中,所述结构在压缩负荷下显示良好的性能并且可具有隔音和/或电绝缘特征。

[0009] 制造本文描述的柔性绝缘结构的方法使用广泛可获得的材料、相对简单并且适合于针对工业制造工艺来规模化,使用例如气流成网和/或辊对辊技术。使用预制的气凝胶颗粒避免对于制备气凝胶覆盖层的许多现有方法所需要的原位凝胶化的需求。絮状物选择提

供精细调节性质的机会和灵活性,这些性质如热导率、升高温度下的行为、压缩负荷下的行为、抗拉强度、厚度以及其它。

[0010] 与本发明的方面相关联的其它优势涉及可灵活地添加其它添加剂以修改,例如,改进耐火特征、在较高和/或较低例如冷冻温度下的热绝缘性能、水和水蒸汽吸附特征等等。

### 附图说明

[0011] 在附图中,贯穿不同的视图,参考符号通常是指相同的部分。附图不必按比例绘制,而一般是将重点放在对本发明的原理的说明上。在附图中:

[0012] 图1是根据本发明的一个方面的绝缘柔性材料的照片。

[0013] 图2A、2B和2C示出包括总共两个织物层的夹层结构的形成。

[0014] 图3A、3B和3C示出包括总共四个织物层的夹层结构的形成。

### 具体实施方式

[0015] 包括部件的构造和组合的各种细节的本发明的上述和其它特征以及其它优势现在将更具体地参照附图来描述并且在权利要求书中指出。应了解实施本发明的具体方法和装置通过说明的方式来展示并且不作为本发明的限制。本发明的原理和特征可在各种和许多实施方案中使用而不背离本发明的范围。

[0016] 本发明总体上涉及包括一般呈一个或多个层形式的纤维组分和纳米多孔材料例如含有气凝胶的颗粒的绝缘制品(结构)、所述制品或结构的制造方法和使用方法。

[0017] 总体上,所述层呈蓬松纤维结构(即絮状物)形式,并且在许多情况下是非织造的。在非织造材料中,纤维通过无定向织网(网目)或垫子中机械联锁来保持在一起;粘合可使用介质例如像淀粉、胶水、酪蛋白、橡胶、胶乳、合成树脂、纤维素衍生物,通过融合纤维和/或通过例如在本领域中已知的其它手段来实现。在一些情况下,非织造层由长度可在约0.75至约4.5英寸范围内的卷曲纤维制成。纤维的直径可在约0.1至约10,000微米的范围内。可选择其它纤维尺寸。

[0018] 使用例如在本领域中已知的纱罗、平纹或其它编织技术的织造纤维层也可使用。

[0019] 在一些实施方案中,絮状物具有绝缘性质。例如,絮状物可具有在23°C下不大于约80mW/m-K的热导率,例如,在约20mW/m-K至约60mW/m-K的范围内,在许多情况下约25mW/m-K至约50mW/m-K的范围内。

[0020] 在其它实施方案中,絮状物适合于高温应用。举例来说,所使用的絮状物可承受高于约200°C的温度,例如,高于300°C,并且甚至高于600°C而不降解。在其它实施方案中,絮状物具有耐火性和/或阻燃性、低火焰传播性、所需的表面燃烧特征等等。

[0021] 絮状物可为柔性的,并且在具体实例中,它是以卷起方式提供。

[0022] 絮状物可由任何合适材料制成,例如像金属氧化物纤维如玻璃纤维、矿棉纤维例如石头或矿渣纤维、生物可溶性陶瓷纤维、碳纤维、基于聚合物的纤维例如聚酯、芳族聚酰胺、聚烯烃、聚对苯二甲酸乙二酯、聚合物共混物、共聚物等等、金属纤维、纤维素纤维、植物衍生纤维、其它合适纤维或纤维的组合。

[0023] 在具体实施方式中,絮状物全部或部分地由玻璃纤维制成,使用例如:A-玻璃(含

有25%苏打和石灰的高碱性玻璃,其提供良好的耐化学性,但是相对较低的电气性质);C-玻璃(具有高耐化学性的特殊混合物);E-玻璃(具有低碱含量的电气等级);S-玻璃(具有比E-玻璃高33%抗拉强度的高强度玻璃);D-玻璃(相对于E-或S-玻璃具有极好电气性质但是较小机械性质的低介电常数材料);或其它类型的玻璃纤维,例如如在本领域中已知的。

[0024] 在其它具体实施方式中,絮状物由绝缘合成聚合物材料组成、基本上由这种材料组成或包含这种材料,例如像Thinsulate™,其是由3M Corporation制造并且被标榜为提供1至1.5倍鸭绒绝缘物;或PrimaLoft®(Albany International Corporation的注册商标),一种基于合成微纤维的材料并且经常为鹅绒的可行替代品。在许多情况下,用于絮状物中的聚合物材料包括聚对苯二甲酸乙二酯或聚对苯二甲酸乙二酯与聚丙烯的混合物。在其它情况下,絮状物聚合物材料包括聚对苯二甲酸乙二酯-聚间苯二甲酸乙二酯共聚物和/或丙烯酸系物。其它聚合物,例如,聚酯、聚合物共混物、共聚物等等可用来形成絮状物。

[0025] 絮状物材料可通过它的密度来表征。合适的絮状物材料可具有在约1kg/m<sup>3</sup>至约20kg/m<sup>3</sup>范围内的密度,例如,4kg/m<sup>3</sup>。织网或网目样絮状物,例如像,由玻璃纤维制成的那些,可通过网目数量来表征,如在本领域中已知的,或以适合于描述存在于织网中(平均)开口大小的其它方式来表征。典型地,较大网目数量指示较小开口并且较小网目数量指示较大开口。

[0026] 厚度和重量是通常对于具体絮状物所规定的其它性质。例如,絮状物层可具有适合于所需应用的厚度。在具体实例中,絮状物可薄至约0.5mm或厚至约110mm。在具体实例中,絮状物为4、8、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100或102mm。较薄的絮状物可轻易地卷起,例如其可围绕较小半径来卷缠,而较厚的絮状物可提供增加的机械强度,如抗拉强度和其它性质。合适的絮状物层可具有例如至少50g/m<sup>2</sup>,例如100g/m<sup>2</sup>、150g/m<sup>2</sup>、200g/m<sup>2</sup>、250g/m<sup>2</sup>或甚至更高的重量。

[0027] 提供作为说明性实例,表1展示一些商用等级的Thinsulate™ Ultra Lite Loft的性质。

[0028] 表1

[0029]

	厚度 (cm)	重量 (g/m <sup>2</sup> )	密度 (kg/m <sup>3</sup> )
FX100	0.55	105	19.1
LL250	6.4	250	3.9
US100	1.07	128	12.0
US150	1.62	180	11.1
US200	2.14	233	10.9

[0030] 絮状物可由以例如多层方式布置的两个或更多个层制成。在许多实施方式中,多个层基本上全部由相同材料制成并且可相对于层厚度、密度、网目数量和/或其它絮状物相关参数为相同的或不同的。也可利用由不同材料制造的层,并且这类层可具有相同或不同层厚度、密度、网目数量和/或其它絮状物相关参数。

[0031] 存在于本文描述的结构中的至少一个层含有纳米多孔材料。如本文使用,术语“纳米多孔”是指具有小于约1微米,例如,小于0.1微米的孔隙的材料。合适的纳米多孔材料的实例包括但不限于金属例如像硅、铝、锆、钛、钨、钼、钇及其它的氧化物,和/或其混合物。

[0032] 在一个示范性实施方案中,纳米多孔材料是气凝胶。气凝胶是具有较大颗粒内孔

隙体积的低密度多孔固体并且通常通过从湿凝胶中除去孔隙液体来产生。然而,干燥过程可兼有凝胶孔隙中的毛细管力,这可能造成凝胶收缩或致密化。在一种制造方法中,三维结构的坍塌基本上通过使用超临界干燥来消除。湿凝胶还可使用环境压力来干燥,也称为非超临界干燥过程。当施加至例如基于二氧化硅的湿凝胶时,在干燥之前进行表面改性例如封端,以防止干燥产物中的永久收缩。凝胶可仍然在干燥期间收缩但是弹回,恢复到它从前的孔隙率。

[0033] 还从液体已经被除去的湿凝胶获得被称为“干凝胶”的产物。此术语经常指示在干燥期间通过毛细管力压缩的干燥凝胶,其由永久变化和固体网状物的坍塌来表征。

[0034] 出于便利,术语“气凝胶”在本文中以一般含义使用,涉及“气凝胶”和“干凝胶”两者。

[0035] 气凝胶通常具有低体积密度(约 $0.15\text{g}/\text{cm}^3$ 或更小,在许多情况下约 $0.03$ 至 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ )、极高表面积(一般约 $300$ 至约 $1,000$ 平方米每克( $\text{m}^2/\text{g}$ )和更高,例如约 $600$ 至约 $1000\text{m}^2/\text{g}$ )、高孔隙率(约 $90\%$ 和更大,例如,大于约 $95\%$ )和相对较大的孔隙体积(例如,约 $3$ 毫升每克( $\text{mL}/\text{g}$ ),例如,约 $3.5\text{mL}/\text{g}$ 和更高,例如,  $7\text{mL}/\text{g}$ )。气凝胶可具有孔隙小于 $1$ 微米( $\mu\text{m}$ )的纳米多孔结构。经常,气凝胶具有约 $20$ 纳米( $\text{nm}$ )的平均孔径。对于任何粘结固体材料来说,无定型结构中的这些性质的组合给出最低热导率值(例如,在 $37^\circ\text{C}$ 的平均温度和 $1$ 个大气压力下,  $9$ 至 $16\text{mW}/\text{m}\cdot\text{K}$ )。气凝胶可为几乎透明或半透明的、散射蓝光,或可为不透明的。

[0036] 常见类型的气凝胶是基于二氧化硅的。也可利用基于除了硅以外的金属,例如,铝、锆、钛、钪、钒、铀及其它的氧化物或其混合物的气凝胶。

[0037] 有机气凝胶,例如,与甲醛、树突状聚合物等等组合的间苯二酚或三聚氰胺也是已知的,并且本发明还可使用这些材料来实施。

[0038] 合适的气凝胶材料及其制备方法描述于例如 $2001$ 年 $10$ 月 $25$ 日公布的Schwertfeger等人的美国专利申请号 $2001/0034375$  A1中,其教义全部以引用方式并入本文。

[0039] 在许多实施方式中,所使用的气凝胶是疏水性的。如本文使用,术语“疏水性”和“疏水的”是指部分以及完全疏水的气凝胶。部分疏水的气凝胶的疏水性可进一步增加。在完全疏水的气凝胶中,达到最大覆盖度并且基本上所有化学上可获得的基团均予以修饰。

[0040] 疏水性可通过在本领域中已知的方法,例如像接触角测量或甲醇( $\text{MeOH}$ )润湿性来测定。关于气凝胶的疏水性的论述见于例如 $2004$ 年 $3$ 月 $23$ 日授予Hrubesh等人的美国专利号 $6,709,600\text{B}2$ 中,其教义全部以引用方式并入本文。

[0041] 疏水性气凝胶可使用疏水剂来产生,例如,甲硅烷基化剂、含有卤素并且尤其含有氟的化合物,如含有氟的烷氧基硅烷或烷氧基硅氧烷,例如,三氟丙基三甲氧基硅烷(TFPTMOS)及在本领域中已知的其它疏水性化合物。

[0042] 经常利用甲硅烷基化化合物如例如,硅烷、卤硅烷、卤烷基硅烷、烷氧基硅烷、烷氧基烷基硅烷、烷氧基卤硅烷、二硅氧烷、二硅氮烷及其它。合适的甲硅烷基化剂的实例包括但不限于二乙基二氯硅烷、烯丙基甲基二氯硅烷、乙基苯基二氯硅烷、苯基乙基二乙氧基硅烷、三甲基烷氧基硅烷例如三甲基丁氧基硅烷、 $3,3,3$ -三氟丙基甲基二氯硅烷、均二苯基四甲基二硅氧烷、三乙氧基三甲基环三硅氧烷、六乙基二硅氧烷、戊基甲基二氯硅烷、二乙烯基二丙氧基硅烷、乙烯基二甲基氯硅烷、乙烯基甲基二氯硅烷、乙烯基二甲基甲氧基硅烷、

三甲基氯硅烷、六甲基二硅氧烷、己烯基甲基二氯硅烷、己烯基二甲基氯硅烷、二甲基氯硅烷、二甲基二氯硅烷、疏丙基甲基二甲氧基硅烷、双{3-(三乙氧基硅烷基)丙基}四硫化物、六甲基二硅氮烷及其组合。

[0043] 疏水剂可在形成气凝胶和/或后续加工步骤,例如,表面处理期间使用。

[0044] 在一些实例中,气凝胶具有例如用表面活性剂处理疏水性气凝胶而获得的亲水性表面或外壳,所述表面活性剂在本文中也称为界面活性剂、分散剂或润湿剂。

[0045] 增加表面活性剂的量倾向于增加水相可渗透的深度并且由此增加包围疏水性气凝胶核心的亲水性涂层的厚度。

[0046] 本文描述的绝缘结构可包括添加剂如纤维、遮光剂、彩色颜料、染料或混合物,并且在一些情况下,这些添加剂存在于气凝胶组分中。例如,可制备二氧化硅气凝胶以含有纤维和/或一种或多种金属或其化合物。具体实例包括铝、锡、钛、锆或其它非硅质金属及其氧化物。遮光剂的非限制性实例包括碳黑、二氧化钛、碳化硅、硅酸锆及其混合物。添加剂可以任何合适的量提供,例如,取决于所需性质和/或具体应用。

[0047] 一般来说,所使用的纳米多孔材料,例如如本文描述的二氧化硅气凝胶是预制的,而非在制造绝缘结构期间原位形成。具体实施方案例如利用含有气凝胶的颗粒,例如,细粒、丸粒、珠粒、粉末或其它类型的含有气凝胶的微粒材料。合适的微粒材料可由气凝胶,例如,基于二氧化硅的气凝胶组成、基本上由所述气凝胶组成或包含所述气凝胶。

[0048] 颗粒可具有适合于预定应用的任何粒度。例如,气凝胶颗粒可在约0.01微米( $\mu\text{m}$ )至约10.0毫米(mm)范围内并且可具有,例如,0.3至5.0mm范围内的平均粒度。在许多实例中,平均粒度在约1微米至100 $\mu\text{m}$ 范围内,例如在8-10 $\mu\text{m}$ 范围内。其它合适的粒度在约0.3至约1 $\mu\text{m}$ 范围内;约1至约3、5或8 $\mu\text{m}$ ;约10至约15或约20 $\mu\text{m}$ ;约20至约35 $\mu\text{m}$ ;或约35至约50 $\mu\text{m}$ 范围内。也可使用粒度的组合。在具体实例中,考虑到如穿过絮状物的所需渗透度、所使用的絮状物的类型、絮状物层中的网目开口尺寸、絮状物或絮状物层厚度等因素来选择粒度。

[0049] 可商购获得的呈微粒形式的气凝胶材料的实例是由Cabot Corporation, Billerica, Massachusetts以Nanogel®商品名称供应的那些。Nanogel®气凝胶细粒具有高表面积、大于约90%的孔隙率并且可以广泛的粒度范围例如像,如上所述的范围来获得。具体等级的半透明Nanogel®气凝胶包括,例如,称为TLD302、TLD301、TLD201或TLD100的那些;具体等级的IR不透明Nanogel®气凝胶包括,例如,称为RGD303或CBTLD103的那些;具体等级的不透明Nanogel®气凝胶包括,例如,称为OGD303的那些。

[0050] 优选呈微粒形式的含有气凝胶的材料还可源自单块气凝胶或基于气凝胶的复合物、片材、覆盖层等等。举例来说,这类气凝胶材料的碎片可通过分解、破碎、粉碎来获得或可通过从气凝胶整料、复合物、覆盖层、片材及其它这类前体获得气凝胶颗粒的其它合适技术来获得。

[0051] 可被加工以产生含有气凝胶的材料的颗粒或碎片的材料的实例包括基于气凝胶的复合材料,如含有气凝胶和纤维(例如,纤维增强气凝胶)和任选地至少一种粘合剂的那些。纤维可具有任何合适结构。举例来说,纤维可以平行方向、垂直方向、共同方向或随机方向来定向。可存在一种或多种类型纤维。纤维可在其组成、尺寸或结构方面是不同的。在复合物中,一个类型纤维可处于不同尺寸(长度和直径)并且其定向可为不同的。举例来说,长

纤维在对齐平面中,而较小纤维是随机分布的。具体实例描述于例如2005年5月3日授予Frank等人的美国专利号6,887,563中,其教义全部以引用方式并入本文。其它实例包括至少一种气凝胶和至少一种复合泡沫塑料。气凝胶可被涂布以防止聚合物侵入气凝胶的孔隙中,如例如名称为Aerogel Based Composites的国际公布号W02007047970中所描述,其教义全部以引用方式并入本文。在其它实例中,气凝胶可得自覆盖层,例如,覆盖层片层叠在一起形成多层结构的布置。在其教义全部以引用方式并入本文的1998年8月4日授予Frank等人的美国专利号5,789,075中描述了裂化的整料并且这些整料还可充当产生本文所公开的自支撑刚性复合物的合适前体。在进一步的实例中,所使用的气凝胶包括气凝胶材料、粘合剂和至少一种纤维材料的复合物,如例如2005年5月3日授予Frank等人的美国专利号6,887,563中所描述,其教义全部以引用方式并入本文。可使用的气凝胶材料的其它合适实例是包含双组分纤维的纤维网/气凝胶复合物,如1998年7月28日授予Frank等人的美国专利号5,786,059中所公开,其教义全部以引用方式并入本文。气凝胶颗粒还可源自从湿凝胶结构产生的片材或覆盖层,如例如Lee等人的2005年3月3日公布的美国专利申请公布号2005/0046086A1和2005年8月4日公布的2005/0167891A1中所描述,其教义全部以引用方式并入本文。气凝胶类型覆盖层或片材可从Cabot Corporation, Billerica, Mass. 或 Aspen Aerogels, Inc., Northborough, Mass 商购获得。

[0052] 也可使用含有气凝胶的材料组合。例如,不同类型的含有气凝胶的材料,例如,具有不同粒度、声和/或光透射性质的粒状气凝胶的组合或混合物。还可使用气凝胶与其它材料的共混物,如例如非气凝胶纳米多孔金属氧化物,例如二氧化硅,包括但不限于煅制二氧化硅、胶态二氧化硅或沉淀二氧化硅、碳黑、二氧化钛、珍珠岩、微球体如玻璃、陶瓷或聚合物微球体、硅酸盐、共聚物、表面活性剂、矿物粉末、纤维等等。

[0053] 例如呈预制气凝胶颗粒形式的纳米多孔材料通常以与其它组分组合的形式来提供。在许多实施方案中,纳米多孔材料,例如,预制的含有气凝胶的颗粒以与粘合剂组合的形式提供。在许多实例中,粘合剂是在某些条件下凝固、硬化或变得固化的材料。出于便利,这些和类似这类过程在本文中被称为“干燥”。优选地,这些“干燥”过程是不可逆的。

[0054] 在许多实施方式中,粘合剂包括石膏、基本上由石膏组成或由石膏组成,石膏是一种基于硫酸钙半水合物( $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ )的材料。典型地,煅烧石膏(硫酸钙)以水性浆液形式使用;干燥诱导的结晶导致硫酸钙晶体形成,其连锁以为粘合剂提供机械性质。在石灰粉饰(基于氧化钙)的情况下,水性浆液形成氢氧化钙,其在大气中的二氧化碳影响下形成碳酸钙。

[0055] 其它合适的粘合剂包含一种或多种材料、基本上由所述材料组成或由所述材料组成,所述一种或多种材料如例如水泥、石灰、混合镁盐、硅酸盐例如硅酸钠、灰泥和/或其它无机物或含有无机物的组合物。水泥,例如,经常包含石灰石、粘土和其它成分,例如,氧化铝的水性硅酸盐。水硬水泥例如是在与水组合之后由于与搅拌用水的化学反应而得以凝固和硬化,并且在硬化后,甚至在水下也保持强度和稳定性的材料。此强度和稳定性的关键要求是与水即时反应时形成的水合物基本上不溶于水。水硬水泥的凝固和硬化是由于水泥组分与水之间的反应所产生的含水化合物的形成所引起。反应和反应产物分别被称为水合和水合物或水合物相。由于立即开始反应,所以可观察到变硬,最初是轻微的但是随着时间而增加。变硬达到某一水平的时点被称为开始凝固。进一步固结被称为凝固,之后硬化相开



始。然后,材料的耐压强度稳步增长,期限从在“超快硬化”水泥情况下的几天到在普通水泥情况下的几年的范围内。

[0056] 粘合剂也可由一种或多种有机材料组成、基本上由所述有机材料组成或包含所述有机材料,所述一种或多种有机材料例如像丙烯酸酯、其它胶乳组合物、环氧聚合物、聚氨基甲酸酯、聚乙烯聚丙烯和聚四氟乙烯聚合物,例如,可以Teflon™名称获得的那些。许多有机粘合剂可经由例如在本领域中已知的聚合或固化过程而变得凝固或硬化。

[0057] 粘合剂可以任何合适比率与气凝胶组分组合。实例包括但不限于100比5至100比30范围内的气凝胶与粘合剂重量比率。可选择气凝胶与粘合剂的其它比率。在具体实例中,气凝胶与粘合剂重量比率为100:10、100:15、100:20或100:25。

[0058] 本发明的一些方面使用一种或多种表面活性剂。可结合气凝胶(例如,气凝胶颗粒)和粘合剂使用的合适表面活性剂可为离子(阴离子和阳离子)表面活性剂、两性表面活性剂、非离子表面活性剂、高分子表面活性剂、高分子化合物等等。也可利用不同类型表面活性剂的组合。

[0059] 阴离子表面活性剂可包括,例如,烷基硫酸盐和高级烷基醚硫酸盐,更具体来说,月桂基硫酸铵、和聚氧乙烯月桂基醚硫酸钠。阳离子表面活性剂包括,例如,脂族铵盐和胺盐,更具体来说,例如烷基三甲基铵、和聚氧乙烯烷基胺。两性表面活性剂可为甜菜碱类型,如烷基二甲基甜菜碱,或氧化物(oxido)类型,如例如烷基二甲基胺氧化物。非离子表面活性剂包括甘油脂肪酸酯、丙二醇脂肪酸酯、脱水山梨糖醇脂肪酸酯、聚氧乙烯脱水山梨糖醇脂肪酸酯、四油酸聚氧乙烯山梨糖醇、聚氧乙烯烷基醚、聚氧乙烯烷基苯基醚、聚氧乙烯聚氧丙烯二醇(polyoxyethylene polyoxypropylene glycol)、聚氧乙烯聚氧丙烯烷基醚、聚乙二醇脂肪酸酯、高级脂肪酸醇酯、多元醇脂肪酸酯以及其它。

[0060] 可利用的表面活性剂的具体实例包括但不限于全部来自BASF的普鲁兰尼克P84、PE6100、PE6800、L121、Emulan EL、Lutensol FSA10、Lutensol XP89,来自Michelmann的MP5490,AEROSOL OT(二-2-乙基己基磺基琥珀酸钠),BARLOX 12i(支链烷基二甲基胺氧化物),LAS(直链烷基苯磺酸盐)和TRITON 100(辛基苯氧基聚乙氧基(9-10)乙醇),TWEEN表面活性剂如TWEEN 100表面活性剂,和BASF普鲁兰尼克表面活性剂以及其它。一般种类是二醇类,烷氧基化聚氧化烯脂肪醚如聚氧乙烯脂肪醚,脱水山梨糖醇酯,甘油单酯和甘油二酯,聚氧乙烯山梨糖醇酯,聚合物表面活性剂如Hypermen聚合物表面活性剂,椰油-PG-二铵氯化物磷酸钠和椰油酰胺丙基PG-二铵氯化物磷酸钠,磷酸酯,聚氧乙烯(POE)脂肪酸酯,Renex非离子表面活性剂(环氧乙烷与不饱和脂肪酸和杂环树脂酸反应形成的非离子酯),醇乙氧基化物,醇烷氧基化物,环氧乙烷/环氧丙烷嵌段共聚物,脱水山梨糖醇酯的聚氧乙烯衍生物或其组合。

[0061] 表面活性剂的具体量可考虑到因素如粒度、表面活性剂类型和/或其它合适标准来选择。在许多情况下,表面活性剂与含有气凝胶的颗粒和粘合剂的量的重量比是至少约1:100,例如,约10:100至约30:100。可利用的示例性比率包括5:100、15:100、20:100或25:100、35:100。

[0062] 可存在其它成分。如本文使用,术语“另一种成分”、“其它成分”或“额外成分”是指所使用的预制纳米多孔材料(例如,含有气凝胶的颗粒)以外的化合物或材料。举例来说,如果利用Nanogel®气凝胶颗粒,那么术语“其它成分”是指可与所使用的Nanogel®气凝胶

颗粒组合,而非与已经存在于 Nanogel® 气凝胶颗粒中或其表面上的成分组合的成分。这些其它成分可用于提供对最终产物的增强、湿润气凝胶颗粒的外表面、增加对于絮状物基质的粘附从而使得组合物更可能粘在具体絮状物材料上、提供或增强组合物或成品绝缘制品中所需要的其它特征,或出于其它原因。

[0063] 可使用的其它成分的实例包括但不限于遮光剂、粘度调节剂、固化剂、增加或减缓粘合剂硬化速率的试剂、促进机械强度的试剂或材料、粘度调节剂、pH调节剂、增塑剂、润滑剂、增强物、阻燃剂(例如像含有卤素的化合物、溴酸盐、硼酸盐、三氢氧化铝、氢氧化镁、其它氧化物和/或在纤维、塑料和复合物领域中已知的其它化合物)以及其它。也可利用其它成分的组合。

[0064] 在具体实例中,其它成分选自纤维、煅制二氧化硅、胶态二氧化硅或沉淀二氧化硅、包括但不限于碳黑和二氧化钛的遮光剂、珍珠岩、微球体如玻璃或聚合物微球体、硅酸盐例如硅酸钙、共聚物、表面活性剂、矿物粉末、构膜组分、表面活性剂及其任何组合。

[0065] 纤维,例如,通常具有细长的、例如圆柱形形状,其中长度与直径纵横比(length to diameter aspect ratios)大于1,优选地大于5,更优选地大于8。在许多实例中,合适的纤维具有至少20的长度直径比。纤维可为织造、非织造、短切或连续的。纤维可为单组分、双组分,例如,包括由一种材料制成的核心和由另一种材料制成的鞘层,或多组分。纤维可为中空或实心的并且可具有扁平、长方形、圆柱形或不规则的横截面。纤维可为松散的、短切的、成束的、或连接在一起成织网或稀松织物。

[0066] 可添加的纤维的实例包括矿棉纤维,例如,玻璃、石头或矿渣纤维;生物可溶性陶瓷纤维;或织造、非织造或短切形式的连续制造的玻璃或石头纤维。碳纤维、基于聚合物的纤维、金属例如钢、纤维、纤维素纤维、源自植物例如棉花、木材或大麻的纤维。也可以使用纤维的组合。

[0067] 添加的其它成分的量可取决于具体应用以及其它因素。因此,其它成分可以大于混合物的总重量的0重量%的量存在,例如,大于2重量%、例如大于5重量%、大于10重量%、大于15重量%、大于20重量%或大于25重量%。它们可以小于约90重量%,例如,小于约75重量%或小于50重量%的量存在于组合物中。

[0068] 干混合或湿混合技术可用于将纳米多孔材料(如预制的含有气凝胶的颗粒)、粘合剂以及(如果使用的话)表面活性剂和/或其它成分组合。两种、更多种或所有组分可同时添加。成分也可使用任何合适顺序来依序组合。

[0069] 在许多实施方案中,起始材料中的一种或多种含有液体并且混合产生浆液。在其它实施方案中,干燥起始材料可以任何合适顺序来与液体组合,并且混合可用于产生浆液。

[0070] 混合可手动地进行(例如,通过手动搅拌或振荡)。在具体实施方式中,浆液借助于掺合器或混合器,例如像水泥混合器、手持式或工业叶轮来形成。也可利用带式掺合器、双带式刀片、行星混合器以及例如在本领域中已知的其它合适混合设备。在一些情况下,刀片设计和/或性质,例如,增加的刀片锐度,可减少完成混合过程和在一些情况下最终产物的性质所必需的时间量。在具体实例中,使轻质颗粒,例如,气凝胶颗粒强制进入液相中。在其它实例中,将液滴提升成更轻的颗粒。

[0071] 参数如液体和/或固体材料的混合速度、温度、剪切度、顺序和/或添加速度,以及其它可加以调节并且可取决于规模操作、化合物的物理和/或化学性质等等。

[0072] 可选择混合技术以改变(通常减少)气凝胶颗粒的绝对尺寸。在具体实例中,所选择的混合技术提供足够剪切力以减小至少一些气凝胶颗粒的尺寸,例如以改进气凝胶材料在所使用的絮状物中和/或穿过所述絮状物的渗透。在其它实例中,例如,在起始气凝胶颗粒具有适合于具体絮状物的粒度的情况时,可利用更温和的混合技术。在其它实例中,选择混合技术以修改气凝胶颗粒的粒度分布。进而,粒度分布的变化可用于提供改进的颗粒充填效率。

[0073] 混合可在室温下或其它合适温度下进行。典型地,组分在环境空气中组合但是可提供特殊气体气氛和/或压力。

[0074] 在许多情况下,浆液是水性的,即,它的液相含有超过50%体积百分比的水。也可使用非水性浆液。这类非水性浆液可含有一种或多种有机化合物,例如像有机溶剂、表面活性剂、稀释剂等等。非水性浆液可含有约0至约50体积百分比,例如,5、10、15、20、25、30、35、40、45或49体积%的量的水。

[0075] 浆液粘度考虑到例如像所使用的絮状物材料的类型、絮状物厚度、用浆液处理的絮状物层的数目、用于以浆液处理絮状物的技术等因素来选择。较密和/或较厚的织网,例如,可受益于使用低粘度浆液,而更粘稠的浆液可结合薄的和/或开放的织网来使用。在许多情况下,浆液具有约2,000厘泊(cp)至约100,000cp范围内的粘度,例如,10,000cp;20,000cp;30,000cp;40,000cp;50,000cp;60,000cp;70,000cp;80,000cp;或90,000cp。

[0076] 絮状物可通过各种工艺用浆液处理。在许多实施方案中,一个或多个絮状物层用浆液浸渍。在一些实施方式中,所选择的工艺提供所使用的至少一个絮状物层的渗透。在其它实施方式中,所述工艺提供穿过两个或更多个絮状物层的渗透。在一个实例中,浆液被施加至第一絮状物层上,然后由第二絮状物层来覆盖。然后将浆液施加至第二絮状物层并且所述工艺针对所需层数来继续进行。在进一步的实施方式中,所选择的方法适合于规模化或工业过程,例如像气流成网和/或辊对辊制造。

[0077] 预期将浆液施加至絮状物的具体技术包括但不限于:将絮状物浸渍或浸没于浆液中,例如,伴以或不伴以浴槽搅动,将浆液倾倒在絮状物上、输注、用浆液喷淋或涂刷絮状物和/或如例如在本领域中已知的其它工艺。发现将絮状物浸泡于浆液中尤其适用于浸渍多(两个或更多个)层絮状物。在具体实施方式中,浸泡在振荡、搅拌或另一种合适形式的搅动存在下进行,历时整个浸泡期或较小的时间间隔。也可使用浸没浴槽的间歇搅动。

[0078] 将浆液施加至絮状物上可在环境条件,例如,室温和/或大气压力下或在其它合适条件下进行。例如,絮状物可在高于室温的温度下处理。压力差可用于例如促进浆液穿过絮状物中的网开口的渗透。

[0079] 在许多实施方式中,含有气凝胶的颗粒分布于单一或多层絮状物的整个厚度。含有分布于所使用的所有絮状物层的整个厚度中的气凝胶(或其它纳米多孔材料)的绝缘结构可被称为“浸渍”结构或制品。在“部分”浸渍结构中,气凝胶(或其它纳米多孔材料)分布于所使用的一些但是并非所有絮状物层中。在“涂刷”绝缘结构中,气凝胶(或其它纳米多孔材料)存在于结构的一个面但是未渗透至涂刷层的相反面,例如,多层布置中的外部絮状物层的内部面中。

[0080] 处理过的絮状物可例如在室温下或在高于室温下,使用空气或特殊气氛例如惰性气体来干燥。干燥可通过简单地干燥浆液或通过使用烘箱、干燥室、引导至含有浆液的絮状

物的气体流、抽吸真空穿过处理过的絮状物,或例如在本领域中已知的任何其它合适干燥装置来进行。在具体实例中,干燥步骤使用适合于规模化或工业制造过程的设备和/或技术来进行。

[0081] 所述结构可包括额外元件。举例来说,本文描述的结构的一个或两个外部(外)面可用薄膜、箔、涂层或另一种类型保护外层来覆盖,以提供反射涂层、防水层或水蒸汽阻隔层,以形成多重布置。

[0082] 为了产生这类结构,例如由薄膜、箔、涂层或另一种合适材料制成的一个或多个覆盖物层可在制造过程期间或之后的任何合适时间固定至结构的一个或两个外部面上。例如,覆盖物可提供于外部絮状物层的外部面处,然后施加混合物(浆液)。在其它情况下,覆盖物可附接至成品结构的外部面。当结构的两个(外部)面被覆盖时,覆盖物层可相同或不同。举例来说,两个涂层可由相同的水或水蒸汽阻隔层材料制成。在其它情况下,一个覆盖物层可被设计来在展开期间提供保护,而另一个覆盖物层可为反射薄膜。

[0083] 覆盖物可通过任何合适手段附接。例如,它可层叠、胶合、涂刷、喷涂、通过机械构件如卡钉、扣件来紧固等等或以其它方式粘合至絮状物或成品结构的外部面。

[0084] 额外元件也可以由除了絮状物材料以外的材料制成的一个或多个内部层形式来提供。在制造这类结构的一种方法中,一个或多个非絮状物层与絮状物层穿插并且所述方法可适于确保一个或多个絮状物层变得用浆液浸渍。可利用浸没技术、将浆液依序施加至每个絮状物层或其它合适方法。

[0085] 所述结构可含有至少一个内部非絮状物层和至少一个覆盖物层。

[0086] 所得结构(制品)可呈覆盖层、垫子、片材、柔性板等形式。所述结构具有至少一定的灵活性,并且在许多情况下具有充分的柔性来使得以下操作变成可能:将结构围绕物体卷缠、裹起和/或展开它、弯曲、折叠以及含有气凝胶的覆盖层或柔性复合物所需要的其它操作。根据本文描述的实施方案的绝缘柔性材料的照片展示于图1中。

[0087] 在许多情况下,本文描述的柔性绝缘结构具有热导率(在23°C和1个大气压下),其不大于约50毫瓦除以米乘以开氏温度( $\text{mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ),例如,不大于约30,例如不大于约25并且在许多情况下不大于约23 $\text{mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

[0088] 所述结构可具有其它性质如特定光透射特征,例如,透射至少一些可见光、隔音性质,例如,声音吸收和/或声音反射特征。本文描述的绝缘柔性结构还可具有电绝缘性质。

[0089] 还可提供与防火安全要求相关联的性质,如例如总热含量、火焰蔓延指数、表面燃烧特征、可燃性。

[0090] 在许多实施方式中,所述结构能够承受至少150°C,经常至少300°C的温度,例如,在约100°C至约800°C的范围内,例如像在约200°C至约600°C的范围内,而没有显著劣化。

[0091] 在许多情况下,所述结构具有疏水性质。

[0092] 所述结构可在压缩负荷下表现良好,具有例如负荷承载性质。

[0093] 所述绝缘、柔性结构可用于使管道绝缘,例如,在管中管布置、容器或其它工业设备中、在建筑、汽车、船舶、飞机以及其它应用中、在服装、鞋类、运动器材中等等。在许多实施方式中,所述结构用于高温应用,例如,在约150°C至约800°C的范围内。在一个实例中,使物体绝缘的方法包括将如权利要求1所述的柔性绝缘结构并入含有物体的制品中;并且将制品暴露于至少150°C的温度。

[0094] 例证

[0095] 实施例1

[0096] 使用来自Waring Products,CT的Waring Commercial 7010G Blender混合器在低(Low)设置下,将300g脱离子水、0.33g普鲁兰尼克P84的50%溶液(BASF)、16.7g硫酸钙半水合物(Sigma Aldrich)和33g TLD302等级**Nanogel®**气凝胶掺合3分钟以形成混合物(或浆液)。

[0097] 将混合物倾倒入两个种类的合成微纤维热绝缘体上,即:Thinsulate™100(来自3M)和**PrimaLoft®** 1.8oz(其中衬背予以移除)。45分钟之后,检查样品显示仅水渗透穿过**PrimaLoft®**绝缘并且没有东西渗透穿过Thinsulate™材料。认为Thinsulate™绝缘中的絮状物干扰气凝胶颗粒的渗透。

[0098] 实施例2

[0099] 使用Waring Commercial 7010G Blender在“低”设置下,将500g脱离子水、0.33g普鲁兰尼克P84的50%溶液(BASF)、16.7g硫酸钙半水合物(Sigma Aldrich)和33g TLD302等级**Nanogel®**气凝胶掺合3分钟。

[0100] 将混合物倾倒入衬背予以移除的**PrimaLoft®**样品上。**PrimaLoft®**材料由4层织物构成。研究几组样品,样品中的每层对应于**PrimaLoft®**织物的1/4。组#1样品具有一个层;组#2样品呈一个层夹层(sandwich)形式;组#3样品具有两个层;并且组#4样品具有双层夹层布置。

[0101] 在“夹层”布置中,将一个或两个层安置下来,混合物倾倒入底层的上表面上并且将一个或两个层安置于顶部。

[0102] 为了示出,图2A中展示例如底部织物层12。将含有气凝胶和粘合剂的混合物14添加至层12的上表面,如图2B中展示。然后,将织物层16安置于混合物14的顶部上,得到含有两个层(12和16)的夹层结构,如图2C中展示。

[0103] 具有超过两个层的夹层结构可如图3A至3C示出来制备。图3A示出两个叠加底部织物层,具体是织物层22和24。将混合物14(含有气凝胶和粘合剂)添加(倾倒)于织物层24的上表面处,如图3B中展示。所述结构通过将层26和28覆盖于混合物14的顶部来完成,得到含有超过2层的夹层结构(在此情况下总共四个层),如图3C中展示。

[0104] 24小时之后,对于一层样品中的每一个(组#1),混合物已渗透穿过所述层到达底部。当拉开时,夹层的一层样品(组#2)在任一侧具有相等量的干燥混合物。对于双层样品(组#3),混合物未渗透至底部。当拉开时,双层夹层类型样品(组#4)呈现出干净的顶层,没有干燥混合物。

[0105] 实施例3

[0106] 使用来自Waring Products,CT的Waring Commercial 7010G Blender混合器,将500g脱离子水、0.33g普鲁兰尼克P84的50%溶液(BASF)、16.7g硫酸钙半水合物(Sigma Aldrich)和33g TLD302等级**Nanogel®**气凝胶(粒度在1.2至3.2mm范围内)在Lo设置下掺合3分钟。

[0107] 如下将部分混合物安置于塑料螺旋盖容器中。容器#1包含混合物与**PrimaLoft®**

的2个单层工件；容器#2包含混合物与1层厚PrimaLoft®的45个2cm×2cm工件。将两个容器振荡1小时。将样品移除并且平坦放置在模具中并且允许干燥过夜。两种方法都产生以Nanogel®气凝胶混合物良好浸渍的PrimaLoft®样品。

[0108] 实施例4

[0109] 混合物包含与上述实施例3中使用的相同成分和量，例外之处是使用等级TLD201（粒度为1至30微米，d50为8-10微米）Nanogel®类型气凝胶（而非实施例3的TLD302等级）。掺合通过手动进行并且混合物与单层大工件和单层2cm×2cm工件一起振荡并且干燥过夜。发现样品以含有气凝胶的混合物良好浸渍。

[0110] TLD201等级Nanogel®气凝胶具有8-10微米的粒度，认为与使用TLD302等级Nanogel®类型气凝胶和机械掺合所获得的剪切粒度大致相同。结果指示两种方法都产生良好浸渍的样品。

[0111] 实施例5

[0112] 使用来自Waring Products,CT的Waring Commercial 7010G Blender混合器，将500g脱离子水、0.33g普鲁兰尼克P84的50%溶液（BASF）、16.7g硫酸钙半水合物（Sigma Aldrich）和33g TLD302等级Nanogel®气凝胶在Lo设置下掺合3分钟。

[0113] 将混合物安置于一加仑塑料容器中。将完全层状（fully layered）（所有4个PrimaLoft®层）材料（其中衬背得以移除）切割成6”×6”（样品A）。将另一块完全层状的PrimaLoft®材料切割成样品或4cm×2cm（样品B）。所有这些样品浸泡于混合物中5分钟，之后将其安置于金属丝网漏斗上。多余液体通过施加真空来除去。另一个样品（样品C）由6”×6”PrimaLoft®的两个完全层状工件制成，将其浸泡，然后彼此叠置（总计8层）并且允许干燥（Another sample (Sample C) was made from two fully layered pieces of 6”x 6” PrimaLoft® that were soaked then placed on top of one another (for a total of 8layers) and allowed to dry)。所有样品在80℃烘箱中连续干燥16小时。

[0114] 热导率测量根据ASTM C518方法在来自Lasercomp,MA的Lasercomp Model Fox 200上进行。

[0115] 样品A具有25.57mW/m·K的热导率并且样品C具有23.46mW/m·K的热导率。由多个较小工件制成的样品（样品B）的扁平度不足以允许热导率测量。

[0116] 样品A和C都是可弯曲和可切割的。样品B的刚性更大。

[0117] 其它观察结果

[0118] 发现抽吸真空有助于干燥过程，但是似乎对于抽吸浆液穿过绝缘材料如PrimaLoft®是无效的。

[0119] 搅拌和振荡似乎有利于浸渍PrimaLoft®材料，并且在处理完全层状的PrimaLoft®时尤其有用。

[0120] 虽然本发明已参考其优选实施方案进行具体显示和描述，但是本领域技术人员应了解，可在不脱离由随附权利要求书所涵盖的本发明的范围的情况下在形式和细节方面在其中做出各种改变。

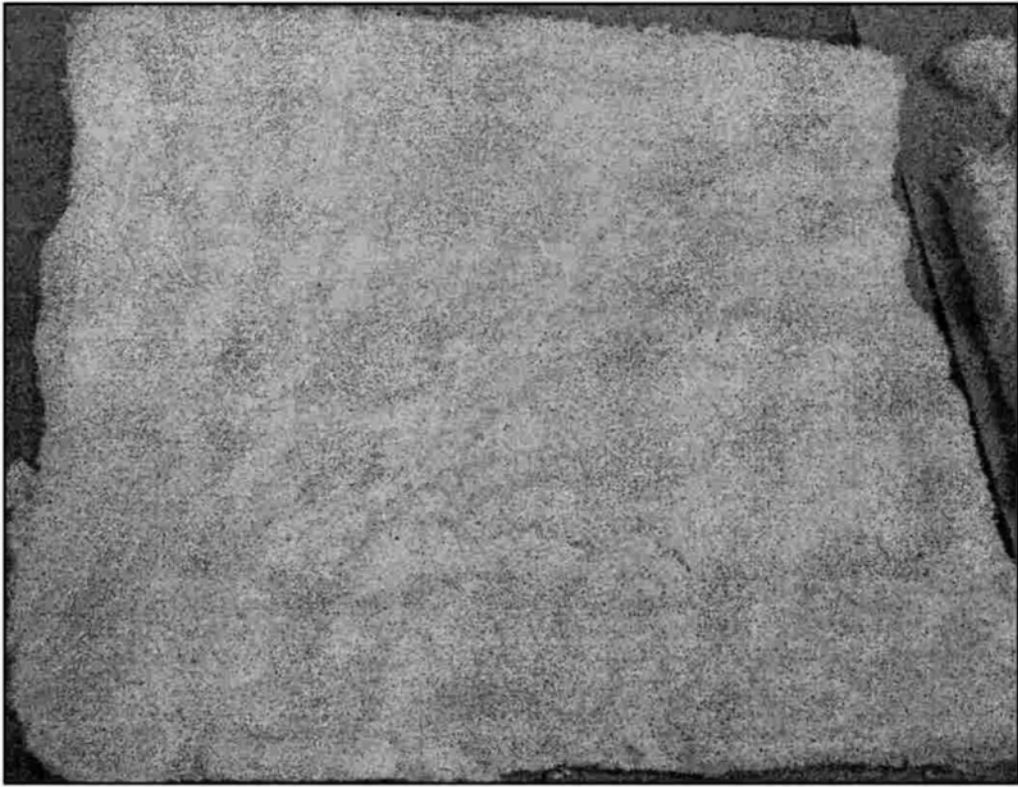


图1

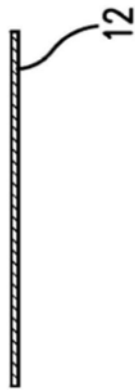


图2A

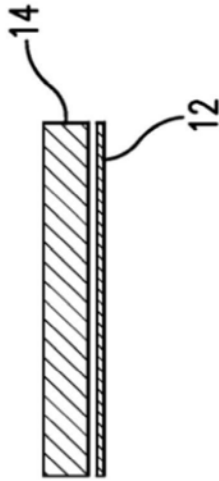


图2B

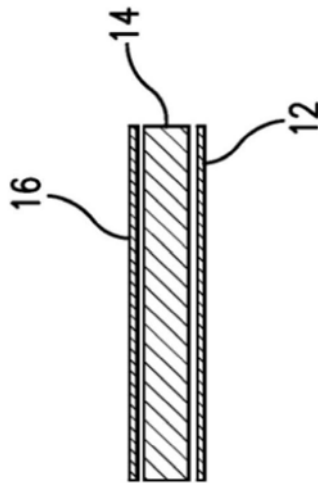


图2C



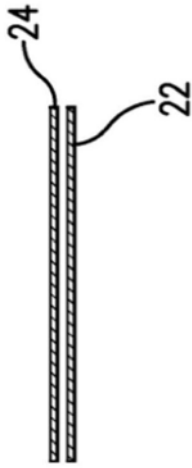


图3A

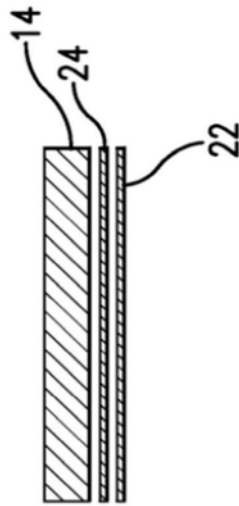


图3B

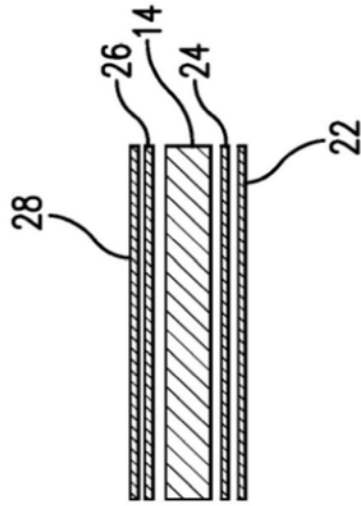


图3C