

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01M 2/14

H01M 2/00 H01M 8/10



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99807423.3

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1179428C

[22] 申请日 1999.6.16 [21] 申请号 99807423.3

[30] 优先权

[32] 1998.6.16 [33] US [31] 09/097,955

[86] 国际申请 PCT/US1999/013548 1999.6.16

[87] 国际公布 WO1999/066577 英 1999.12.23

[85] 进入国家阶段日期 2000.12.15

[71] 专利权人 UTC 燃料电池有限公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 迈克尔·E·戈尔曼

审查员 庞东成

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

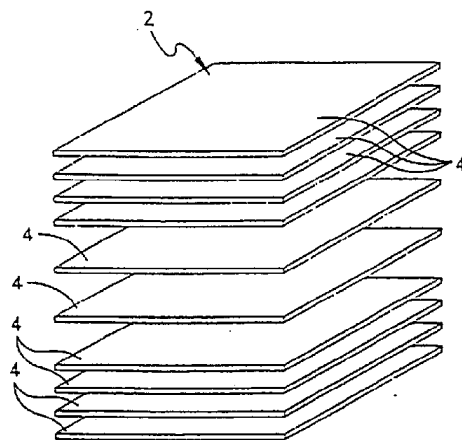
代理人 蹇 炜

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 2 页

[54] 发明名称 水传输板及其使用方法

[57] 摘要

一种水传输板，它具有最佳的物理特性，从而大大地改善了燃料电池的工作。在一种最佳的制造方法中，石墨粉末、增强纤维、纤维质纤维和热固性树脂与一种液体混合，形成浆料并喷涂在筛网上，从而形成平整薄片(4)，薄片经干燥形成纸。纸被切成需要的尺寸并且叠置。叠置结构(2)被加压和加热而层压在一起，并且经碳化和石墨化处理形成水传输板，以便随后按要求进行机加工。最终的水传输板呈现最佳的物理特性，其中包括气泡压力、透水性、中值孔隙尺寸、孔隙率、贯穿平面电阻率和抗压屈服强度。



ISSN 1008-4274

1. 一种将多孔性水传输板使用在固体聚合物电解质燃料电池中的方法，包括以下步骤：

提供一个多孔性水传输板，它具有： $0.04\Omega\text{-cm}$ 的最大贯穿平面电阻率、 52.5kg/cm^2 的最小抗压屈服强度、 3.0 微米的最大中值孔隙尺寸和 30 容积%的最小开孔孔隙率；

使所述多孔性水传输板充满水；和

将所述的多孔性水传输板用于固体聚合物电解质燃料电池中，以管理其中的水。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括以下步骤：

在所述多孔性水传输板中形成表压 $0.35\text{--}1.05\text{kg/cm}^2$ 的气泡压力；和

提供所述多孔性水传输板的透水性，该透水性的大小为 $30\times 10^{-17}\text{m}^2\text{--}2000\times 10^{-17}\text{m}^2$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述多孔性水传输板的所述贯穿平面电阻率为 $0.02\Omega\text{-cm}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述多孔性水传输板的所述抗压屈服强度为 73.5kg/cm^2 。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述多孔性水传输板的所述中值孔隙尺寸为 1.9 微米。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述多孔性水传输板的所述开孔孔隙率为 40 容积%。

7. 根据权利要求 2 所述的方法，其中，在所述多孔性水传输板内所述气泡压力为表压 0.735kg/cm^2 。

8. 根据权利要求 2 所述的方法，其中，通过所述多孔性水传输板的所述透水性为 $200\times 10^{-17}\text{m}^2$ 。

9. 一种用于固体聚合物电解质燃料电池的多孔性水传输板，具有：

0.04 Ω -cm 的最大贯穿平面电阻率、52.5kg/cm² 的最小抗压屈服强度、3.0 微米的最大中值孔隙尺寸、30 容积%的最小开孔孔隙率、表压 0.35-1.05kg/cm² 的气泡压力和 $30 \times 10^{-17} \text{m}^2$ — $2000 \times 10^{-17} \text{m}^2$ 的透水性。

10. 一种将多孔性水传输板使用在固体聚合物电解质燃料电池中的方法，包括以下步骤：

使所述多孔性水传输板充满水；

提供所述多孔性水传输板的透水性，该透水性的大小为 30×10^{-17} — $2000 \times 10^{-17} \text{m}^2$ ；和

将所述多孔性水传输板用于固体聚合物电解质燃料电池中，以管理其中的水。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，包括在所述多孔性水传输板中形成表压 0.35-1.05kg/cm² 的气泡压力。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，包括提供所述多孔性水传输板 30 容积%的最小开孔孔隙率。

13. 根据权利要求 11 所述的方法，包括提供所述 水传输板 1.00-1.40gm/cm³ 的密度。

水传输板及其使用方法

技术领域

本发明涉及水传输板。更具体地讲，本发明涉及水传输板及其使用方法。

背景技术

固体聚合物电解质燃料电池动力装置是现有技术中已知的，并且甚至可以从诸如位于加拿大温哥华市的 Ballard 动力系统公司等商业机构得到样机。这些系统是便于使用的，但却相当复杂。在 1994 年 11 月 1 日授权的美国专利 5360679 中展示了 Ballard 动力系统聚合物薄膜动力装置的一个例子。在固体聚合物燃料电池中产生的一个问题涉及到动力装置中各电池内包括冷却水和生成水的水管理。在固体聚合物薄膜燃料电池动力装置中，生成水是由电池阴极侧的电化学反应形成的，尤其是由氢离子、电子和氧分子结合形成的。生成水必须从电池的阴极侧引出，并且必须向电池的阳极侧提供补充水，补充水的量将能防止质子交换薄膜的干燥，同时避免电解质薄膜的阴极侧水量过多。

奥地利专利 389020 描述了一种氢离子交换薄膜燃料电池叠置结构，它利用一个小孔隙的水冷却板组件来提供被动的冷却剂和水管理控制。奥地利专利所描述的系统利用一个电池的阴极侧和相邻电池的阳极侧之间的饱含水的小孔隙板组件，来冷却电池并防止相邻电池之间的反应物交换。小孔隙板组件还用于将生成水从离子交换薄膜的阴极侧引出到冷却水流中，并且使冷却水流朝向离子交换薄膜的阳极侧移动，以防止阳极干燥。生成水和冷却水的优选的定向移动是通过水

冷却板组件形成两个部分而实现的，一个部分具有的孔隙尺寸将能保证阴极侧形成的生成水被吸收到小孔隙板上并且通过毛细作用移动到冷却板组件内的冷却水通路网络。冷却板组件还包括第二板，它具有比第一板更小的孔隙结构，并能够将水从冷却水通路吸出且通过毛细作用使水流向阳极。每个组件中的小孔隙板和更小孔隙板上刻槽，从而形成冷却剂通路网络，并且在相邻电池之间面对面地对准放置。更小孔隙板比小孔隙板更薄，使得冷却水通路更靠近阳极而不是阴极。由于小孔隙板和更小孔隙板的质量控制要求，上述的用于解决离子交换薄膜燃料电池动力装置中的水管理和电池冷却的方案是难以实现的，而且由于板元件不是按均匀尺寸制造的，因此这种方案也是高成本的。

在燃料电池技术中，水传输板是充水的多孔结构。在燃料电池工作过程中，水传输板局部地供给水以维持质子交换薄膜（PEM）的湿润，使阴极处形成的生成水迁移，通过循环的冷却水流使附带产生的热量迁移，使电池间导电，在电池之间提供气体隔离，并且为使反应物流过电池提供通路。水传输板向燃料电池供给水，以补充因蒸发而损耗的水。由于水传输板形成工艺的制约，这些板制造成本高，并且其强度有限。

例如，水传输板可以用干法成形工艺形成，其中石墨粉末和粉状的酚醛树脂被喷到一个模具上而形成一个层。此层被压实形成2.5mm(0.100 英寸)厚的一个层，尔后此层被加热直到酚醛树脂熔化并且涂敷石墨粉末。随后树脂被固化，由此与石墨粉末结合形成复合体。虽然这是通常的水传输板形成工艺，但形成速度低，并且难以结合水传输板结构坚固性所需的较长纤维。在干法成形工艺的供料器中，较长的纤维趋向于变成缠绕的，由此在所形成的复合体中形成纤维束。这种纤维束与不均匀的纤维分布对应会在复合体中形成软弱的区域，软弱的区域容易导致结构故障。在纤维长度大于约 1.0mm（约 0.040

英寸)时复合体结构坚固性最大,而干法成形工艺被限制为大约0.51mm(约0.02英寸)的纤维长度。因此,水传输板的技术条件容差是小的,并且制造困难,这导致产生许多报废零件。

此外,为了获得整个燃料电池的最佳特性,水传输板的环境和工作参数必须细致地保证平衡。例如,诸如孔隙尺寸、电阻率、颗粒尺寸、树脂含量和屈服强度之类的水传输板参数必须合适地选择,以获得燃料电池有效工作可以接受的气泡压力特性和透水性。

考虑到以上情况,希望获得一种改进的水传输板,其气泡压力和透水性特性对于燃料电池有效工作最佳地和适当地保持平衡。

发明的概述

本发明保留了现有技术的燃料电池用水传输板的优点。此外,本发明提供了目前可得到的水传输板中没有发现的新优点,并且克服了这些目前可得到的水传输板的许多缺点。

本发明总体上讲是涉及新的水传输板及其使用方法。该水传输板可以按多种方法制造,但最好包括已形成为平整薄片的以下材料的混合物:石墨粉末、增强纤维、纤维质纤维和热固性树脂。该水传输板可以由平整薄片形成,这些平整薄片已被切成多张基本薄片并且已被叠置、层压在一起、而且经过了碳化和石墨化处理。

本发明的水传输板可以是层压结构,并且包括以下步骤:将石墨粉末、增强纤维、纤维质纤维和热固性树脂与一种液体混合,形成浆料,用此浆料形成平整薄片。随后从平整薄片中去掉液体,并且将平整薄片切成多张基本薄片。对基本薄片进行叠置、层压、碳化和石墨化处理,从而形成水传输板。

本发明的水传输板还可以这样制造:将石墨粉末、增强纤维和纤维质纤维与一种液体混合,形成浆料,用此浆料形成平整薄片。从平整薄片中去掉液体,形成干燥的薄片,薄片用热固性树脂浸渍。将

浸渍的薄片切成多张基本薄片，并进行层压、碳化和石墨化处理，从而形成水传输板。

应当理解的是，本发明的水传输板可以按照多种不同的方法制造。但是，为了使燃料电池的工作和效率达到最佳，根据本发明，最终的水传输板要具有特定的优选特性和参数。本发明的水传输板最好具有以下特性：贯穿平面电阻率（@7kg/cm²（100 psi）轴向负荷）为0.02Ω-cm，抗压屈服强度为73.5kg/cm²（1050 psi），中值孔隙尺寸为1.9微米，开孔孔隙率为40%（容积）。

因此，本发明的目的是要提供一种水传输板，它使所装备的燃料电池的工作达到最佳。

本发明的另一目的是要提供一种水传输板，其结构具有气泡压力和透水性的最佳平衡。

本发明的再一目的是要提供一种水传输板，它具有最佳的孔隙尺寸、开孔孔隙率、电阻率和屈服强度。

附图简要说明

本发明的新颖性之特征描述于所附的权利要求中。不过，参照结合附图所做的以下详细说明，将能最好地理解本发明的最佳实施例以及进一步的目的是和附带的优点，附图中：

图1是叠置结构的分解透视图，表示制造本发明的水传输板的方法；

图2是图1中所示的叠置结构的正视图；

图3是曲线图，表示气泡压力和透水性与孔隙尺寸之间的协调（折衷）关系。

实现本发明的最佳方式

本发明旨在提供一种水传输板，它包括石墨粉末、纤维质纤维

和增强纤维，这些材料全部用热固性树脂粘结在一起。这种水传输板可以在造纸工艺中形成，其中，纤维质纤维在制造工艺中提供足够的湿态强度，以便湿的平整薄片形式的纸具有足够的拉伸强度而无破裂地经过整个造纸机器。相比之下，增强纤维为制成的水传输板提供结构的坚固性。石墨粉末在制成的水传输板中提供了增大的导热性和导电性，并且主要影响其中值孔隙直径，而热固性树脂通过在叠置后的整个水传输板中形成连续相（continuous phase）而将纤维和石墨粉末粘结在一起，并且在各石墨颗粒之间提供电和热的桥接，以获得石墨化处理后的增强的导电性和导热性。

本发明的水传输板可以按不同的方法制造。不过，为了实现气泡压力和透水性之间的最佳协调，水传输板的孔隙尺寸和孔隙率必须精心设计。气泡压力是允许水传输板起到气体隔离器作用的物理特性。毛细作用力使水维持在多孔结构内，直到气体—液体压差超过气泡压力。气泡压力随着水传输板的孔隙尺寸的减小而增大。透水性是用于使液体水从阴极迁移到水传输板所需要的，正如美国专利 5503944 中所描述的那样。图 3 大体上显示出透水性是如何随水传输板的平均孔隙尺寸增大而增大的。根据本发明，中值孔隙尺寸最好为 1—3 微米，并且 30% 的最小孔隙率提供了可以接受的气泡压力和透水性组合（特性）。因此，石墨粉末的中值颗粒尺寸通常为大约 1 微米（ μ ）—150 μ ，并且中值颗粒尺寸最好为大约 2—75 μ ，以便使中值孔隙尺寸达到 3.0 微米。本发明的水传输板最好具有 0.02 Ω -cm 的最大贯穿平面（thru-plane）电阻率（@7 kg/cm²（100 psi）轴向负荷）、73.5 kg/cm²（1050 psi）的最小抗压屈服强度、1.9 微米的最大中值孔隙尺寸以及 40%（容积）的最小开孔孔隙率。此外，最好水传输板的气泡压力的范围是表压 0.735 kg/cm²（10.5 psig），水传输板的透水性的范围最好是 $200 \times 10^{-17} \text{m}^2$ 。

在最终的水传输板中，石墨粉末的浓度通常为大约 25%—55%

(重量), 最好含有大约 35%—45% (重量) 的石墨粉末。可能的石墨粉末包括: 由碳化物/石墨集团公司 (St.Marys, 宾夕法尼亚州) 生产的 AIRCO®90 石墨粉末、由 Asbury 石墨粉碎机公司 (Asbury, 新泽西州) 生产的 Asbury4234 石墨粉末、由 Dixon Ticonderoga (Lakehurst, 新泽西州) 生产的 Dixon200-42 石墨粉末、这些粉末的混合物以及其它常规的石墨粉末。

在本发明的一种最佳制造工艺中, 石墨粉末与增强纤维结合, 后者使最终的水传输板具有结构坚固性。水传输板的极限强度是由粘结的增强碳纤维表面积的值决定的。如果增强纤维直径显著地增大到大约 15μ 以上, 则在热固工艺 (将在下面论述) 过程中, 每单位重量的纤维可用于粘结的表面积较小。不过, 如果增强纤维直径大大低于约 5μ , 为将水传输板粘结在一起就需要过量的热固性树脂。因此, 这些纤维的直径一般小于约 15μ , 并且纤维的直径最好为大约 5μ — 10μ 。

而且, 增强纤维最好具有大约 1.4Mm kg/cm^2 (20 Mmpsi) 以上的拉伸模量。当增强纤维的拉伸模量低于约 1.4Mm kg/cm^2 (20 Mmpsi) 时, 复合体的挠曲强度就不再由增强纤维的粘结表面积决定而是由其拉伸强度决定, 并且水传输板的结构坚固性会降低到低于约 70 kg/cm^2 (1000 psi) 的挠曲强度。因此, 可以采用拉伸模量超过约 1.4Mm kg/cm^2 (20 Mmpsi) 的纤维, 并且最好采用拉伸模量等于或超过约 2.1Mm kg/cm^2 (30 Mmpsi) 的纤维。

除了纤维直径和拉伸模量之外, 纤维长度对于增强纤维使水传输板具有结构坚固性的能力也有影响。纤维长度最好超过约 1mm (0.04 英寸), 尤其是最好为约 2.5mm (0.10 英寸)—约 6.25mm (0.25 英寸)。例如, 对于横线 (horizontal wire) 造纸机器, 超过约 6.25mm (0.25 英寸) 的纤维长度通常是不希望的, 因为这样长的纤维会由于纤维成束而降低平整薄片的均匀性。应当指出的是, 在能够处理长纤维的其它造纸机器 (即斜线造纸机器) 上, 较长的纤维可能不会降低所

形成的平整薄片的均匀性。

可能的增强纤维包括（但不局限于）：诸如聚丙烯碳纤维之类的碳纤维、由 Fortafil 纤维公司（Rockwood,田纳西州）生产的 FORTAFIL®、由 Amoco Performance Products 公司（Ridgefield,康涅狄格州）生产的 Thornel、由 RK 碳纤维有限公司（Cheshire,英格兰）生产的 RK、由 Hercules 高级材料和系统公司（Magna,犹他州）生产的 AS-4、由 Zoltek 公司（St. Louis,密苏里州）生产的 PANEX®、这些增强纤维材料的混合物以及其它可与燃料电池环境相适应的常规增强纤维。

在最终的水传输板中，增强纤维的浓度一般可达到约 20%（重量），最好达到约 10%（重量），尤其是最好达到约 2.5%（重量）—7.5%（重量）。尽管最终的水传输板的挠曲强度由于添加增强纤维而大大地提高，但为了降低材料成本，不用增强纤维也是可行的。不用增强纤维制成的水传输板可能会限制电池尺寸（即平面形状），因为在低挠曲强度部分废品率随平面形状增大而显著增大。

由于水传输板可以通过形成叠置在一起的平整薄片来制造，纤维质纤维也可以与石墨粉末和增强纤维混合，以在造纸工艺过程中提供足够的湿态强度，这样平整薄片就足够强，从而无破裂地通过整个造纸机器。通常，在最终的水传输板中含有约 10%—30%（重量）的纤维质纤维，最好含有约 15%—27%（重量）的纤维质纤维。对于形成大致均匀的薄片而言，这些纤维最好足够小，而对于为在造纸工艺过程中给予所需湿态强度提供充分的氢键作用而言，这些纤维又足够大。因此，这些纤维具有约 30 μ —约 45 μ 的纤维直径和约 2mm—约 4mm 的长度。纤维质纤维包括从下列材料获得的纤维：诸如硬木、软木、棉和麻等天然物质，或者诸如人造丝等合成材料，它们的混合物以及其它材料，并且最好是软木浆。一些这类纤维包括（但不局限于）：可从 Canfor（Vancouver,British Columbia）得到的 Prince George

北方半脱色软木浆；可从 Georgia Pacific (Brunswick,佐治亚州)得到的 Brunswick 南方软木浆；可从 Weyerhaeuser (Columbus,密西西比)得到的 Columbus 南方软木浆；它们的混合物以及其它常规的纤维质纤维。

石墨粉末、增强纤维和纤维质纤维的混合物用热固性树脂粘结在一起，在碳化和石墨化时，热固性树脂使复合体具有足够的结构坚固性，从而在处理过程中保持复合体（各部分）在一起。通常，在碳化时能产生约 40%或更多的碳的热固性树脂，将使石墨化后的复合体具有足够的结构坚固性，并且在水传输板中的石墨颗粒之间提供导电和导热的连续性。碳产出率低于约 40%的树脂将可能形成石墨化的水传输板，这种水传输板具有低于约 70 kg/cm^2 (1000 psi)的挠曲强度的临界强度。对于应用较高碳产出率的树脂而言，还没有已知的不良效应。热固性树脂包括：酚醛树脂、聚酰胺树脂、石油沥青和糠醇树脂，并且最好用酚醛树脂。例如，由塑料工程公司 (Sheboygan,威斯康星州)生产的 PLENCO™酚醛树脂、由 Oxychem,Durez Division (North Tonawanda,纽约)生产的 OXYCHEM®酚醛树脂、它们的混合物以及其它树脂。在最终的水传输板中，热固性树脂的浓度通常为约 25%—约 50%（重量），并且最好为约 30%—约 40%（重量）。这种热固性树脂既可以以粉末的形式使用，此时最好具有低于约 20μ 的颗粒尺寸，又可以被分散在溶剂中，溶剂诸如水或有机溶剂，有机溶剂为例如乙醇或甲醇。

水传输板的制造包括采用一种液体使固体组分，即石墨粉末、增强纤维、纤维质纤维和热固性树脂，形成一种浆料，该液体可以与固体组分相适应。通常，该液体为水或水基液体。为了大致均匀地使固体组分分布到它们所喷射的造纸机器的筛网上，最好使用充足的液体。通常，充足的液体对应于约 90v/o（容积百分比）或更多的液体，最好约 99v/o 的液体。

采用常规的造纸机器，按照大约每分钟 30.5 米（100 英尺）的直线速度，使浆料形成平整薄片。浆料大致均匀地喷射到水平移动的筛网上，使得固体组分保留在筛网上，而液体得以通过筛网。移动的筛网经过足够多的真空源或者其它常规装置，这些真空源或装置起到进一步干燥保留的固体组分和促进平整薄片中的纤维质纤维之间氢键结合的作用。一旦平整薄片足够干燥而能够支撑自身，它便脱离筛网，并且经过几个辊轴，在此它由经过辊轴移动的毛布（felt）附加支撑。从辊轴出来的平整薄片经过一组加热的圆筒（drum），通常是蒸汽或油加热的圆筒，在此使剩余的水分蒸发。干燥的平整薄片随后被卷绕在硬纸管上收集起来。最终的平整薄片厚度为大约 0.508mm（0.02 英寸）—1.5mm（0.06 英寸），并且其宽度可以是特定的造纸机器能够形成的任意宽度。

平整薄片的干燥温度应足以保证平整薄片干燥，同时又不使热固性树脂开始固化。通常，干燥温度为约 93°C（约 200°F）—约 149°C（约 300°F），并且最好为约 107°C（225°F）—约 135°C（约 275°F）。一旦平整薄片已干燥，它就被切成需要的基本薄片 4 的尺寸并且被叠置（参见图 1 和 2）。通常，水传输板就象其它燃料电池元件那样呈约 89cm（约 35 英寸）×约 89cm（约 35 英寸）或者约 114cm（约 45 英寸）×约 114cm（约 45 英寸）。或者，本发明的水传输板可以是 30cm×15cm（12 英寸×6 英寸）。

层压结构包括上下叠置的多个基本薄片 4。叠置结构实质上可以由任意数量的基本薄片 4 组成。叠置结构 2 是通过被置于压模机内并且在以下条件下压成所需的约 1.27mm（约 0.05 英寸）—约 3.81mm（约 0.15 英寸）厚度而形成层压结构的：轴向负荷高达约表压 210kg/cm²（3000 psig），温度为约 150°C（约 300°F）—约 230°C（约 450°F），并且最好为约 165°C（约 325°F）—约 190°C（约 379°F），而且最好约 1 分钟—约 15 分钟的压制时间。层压的叠置结构随后在

以下条件下碳化处理：按约 4°C/小时（8°F/小时）的速度加热到约 815°C（约 1500°F），在此温度下保持约 0.5 小时—约 4 小时，并且随后在约 2000°C（3632°F）的温度下进行约 2 小时—约 4 小时的石墨化处理。石墨化的水传输板坯材被机加工成需要的厚度、平面形状尺寸以及冷却剂和反应物流动所需构形。本发明的水传输板的多层结构减小了连续大孔隙的可能性，连续的大孔隙可能损害水传输板的气泡加压能力和质子交换薄膜中的附带气体/水隔离能力。

最后，对经机加工的水传输板用保湿化合物进行处理，保湿化合物采用由下列材料构成的材料组：铝、硅、锡、铌、钽、钨的氧化物或氢氧化物。这种湿润性处理描述于 1996 年 11 月 15 日受理的序列号为 08/751543 的共有待审申请中。

应当指出的是，平整薄片可以由石墨粉末、增强纤维和纤维质纤维形成。在这种情况下，一旦平整薄片已形成并干燥，它们就可以用热固性树脂浸渍。

参照以下的描绘性例子，本发明将更清楚。这些例子用于描绘形成本发明的层压水传输板的工艺。但它们并非用于限制本发明的范围。

例 1

可以采用以下工艺形成 40%（重量）的 AirCo 90 石墨粉末、5%（重量）的 FORTAFIL 12.5mm(1/2 英寸)无胶（unsized）碳纤维、28%（重量）的 OXYCHEM 酚醛树脂和 27%（重量）的软木浆。

1.将水与以下剂量的固体混合：0.4g（克）石墨粉末、0.05g 碳纤维、0.28gOxy-Chem 酚醛树脂和 0.27g 软木浆，形成具有约 1 v/o 固体的浆料。

2.一旦充分混合，就将浆料喷射到一个水平移动的筛网上，从而形成一平整薄片，其定量为约 0.227 千克/张（250（lb/ream））或约

1.197 克/米² (12oz/sq), 容差为±5%。

3.使筛网通过一真空装置,以去除部分剩余的水分,并且由此使平整薄片部分地干燥。

4.随后将部分干燥的平整薄片引到辊轴和油加热的圆筒上,以使剩余水分蒸发并且形成干燥的纸。圆筒被加热到约 125°C (250°F)。

5.将干燥的纸卷绕在硬纸管上收集起来。

6.将卷绕的纸切成 25-30cm×15cm(10—12 英寸×6 英寸)的薄片。

7.随后将薄片叠置。

8.然后在表压 165.9 kg/cm² (2370 psig) 的负荷、约 175°C (345°F) 的温度下将叠置结构进行 5 分钟的加压模制,形成层压的叠置结构。

9.将层压的叠置结构在以下条件下碳化处理:在氮气气氛中按 4°C/小时 (8°F/小时) 的速度加热到约 820°C (1510°F),并且随后按 25°C/小时 (77°F/小时) 的速度加热到 2350°C (4262°F) 进行石墨化处理。

10.将石墨化的水传输板坯材进行机加工,形成 306.5mm×150mm(12.26 英寸×6.00)英寸的平面形状尺寸和 1.8mm(0.072 英寸)的厚度。在一面加工形成 0.6mm(0.024)英寸深的冷却剂流动沟槽,在另一面加工形成 0.625mm(0.025 英寸)深的气流沟槽。

11.对经机加工的水传输板用氧化锡进行保湿处理,处理方法是:将水传输板浸渍在由四氯化锡五水合物溶解在水中形成的浓度为 1.7 摩尔/升的溶液中,使水传输板浸透;从该锡溶液中取出水传输板并且浸渍在 PH 值维持在大约 9 的氨水中;从氨水中取出水传输板并且在 65—93°C (150—200°F) 温度下干燥;在空气中、在 400°C (750°F) 的温度下焙烧 1 小时。

在这个例子中,水传输板具有以下物理特性:

气泡压力

表压 0.665 kg/cm² (9.5 psig)

透水性	$400 \times 10^{-17} \text{m}^2$
贯穿平面电阻率	$0.025 \Omega\text{-cm}$
抗压屈服强度	77 kg/cm^2 (1100 psig)
中值孔隙尺寸	2.3 微米
开孔孔隙率	42%。

本发明的水传输板实现了许多优点。由于使用比现有技术的水传输板更长的增强纤维，因此，本发明的水传输板具有改善的结构坚固性，并且具有更均匀的气泡压力。这两方面的特性使得水传输板可以使用更薄的元件制成，由此可降低成本，并且使得单位容积的功率更大。

上述制造方法是制造本发明的水传输板的多种方法之一。不过，为了使燃料电池工作最佳，最终的水传输板必须呈现本发明的参数和特性。因此，其它方法也是预期的，只要它们能够制造呈现上述的本发明的物理特性的水传输板。

本领域的普通技术人员可以理解，在不脱离本发明的精神的情况下，可以对所描绘的实施例作出多种修改和变换。所有这些变换和修改都由所附的权利要求涵盖。

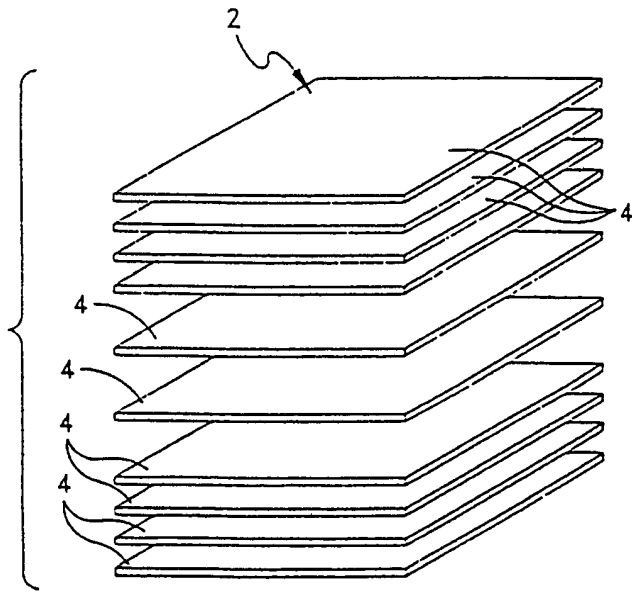


图1

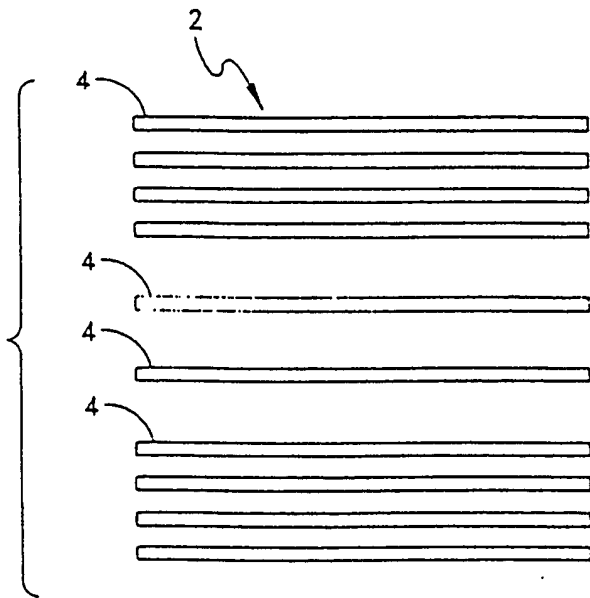


图2

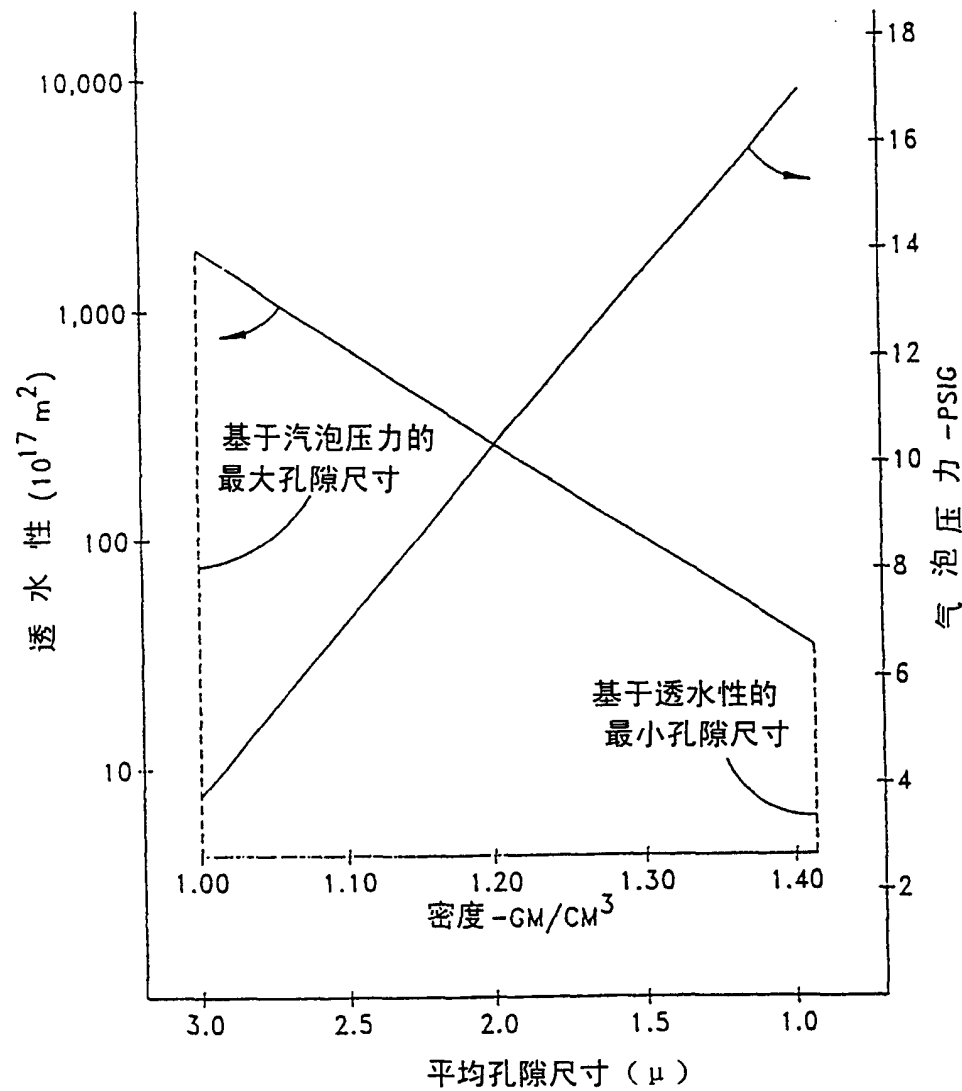


图3