(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113692310 B
(45)授权公告日 2024.03.08

(21)申请号 202080011194.9

(22)申请日 2020.01.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113692310 A

(43)申请公布日 2021.11.23

(30)优先权数据
62/798,272 2019.01.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.07.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/015449 2020.01.28

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/160014 EN 2020.08.06

(73)专利权人 唐纳森公司
地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 M·J·克罗宁 M·J·古斯塔夫森
V·K·卡普尔 M·J·马德森
D·R·弗伦布根 D·B·莫拉维茨
M·P·格尔兹 D·潘查内森

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275
专利代理师 王维绮 邱华敏

(51)Int.Cl.
B01D 19/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 1957068 A,2007.05.02
DE 102014000903 A1,2015.07.23
US 2010122899 A1,2010.05.20
US 2015257357 A1,2015.09.17
WO 2014165560 A2,2014.10.09
WO 9817369 A2,1998.04.30
US 4664682 A,1987.05.12
US 2005145561 A1,2005.07.07
WO 2014125612 A1,2014.08.21
US 5536413 A,1996.07.16
US 2013180401 A1,2013.07.18
CN 101791494 A,2010.08.04
US 4572724 A,1986.02.25
US 2009020486 A1,2009.01.22
CN 109097129 A,2018.12.28
US 4568367 A,1986.02.04
US 2010285297 A1,2010.11.11
US 3631654 A,1972.01.04
US 2005066812 A1,2005.03.31
US 2019022559 A1,2019.01.24 (续)

审查员 杨晓洁

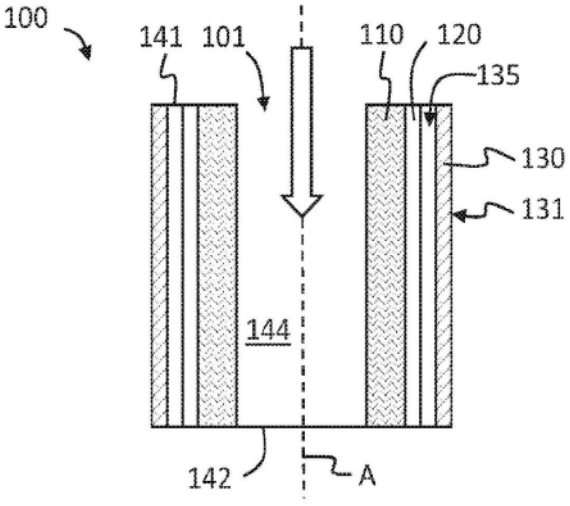
权利要求书3页 说明书29页 附图14页

(54)发明名称

用于除气的系统和方法

(57)摘要

一种除气器包括气体成核介质和多孔挡板。该除气器可以在该气体成核介质与该多孔挡板之间包括生长介质。该除气器可以是用于从流体中去除气体的系统的一部分,其中,该系统包括储箱,该储箱具有流体入口和流体出口、并且具有从该流体入口到该流体出口的流体流动路径,并且其中,该除气器位于该流体流动路径中。一种用于从流体中去除气体的方法包括使该流体穿过限定了流体流动路径的除气器。



CN 113692310 B

[转续页]

[接上页]

(56)对比文件

JP 2016140847 A,2016.08.08

US 2018236388 A1,2018.08.23

US 2018104628 A1,2018.04.19

US 2016279538 A1,2016.09.29

1.一种除气器,包括:

柱形本体,所述柱形本体包括:

气体成核介质,所述气体成核介质被设置成诱导流体中的气体成核以形成气体空腔,其中气体成核介质具有通过ASTM F316测得的30 μm或更小的平均孔径以及通过科泽尼-卡尔曼方法测得的至少10m^2/m^2的基础纤维表面积;

与所述气体成核介质相邻并位于气体成核介质下游的生长介质,生长介质具有在1.5psi下20%或更小的密实度并能够诱导气体空腔的聚结和/或生长;

与所述生长介质相邻并位于生长介质下游的多孔挡板,多孔挡板包括形成出口的开口,开口的大小为1mm或更小;

包括入口的顶部;和

封闭底部端盖。

2.如权利要求1所述的除气器,进一步包括在所述生长介质与所述多孔挡板之间的空隙。

3.如权利要求1或2所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括颗粒过滤介质。

4.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、陶瓷、碳纤维、或其组合。

5.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括油接触角为至少30°的疏油材料。

6.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括疏油材料,所述疏油材料的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

7.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述生长介质包括多个介质层。

8.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述生长介质紧邻所述气体成核介质。

9.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述生长介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、陶瓷、碳纤维、或其组合。

10.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述多孔挡板包括大小为250 μm或更小的开口。

11.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,进一步包括衬里。

12.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,进一步包括第一端盖,所述第一端盖包括限定了入口的开口。

13.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质环绕并且限定开放的除气器内部。

14.如权利要求12所述的除气器,其中,所述第一端盖包括直接通到所述生长介质与所述多孔挡板之间的空隙的入口。

15.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述生长介质在1.5 psi下具有9%或更小的密实度以及0.8mm或更大的厚度。

16.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述生长介质包括亲油组分和疏油

组分的复合物,其中,疏油组分的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

17.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述多孔挡板包括疏油表面,所述疏油表面的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

18.如权利要求1至2中任一项所述的除气器,其中,所述多孔挡板包括亲油组分和疏油组分的复合物,其中,疏油组分的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

19.一种用于从流体中去除气体的系统,所述系统包括:

储箱,所述储箱包括流体入口和流体出口、并且具有从所述流体入口到所述流体出口的流体流动路径;以及

如权利要求1至18中任一项所述的除气器设置在储箱内。

20.一种用于从流体中去除气体的方法,所述方法包括:

使所述流体穿过限定了流体流动路径的除气器,所述除气器包括如权利要求1至18中任一项所述的除气器。

21.一种除气器,包括:

气体成核介质,所述气体成核介质被设置成诱导流体中的气体成核以形成气体空腔,其中气体成核介质具有通过ASTM F316测得的30 μm或更小的平均孔径以及通过科泽尼-卡尔曼方法测得的至少10m^2/m^2的基础纤维表面积;

与所述气体成核介质相邻的多孔挡板,所述多孔挡板包括丝直径为0.05mm – 2mm的网和大小为250 μm或更小的开口;以及

在所述气体成核介质与所述多孔挡板之间的空隙。

22.如权利要求21所述的除气器,其中,所述除气器在所述气体成核介质与所述多孔挡板之间不包括生长介质。

23.如权利要求21或22所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括颗粒过滤介质。

24.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、陶瓷、碳纤维、或其组合。

25.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括油接触角为至少30°的疏油材料。

26.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质包括疏油材料,所述疏油材料的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

27.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,其中,所述空隙在从4 mm至20 mm的范围内。

28.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,进一步包括衬里。

29.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,进一步包括第一端盖,所述第一端盖包括限定了入口的开口。

30.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,进一步包括关闭的第二端盖。

31.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质环绕并且限定开放的除气器内部。

32.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质和所述多孔挡板形成柱形本体。

33.如权利要求21至22中任一项所述的除气器,其中,所述气体成核介质具有5 μm或更大的平均孔径,如通过ASTM F316测量的。

用于除气的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年1月29日提交的美国临时申请序列号62/798,272的优先权，该临时申请通过引用以其全文结合在此。

技术领域

[0003] 本申请涉及用于将流体除气的系统和方法。

背景技术

[0004] 利用流体的各种系统可以获益于从流体中去除空气(例如,除气)。特别地,相同流体会在系统内保留一段时间的系统可能在流体中积聚空气。例如,流体在系统中多次循环的系统(例如液压系统)可能在流体中积聚空气,从而导致系统的性能下降。

[0005] 液压系统、尤其液压机器依靠液压油来进行工作。液压系统的常见示例包括液压机器、液压驱动系统、液压传输系统、液压制动器等。由于液压流体典型地在系统中停留一段时间并经历高压时段和低压时段,因此可能在流体中积聚空气。流体中的空气可以以各种形式存在,包括溶解的空气和游离空气。游离空气可以包括夹带的空气和泡沫。空气的存在可能导致泵气蚀,伴随部件磨损和噪音增加等现象,或造成流体体积模量降低,从而导致液压系统效率降低和可控性降低。

[0006] 期望提供一种用于将流体除气的系统和方法。进一步期望提供一种用于将液压流体除气并且与液压系统兼容的系统和方法。

发明内容

[0007] 根据本披露的原理,提供了一种除气器。该除气器包括气体成核介质。生长介质可以布置成与该气体成核介质相邻。多孔挡板布置成与该生长介质相邻。该除气器可以是用于从流体中去除气体(例如,空气)的系统的一部分,其中,该系统包括储箱,该储箱具有流体入口和流体出口、并且具有从该流体入口到该流体出口的流体流动路径,并且其中,该除气器位于该流体流动路径中。

[0008] 提供了一种用于从流体中去除气体(例如,空气)的方法。该方法涉及使流体穿过除气器。该除气器限定了流体流动路径、并且包括布置在流体流动路径中的气体成核介质。生长介质布置在该流体流动路径中、在气体成核介质下游。多孔挡板布置在该流体流动路径中、在生长介质下游。

[0009] 提供了一种用于从流体中去除气体的方法。该系统包括:储箱,该储箱具有流体入口和流体出口、并且具有从流体入口到流体出口的流体流动路径;以及除气器。包括气体成核介质。生长介质可以布置成与该气体成核介质相邻。多孔挡板布置成与该生长介质相邻。

[0010] 该除气器可以包括气体成核介质、与气体成核介质相邻的多孔挡板、以及在气体成核介质与多孔挡板之间的空隙。该多孔挡板可以具有大小为250μm或更小的开口。

附图说明

[0011] 图1是根据实施例的液压系统的示意性流程图。

[0012] 图2A至图2D是根据实施例的、在图1的液压系统中使用的除气器单元的示意性截面视图。

[0013] 图3是根据实施例的、在图1的液压系统中使用的除气器单元的示意性截面视图。

[0014] 图4是在实例中使用的数据收集装置的图形表示。

[0015] 图5A至图5C是实例1的结果的图形表示。

[0016] 图6A至图6C是实例2的结果的图形表示。

[0017] 图7A至图7D和图8A至图8D是实例3的结果的图形表示。

[0018] 图9A和图9B是实例4的结果的图形表示。

[0019] 图10A和图10B是实例6的结果的图形表示。

[0020] 图11A和图11B是实例7的结果的图形表示。

具体实施方式

[0021] 本披露涉及用于从流体中去除气体(比如空气)的系统和方法。本披露的系统和方法对于从再循环系统(比如液压系统)中使用的流体中去除空气(例如,除气)特别有用。

[0022] 术语“流体”在本披露中用于描述处于液相的物质。流体中可能溶解或夹带气体化合物。

[0023] 术语“除气”和“脱气”在此用于指代从流体中去除空气或任何其他气体。

[0024] 本文使用的术语“相邻”具有“靠近”的含义。“相邻”的特征可以与或不与相邻特征相接触。例如,“相邻”的多个特征可以相隔一个空隙。

[0025] 本文使用的术语“紧邻”具有与相邻特征相接触的含义。术语“紧邻”可以用于指示没有居间特征。

[0026] 如本文使用的,术语“基本上”具有与“显著”相同的含义,并且可以理解为将随后的术语修饰了至少约75%、至少约90%、至少约95%或至少约98%。如本文使用的,术语“非基本上”具有与“不显著”相同的含义,并且可以理解为具有“基本上”的相反含义,即,将随后的术语修饰了不超过25%、不超过10%、不超过5%或不超过2%。

[0027] 在网孔大小、孔径、纤维直径或丝直径的背景下,本文使用的术语“标称”用于表示可商购产品的所标记的或报告的网孔大小或孔径。

[0028] 本文使用的单位“psi”指代每平方英寸的磅力。一(1)psi等于大致6900帕斯卡、或约6.9kPa。

[0029] 除非另有说明,否则对标准方法(例如,ASTM、TAPPI、AATCC等)的任何提及均指代提交本披露内容时该方法的最新可用版本。

[0030] 术语“约”在本文与数值结合用于包含本领域技术人员所预期的测量值的正常变化,并且应理解为具有与“大致”相同的含义且涵盖典型的误差幅度,诸如陈述值的±5%。

[0031] “一个”、“一种”和“所述”等术语不旨在仅指单数实体,而是包括可以用于说明的特定实例的一般类别。

[0032] 术语“一个/种”和“所述”与术语“至少一个/种”可互换使用。在列表之前的短语“……中的至少一个/种”和“包括……中的至少一个/种”是指该列表中的项目中的任何一

个/种以及该列表中的两个/种或更多个/种的任何组合。

[0033] 如本文使用的,术语“或”通常以包括“和/或”的其通常意义使用,除非内容另外明确指出。术语“和/或”意指所列出的要素中的一个或全部或者所列出的要素中的任何两个或更多个的组合。

[0034] 通过端点叙述数值范围包括归入该范围内的所有数(例如,1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、5等,或者10或更小包括10、9.4、7.6、5、4.3、2.9、1.62、0.3等)。在取值范围为“最高达”或“至少”特定值的情况下,这个值包含在该范围内。

[0035] 词语“优选的”和“优选地”是指在某些情况下可以提供某些益处的实施例。然而,在相同的或其他情况下,其他实施例也可以是优选的。此外,叙述一个或多个优选实施例并不暗示其他实施例不是可用的,并且不旨在将其他实施例排除在包括权利要求在内的本披露内容的范围之外。

[0036] 根据一些实施例,可以通过诱导气体成核并允许气体逸出来从流体中去除气体。可以通过使流体与为气体提供成核位点的材料相接触来诱导成核。气体的成核可以引起游离气体空腔形成。气体空腔可以在一个或两个或多个阶段中进一步生长和/或聚结而增大气体空腔的大小,并且由此增大其浮力,从而增大气体在流体内上升的速度。术语“气体空腔”和“气泡”在此互换地使用。

[0037] 某些类型的运载工具(例如挖掘机、装载机、滑移装载机等)包括车载液压系统。出于各种原因(例如期望提高效率),期望改进液压系统、尤其缩小液压流体储箱的尺寸。然而,较小的储箱可能由于流体在储箱中的停留时间较短而加剧液压流体(例如油)中的空气问题。短的停留时间可能不允许流体中的空气在流体再次被抽出罐之前离开流体。本披露的装置和方法可以是有利的,因为它们能够从流体(比如液压流体或油)中去除空气,包括溶解的空气、小气腔和夹带的空气。该装置和方法可以进一步是有利的,因为它们能够被缩小尺寸以用于较小的液压储箱中,例如在运载工具(例如挖掘机、装载机、滑移装载机、或具有缩小尺寸的液压储箱的其他系统)中使用的移动液压系统中的那些液压储箱。

[0038] 图1示出了根据本披露的液压系统1的示意图。液压系统1包括用于容装液压流体的储箱10。系统1还包括泵20,该泵将流体从储箱10传递至一个或多个液压应用30。液压应用30的示例包括液压机器、液压驱动系统、液压传输系统、液压制动器等。流体从储箱10经由输出管线11流到泵20、并且从泵20经由输出管线21流到液压应用30。泵20对流体施加压力,并且因此输出管线21中的流体的压力高于储箱10或输出管线11中的流体的压力。经加压的流体可以用于在液压应用30中做功。流体可以从液压应用30经由返回管线31返回至储箱。

[0039] 系统1包括除气器100。除气器100被构造用于去除溶解在和/或夹带在流体中的气体的至少一部分。除气器100可以如图所示定位在储箱10内、或者可以放在系统1中的其他地方。例如,除气器100可以沿着返回管线31共线地放置。根据实施例,除气器100布置在流体流经储箱10或在其内流动的流动路径中。例如,除气器100可以放在从返回管线31排放到储箱10中的流体的流动路径中。流动方向可以从上到下,如图1所示,其中来自返回管线31的流体从顶部流到储箱10中。来自返回管线31的流体的至少一部分可以进入除气器100中。

[0040] 系统1可以包括额外的部件,比如额外的储箱、管线、泵、仪表、控制件等。

[0041] 图2A至图2D示出了根据本披露的除气器100的示意性截面图。除气器100包括气体

成核介质110,该气体成核介质布置在储箱10中的流体的流动路径中。除气器100进一步包括在气体成核介质110下游的生长介质120。多孔挡板130可以布置在气体成核介质110和/或生长介质120的下游。

[0042] 气体成核介质110、生长介质120、和/或多孔挡板130可以以通流构型布置在流动路径中。在一些实施例中,气体成核介质110层、生长介质120层、和/或多孔挡板130层中的至少一个以横流构型布置。本文所使用的术语“通流构型”指代流体流动穿过介质的布置。本文所使用的术语“横流构型”指代流体流动跨越(或跨过)介质的布置。

[0043] 除气器100可以具有开放的内部144,其入口101用于接收进来的流体流。入口101可以被定义为第一端盖141中的开口。所描绘的具体入口101被配置为顶部入口,是通到开放内部144的开口。替代性的入口布置、位置和方向是可能的。例如,入口101可以定位在除气器单元100的底部或侧面。然而,所描绘的顶部入口是方便且有利的。入口101可以包括用于将除气器100与储箱10联接并且将流体流引导到开放内部144中的特征。除气器100可以进一步包括额外的或替代性流动路径,比如外壳排出流(来自泵的过量流)、排放流、溢流、回流等。此类额外的或替代性的流动路径可以流回到储箱10中。在一个实施例中,外壳排出流152流到除气器100中。例如,外壳排出流152可以穿过第一端盖141中的辅助入口146流到多孔挡板130与生长介质120之间的空隙135中,如图2D所示。

[0044] 气体成核介质110可以限定开放内部144,使得气体成核介质110至少部分地环绕开放内部144。气体成核介质110可以布置在流体的流动路径中,使得进入开放内部144的流体的至少一部分流经气体成核介质110。在所描绘的示例中,气体成核介质110以柱形形状围绕开放内部144布置。柱形形状可以具有包括入口101的开放顶部、以及由第二端盖142限定的封闭底部。

[0045] 生长介质120层可以布置成与气体成核介质110相邻。生长介质120可以紧邻气体成核介质110(例如,与之相接触)。生长介质120可以布置在流体的流动路径中,使得流体在流经气体成核介质110之后,流经生长介质120。生长介质120可以形成柱体,该柱体与气体成核介质110同轴并且至少部分地将其包绕。

[0046] 除气器100可以进一步包括限定了开口131的多孔挡板130。多孔挡板130可以布置成与生长介质120相邻,如图2A和图2B所示。在一些实施例中,除气器100’在其他方面类似于图2A的除气器100,即包括气体成核介质110和多孔挡板130,但是不包括生长介质,如图3所示。在一些实施例中,多孔挡板130与生长介质120或气体成核介质110相邻但不紧邻(例如,不与之相接触),从而在多孔挡板130与生长介质120之间、或在多孔挡板130与气体成核介质110之间留下空隙135,分别如图2A和图3所示。在一些实施例中,多孔挡板130紧邻生长介质120,使得在多孔挡板130与生长介质120之间不存在空隙,如图2B所示。在一些实施例中,多孔挡板130由储箱10的出口18处的滤网形成,如图2C所示。在这样的实施例中,可以在生长介质120与出口18处的多孔挡板130之间形成空隙135。多孔挡板130可以形成柱体,该柱体与生长介质120和气体成核介质110同轴并且至少部分地将其包绕。在一些实施例中,气体成核介质110、生长介质120、以及多孔挡板130限定柱形本体。柱形本体的第一端(例如,顶部)可以部分地被第一端盖141封闭。柱形本体的第二端(例如,底部)可以被关闭的第二端盖142封闭。

[0047] 当除气器单元100在使用中时,流体穿过顶部处的入口101流到开放内部144中。流

体进入开放内部144之后,可以穿过气体成核介质110。气体成核介质110可以致使流体中的至少一些溶解的气体成核并形成游离空气,比如小的气体空腔(第一阶段气体空腔)。当流体进一步穿过气体成核介质110下游的生长介质120时,更多的气体可以从溶液中出来并加入现有的气体空腔中,从而使气体空腔生长。气体空腔还可以在生长介质120处合并。生长和/或聚结形成更大的气体空腔(第二阶段气体空腔)。第二阶段气体空腔可以开始在生长介质120与多孔挡板130之间的空隙135中向上上升。在一些实施例中,多孔挡板130的开口131的大小通常可以小于生长介质所产生的第二阶段气体空腔的大小。多孔挡板130可以用于将气体空腔保持在空隙135中,从而防止气体空腔过早地分散到储箱10中的流体中。不希望受理论束缚,据信多孔挡板可以致使气体空腔在多孔挡板130的上游侧进一步生长和/或聚结并且在空隙135内向上上升。当多孔挡板130被润湿时,上升的聚结气体可以在空隙135的顶部处形成气体囊袋(大的气体空腔)。一旦气体囊袋生长到足够大,就会积聚足够的压力使气体囊袋冲破被润湿的多孔挡板130。当气体冲破多孔挡板时,它可以干燥多孔挡板的紧邻区域,从而允许空气囊袋渗出。然而,即使多孔挡板的该区域始终被浸没和润湿,空隙顶部处的气体空腔可以作为大气泡推动穿过多孔挡板并且向上漂浮至表面。如果除气器被浸没,则气体囊袋可以大且其浮力足够使其上升至表面并且逸出表面。在没有气体囊袋的情况下,多孔挡板130将重新润湿,并且该过程可以重复。

[0048] 返回参见图2A至图2D和图3,气体成核介质110可以由能够诱导气体成核的任何适合的材料制成。不希望受理论束缚,据信气体成核介质的多个方面基于这些方面对介质与流体和流体内的气体的化学和物理相互作用的影响而影响该介质诱导成核的有效性和效率。可能影响成核的方面包括例如介质中纤维的表面积;可触及表面积;纤维大小(例如,直径或横向尺寸);介质孔径;尖锐边缘或拐角的存在;表面粗糙度;介质的化学组成(例如,纤维和粘接剂);介质亲油性/疏油性;纤维交叉点的存在和数量;相邻纤维的取向角度;相对于流动方向的取向;流动路径的曲折度;介质板密实度;介质板渗透率;介质板的厚度;流体在介质中的停留时间;从流体到介质的溶解气体的Peclet数(例如,平流传输速率与扩散传输速率之比);以及板和各个纤维的压差。

[0049] 例如,据信具有适合的(可触及)表面积、纤维大小、和介质孔径的介质有益于成核效率。纤维的可触及表面积可以作为介质中的基础纤维表面积来测量,并且应理解为是指每单位整体表面积的介质板(以m^2为单位,平方米)上流体可以触及(例如,接触)的总表面积(包括孔隙内和纤维之间的表面积)(以m^2为单位)。介质的基础纤维表面积可以通过Branauer-Emmett-Teller(BET)分析或根据科泽尼-卡尔曼(Carmen-Kozeny)关系式(在下面的实例3和4中详细解释)来确定。介质板的整体表面积应理解为是指作为介质板的长度乘以宽度计算的面积(对于褶皱式介质,可以使用褶皱高度和褶皱数量来计算宽度)。气体成核介质的基础纤维表面积可以为$1m^2/m^2$或更大、$1.5m^2/m^2$或更大、$2m^2/m^2$介质或更大、$5m^2/m^2$介质或更大、$10m^2/m^2$介质或更大、$25m^2/m^2$或更大、$50m^2/m^2$或更大、或$100m^2/m^2$或更大,如通过BET方法或科泽尼-卡尔曼方法测量的。气体成核介质的表面积可以为$200m^2/m^2$或更小、$150m^2/m^2$或更小、$100m^2/m^2$或更小、$50m^2/m^2$或更小、$30m^2/m^2$或更小、$10m^2/m^2$或更小、$6m^2/m^2$或更小、或$4m^2/m^2$或更小,如通过BET方法或科泽尼-卡尔曼方法测量的。在一个实施例中,气体成核介质的基础纤维表面积为$1m^2/m^2$或更大、$2m^2/m^2$或更大、$5m^2/m^2$或更大,如通过BET方法测量的。在一个实施例中,气体成核介质的基础纤维表面积为$100m^2/m^2$或更小、$50m^2/m^2$或更

小、20m^2/m^2或更小,如通过BET方法测量的。在一个实施例中,气体成核介质的纤维表面积为1至75m^2/m^2,如通过BET方法测量的。在一个实施例中,气体成核介质的基础纤维表面积为5至50m^2/m^2,如通过BET方法测量的。在一个实施例中,气体成核介质的基础纤维表面积为1m^2/m^2或更大、5m^2/m^2或更大、或10m^2/m^2或更大,如通过科泽尼-卡尔曼方法测量的。在一个实施例中,气体成核介质的基础纤维表面积为200m^2/m^2或更小、100m^2/m^2或更小、50m^2/m^2或更小、20m^2/m^2或更小,如通过科泽尼-卡尔曼方法测量的。

[0050] 在一个实施例中,气体成核介质的基础纤维表面积为5至75m^2/m^2,如通过科泽尼-卡尔曼方法测量的。在一个实施例中,气体成核介质的基础纤维表面积为10至50m^2/m^2,如通过科泽尼-卡尔曼方法测量的。

[0051] 本文所使用的纤维大小指代介质的纤维的直径或横向尺寸。针对较大的纤维可以光学地确定纤维的直径或横向尺寸,并且针对较小的纤维可以通过使用SEM来确定。气体成核介质内的纤维的纤维大小可以在不同纤维之间并且沿着给定纤维变化。纤维大小还可以从介质的上游侧到介质的下游侧沿着梯度变化。气体成核介质内的纤维可以具有至少10nm(纳米)、至少50nm、或至少100nm的纤维大小。气体成核介质内的纤维可以具有高达10μm(微米)、或高达100μm的纤维大小。

[0052] 介质孔径应理解为是指介质板中的各个孔隙的大小,如通过ASTM F316-03或ASTM D6767确定的。气体成核介质内的孔隙可以具有0.5μm或更大、1μm或更大、或5μm或更大的平均孔径。气体成核介质内的孔隙可以具有5μm或更小、10μm或更小、20μm或更小、100μm或更小、或200μm或更小的平均孔径。例如,气体成核介质内的孔隙可以具有5μm至100μm的平均孔径。气体成核介质内的孔隙可以具有1μm或更大、5μm或更大、或10μm或更大的最大孔径。气体成核介质内的孔隙可以具有10μm或更小、20μm或更小、100μm或更小、或200μm或更小的最大孔径。例如,气体成核介质内的孔隙可以具有5μm至200μm的最大孔径。此处列出的值是通过ASTM F316-03确定。

[0053] 据信介质的化学组成和介质的亲油性/疏油性会影响成核。介质的化学组成可以包括介质中的纤维的、和/或介质中使用的任何粘接剂或其他组分的化学组成。纤维可以包括任何合适的纤维材料,包括由有机或无机材料或其组合制成的织造或非织造介质。介质可以包括组合了不同材料的各种结构,例如芯鞘结构、并列结构、海中岛结构等。纤维可以包括单一材料组分、或单一纤维内的两种或更多种材料组分,包括材料的混合物。例如,纤维材料可以包括以下中的一种或多种:纤维素;再生纤维素(例如,人造丝);合成材料,比如聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF);玻璃;陶瓷;或碳纤维。在一个实施例中,用作气体成核介质的过滤介质由微玻璃和合成纤维制成。在以下文献中描述了适合的过滤介质的示例:美国专利号7,314,497、7,309,372、8,057,567、8,268,033、8,277,529、8,512,435、8,641,796、和9,795,906、以及美国公开号2012/0234748和2017/0225105。介质可以包括各种粘接剂,比如丙烯酸树脂、酚醛树脂、或环氧树脂。

[0054] 优选地,气体成核介质具有适合的亲油性/疏油性以诱导成核并且将形成的气体空腔释放到流体流中(与“被捕获”到纤维的表面相反)。在一个实施例中,气体成核介质是疏油的。可以根据AATCC方法118(例如,118-2013)、使用来自宾夕法尼亚州彼得罗利亚的Sonnerborn LLC公司的KAYDOL白矿物油来测量介质的疏油等级(拒油性)。基于此测试的疏

油性的范围为0至8,其中等级为0是指介质不疏油。疏油介质的等级为1或更大。气体成核介质的疏油等级可以为1或更大、2或更大、3或更大、4或更大、5或更大、或6或更大。气体成核介质的疏油等级可以为8或更小、7或更小、6或更小、5或更小、或4或更小。在一个实施例中,气体成核介质的疏油等级为2至8或3至8。材料的疏油性还可以表达为油滴在空气中的单一纤维上的接触角、并且可以通过将气泡或油滴分配到纤维上并且例如使用微接触角仪器(例如,可从日本新座市的Kyowa Interface Science Co.,Ltd.公司获得的MCA-3仪器)来测量。气体成核介质的油接触角可以为至少30°、至少50°、至少70°、至少90°或至少120°。气体成核介质的油接触角可以高达120°、高达150°。

[0055] 气体成核介质可以是固有地疏油的(例如,由疏油纤维制造)和/或使用例如疏油处理化合物进行了处理而变成疏油的。通常,疏油材料是含氟化合物,诸如具有高密度的暴露在表面的末端CF3侧基的氟聚合物。在某些实施例中,气体成核介质或作为表面涂层施用于气体成核介质的疏油处理化合物(例如,含氟处理化合物)可以由全氟聚合物制造,该全氟聚合物是诸如全氟丙烯酸酯、全氟氨基甲酸酯、全氟环氧树脂、全氟硅酮、全氟烷烃、全氟二氧戊环、或这些材料的共聚物。

[0056] 尽管可以使用由固有疏油材料制造的气体成核介质,但是典型地将含氟处理化合物涂覆在常规的过滤介质上以使其疏油。涂层材料可以是例如疏油聚合物或可通过多步过程变得疏油的另一种聚合物。典型地,通过浸渍或喷雾将溶解或悬浮在液体载体(例如,有机溶剂或水)中的含氟处理化合物施用于常规的过滤介质。替代性地,可以用比如化学气相沉积(CVD)等工艺来通过气相施加涂层。

[0057] 示例性氟聚合物包括溶解在溶剂中的全氟丙烯酸酯,诸如从Cytonix(贝茨维尔(Beltsville),马里兰州)在商品名FLUOROPEL系列下可获得的那些、来自3M公司(梅普尔伍德,明尼苏达州)的SRA450或SRA451、来自先进聚合物公司(Advanced Polymer Incorporated)(卡尔施塔特(Carlstadt),新泽西州)的ADVAPEL 806;溶解在溶剂中的全氟二氧戊环,诸如从科慕公司(Chemours)(威明顿,特拉华州)在商品名TEFLON AF下可获得的那些;悬浮在水中的全氟丙烯酸酯乳液,诸如从大金公司(Daikin)(奥兰治堡,纽约州)在商品名UNIDYNE下可获得的那些、来自科慕公司(威明顿,特拉华州)的CAPSTONE、来自亨斯曼公司(Huntsman)(伍德兰(The Woodlands),得克萨斯州)的PHOBOL、或来自先进聚合物公司(卡尔施塔特,新泽西州)的ADVAPEL 734;以及悬浮在水中的全氟氨基甲酸酯,诸如从3M公司(梅普尔伍德,明尼苏达州)在商品名SRC220下可获得的全氟氨基甲酸酯。也可以通过等离子体聚合过程施用氟聚合物涂料,诸如来自P2i(萨凡纳,佐治亚州)的全氟丙烯酸脂涂料,将气体成核介质变成疏油的。

[0058] 在某些实施例中,通过对常规的过滤介质施用非疏油涂层、并且接着将其改性成疏油的来制备气体成核介质。例如,可以将多元醇聚合物施用于常规的过滤介质并且将全氟硅烷或全氟酰氯接枝到这种聚合物上。替代性地,可以将聚胺施用于常规的过滤介质并且将全氟丙烯酸脂接枝到这种聚合物上。

[0059] 可以通过以适当的流体,例如根据ASTM D7490-13准备齐斯曼图,来确定聚合物材料的表面能。还可以使用欧文斯-温特(Owens-Wendt)方法来确定材料的表面能。气体成核介质中的纤维的表面能可以为6mJ/m^2(毫焦每平方米)或更大、10mJ/m^2或更大、15mJ/m^2或更大、20mJ/m^2或更大、或40mJ/m^2或更大。气体成核介质中的纤维的表面能可以为400mJ/m^2或

更小、300mJ/m^2或更小、200mJ/m^2或更小、150mJ/m^2或更小、100mJ/m^2或更小、或50mJ/m^2或更小。例如,气体成核介质中的纤维的表面能可以为10mJ/m^2至200mJ/m^2。此处列出的值是通过ASTM D7490-13确定。

[0060] 气体成核介质中的纤维的几何构型可能影响成核。例如,尖锐边缘或拐角的存在和表面粗糙度可以改善成核。纤维交叉点的构型、相邻纤维的取向角度、纤维表面相对于流动方向的取向、以及流动路径的曲折度也可能影响成核。根据一些实施例,气体成核介质包括具有尖锐边缘或拐角的纤维。例如,纤维可以具有没有平滑形状(即,不是圆形或卵形)的截面。纤维截面可以是多边形、或者具有带拐角的不规则形状(例如,小于180°、小于120°、或小于90°的拐角)。气体成核介质包括具有圆形、星形、方形、矩形、三叶形、三叶草形、或多边形截面的纤维。该截面可以在整个纤维长度上是恒定的或变化的。

[0061] 可以使用原子力显微镜(AFM)、截面SEM或透射电子显微镜(TEM)或表面光度仪来确定材料的表面粗糙度,为均方根粗糙度。可以在尺寸为纤维直径的一半的固定表面积(例如,方形)上进行测量。气体成核介质的纤维的表面粗糙度可以为1nm或更大、10nm或更大、25nm或更大、50nm或更大、或100nm或更大。气体成核介质的纤维的表面粗糙度可以为1000nm或更小、500nm或更小、或200nm或更小。例如,气体成核介质的纤维的表面粗糙度可以为10nm至500nm。此处列出的值是通过表面光度仪确定。

[0062] 还可以使用各种其他参数例如偏度、峰度等来表征表面粗糙度。表面特征可以展现出一定程度的不对称性(例如,显示更陡峭的峰或深坑)。不对称性可以表达为偏度,使用AFM、纤维截面SEM或表面光度仪测量。纤维的偏度可以为-10或更大、-8或更大、或-6或更大。纤维的偏度可以为6或更小、8或更小或10或更小。例如,纤维的偏度可以为-8至8。此处列出的值是通过表面光度仪确定。

[0063] 峰度是表面粗糙度的另一种量度,指示尖锐特征的尖角程度。峰度可以使用AFM、纤维截面SEM、或表面光度仪来测量。气体成核介质的纤维的峰度可以为至少-10或更大、-8或更大、或-6或更大。气体成核介质的纤维的峰度可以为6或更小、8或更小、或10或更小。例如,纤维的峰度可以为-8至8。某些表面粗糙度、偏度和峰度的组合可以获得有利的成核特性。例如,高粗糙度和高峰度可以有利于成核。此处列出的值是通过表面光度仪确定。

[0064] 据信,在一定程度上,纤维交叉点数量的增加可以增加成核。纤维交叉点应理解是指两个纤维之间的接触点。进一步据信,一些范围的相邻纤维取向角度和纤维相对于流动方向的取向可以有有益于成核。例如,气体成核介质内的纤维可以随机定向成实现一定范围的取向角度。在一些实施例中,气体成核介质内的相邻纤维彼此不轴向对准。

[0065] 影响流体在介质中的停留时间或压差的方面也可能影响成核。例如,面速度、介质板密实度、介质板渗透率、介质板的厚度、从流体到介质的溶解气体Peclet数(例如,平流传输速率与扩散传输速率之比)、介质内的流动路径的曲折度、以及介质板相对于主要流动方向的取向(例如,角度)均可能影响成核。

[0066] 流体相对于气体成核介质板的面速度可以被确定为每单位整体介质表面积的体积流量。面速度可以为0.01cm/sec或更大、0.1cm/sec或更大、0.5cm/sec或更大、1.0cm/sec或更大、或5.0cm/sec或更大。面速度没有期望的上限,但是实际上,面速度可以为50cm/sec或更小、20cm/sec或更小、或10cm/sec或更小。

[0067] 多孔材料的密实度是固体体积与多孔材料总体积之比。气体成核介质板的密实度

可以为5％或更大、10％或更大、或20％或更大。气体成核介质板的密实度可以为98％或更小、90％或更小、75％或更小、50％或更小、40％或更小、或30％或更小。

[0068] 过滤介质的空气渗透率被定义为在特定压降下，流经特定过滤介质的空气流的体积流量。一种用于测量空气渗透率的方法是ASTM D737-04。气体成核介质板的渗透率可以为在0.5英寸水量下1$ft^3/min/ft^2$或更大(在125Pa下0.305$m^3/min/m^2$或更大)、在0.5英寸水量下10$ft^3/min/ft^2$或更大(在125Pa下3.05$m^3/min/m^2$或更大)、或在0.5英寸水量下50$ft^3/min/ft^2$或更大(在125Pa下15.2$m^3/min/m^2$或更大)。气体成核介质板的渗透率可以为在0.5英寸水量下500$ft^3/min/ft^2$或更小(在125Pa下152$m^3/min/m^2$或更小)、在0.5英寸水量下400$ft^3/min/ft^2$或更小(在125Pa下123$m^3/min/m^2$或更小)、或在0.5英寸水量下300$ft^3/min/ft^2$或更小(在125Pa下91.4$m^3/min/m^2$或更小)。例如，气体成核介质板的渗透率可以为在125Pa下0.5$m^3/min/m^2$至100$m^3/min/m^2$。

[0069] 根据ISO 16889以适合的面速度(例如，0.5cm/sec)运行时，气体成核介质板可以具有0.01psi或更小、1psi或更小、或100psi或更小的初始清洁压差。

[0070] Peclet数指示溶解气体从流体到介质的平流与扩散传输速率之比，其被计算为长度(例如，纤维直径)乘以速度(例如，面速度)除以扩散系数。气体成核介质板的Peclet数可以为0.05或更大、0.1或更大、0.5或更大、1或更大、或10或更大。气体成核介质板的Peclet数可以为1000或更小、2500或更小、10,000或更小、或50,000或更小。例如，气体成核介质板的Peclet数可以为0.5至10,000。

[0071] 可以使用例如介质的CT(计算辅助断层摄影)扫描来确定纤维相对于流动流的角度，作为纤维相对于流动方向的角度的加权平均值。该角度可以为0°(度)或更大、10°或更大、或30°或更大。该角度可以为90°或更小、80°或更小、或60°或更小。例如，该角度可以为10°至80°。

[0072] 气体成核介质中的纤维的刚度也可能影响流动特性并且因此可能影响成核。例如根据ASTM D790，可以将刚度作为纤维或基础材料的弯曲模量来测量。对于非聚合物材料，弯曲模量等于杨氏模量。气体成核介质的纤维的弯曲模量可以为1Gpa(吉帕斯卡)或更大、10GPa或更大、或50GPa或更大。气体成核介质的纤维的弯曲模量可以为500GPa或更小、400GPa或更小、或250GPa或更小。例如，气体成核介质的纤维的弯曲模量可以为10GPa至400GPa。

[0073] 气体成核介质可以具有任何适合的形状。可以基于除气器在系统中的定位来确定形状。在一个实施例中，气体成核介质限定了柱形形状。可以使用适合的卡尺厚度计来测量过滤介质板的厚度，比如使用直径为2.87cm的夹脚并施加1.5psi的压力。可以根据TAPPI T411测试方法来测量过滤介质板的厚度。气体成核介质可以具有任何适合的厚度。可以沿流体流动方向来测量气体成核介质的厚度。例如，在柱形除气器中，气体成核介质的厚度可以沿垂直于中心轴线A的径向方向测量。气体成核介质的厚度可以为0.01mm或更大、0.1mm或更大、或0.5mm或更大。气体成核介质的厚度可以为5mm或更小、2mm或更小、或1mm或更小。例如，气体成核介质的厚度可以为0.1mm至2mm。气体成核介质可以是褶皱式或包裹式的。在任一情况(褶皱式或包裹式)下，介质可以具有一个层或多个层。介质可以反复包裹或堆叠。当包括多个层时，这些层可以具有相同的组成和/或结构、或独特的组成和/或结构而可以放置成紧密接触。

[0074] 在一些实施例中,该气体成核介质包括过滤介质。在一个实施例中,该气体成核介质由颗粒过滤介质制成。在一些实施例中,该气体成核介质具有多个层。在一些实施例中,该气体成核介质是包裹或堆叠式的。在一个实施例中,该气体成核介质由褶皱式介质制成。在一个实施例中,该气体成核介质由非褶皱式介质制成。

[0075] 生长介质可以布置成与气体成核介质相邻或紧邻。生长介质可以由能够诱导气体空腔聚结和/或生长的任何适合的材料制成。不希望受理论束缚,据信生长介质的多个方面影响介质诱导聚结的有效性和效率。例如,影响聚结的方面可以包括介质(例如,纤维和粘接剂)的化学组成;介质的表面能;介质亲油性/疏油性;介质的基础纤维表面积;介质板密实度;介质平均孔隙;介质最大孔隙;介质板渗透率;介质板的厚度;表面粗糙度;以及介质两端的压差。这些特性中的一种或多种可以展现出从生长介质的上游侧到下游侧的梯度。在一些实施例中,气体成核介质可以展现出空气气泡生长行为。在这样的实施例中,可以排除单独的生长介质层。例如,孔径为4μm或更大、5μm或更大、6μm或更大、或8μm或更大的气体成核介质可以展现出空气气泡生长行为。在一个实施例中,气体成核介质的孔径为4μm或更大、5μm或更大、6μm或更大、或8μm或更大。在一个这样的实施例中,除气器不包括生长介质。在一个实施例中,除气器包括孔径为5μm或更大的气体成核、并且不包括生长介质。

[0076] 该生长介质的化学组成可能影响聚结和生长。生长介质的化学组成可以包括介质中的纤维的、和/或介质中使用的任何粘接剂或其他组分的化学组成。纤维可以包括任何合适的纤维材料,包括由以下一种或多种制成的织造或非织造介质:纤维素;再生纤维素(例如,人造丝);合成材料,比如聚酰胺(例如,尼龙)、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF);玻璃;陶瓷;或碳纤维。在一个实施例中,该生长介质包括聚酯、人造丝、或其组合,或由其制成。介质可以包括各种粘接剂,比如丙烯酸树脂、酚醛树脂、或环氧树脂。

[0077] 优选地,生长介质具有适合的表面能和亲油性/疏油性以诱导气体空腔聚结和/或生长、并且将形成的气体空腔释放到流体流中(与被"捕获"到纤维的表面相反)。根据实施例,生长介质是亲油的。在一些实施例中,生长介质展现出亲油性/疏油性梯度,其中介质的上游侧比下游侧更疏油。在另一实施例中,上游侧比下游侧更亲油。可以根据AATCC方法118(例如,118-2013)来测量介质的疏油等级(拒油性)。生长介质的疏油等级可以为1或更大、2或更大、3或更大、4或更大、5或更大、或6或更大。生长介质的疏油等级可以为8或更小、7或更小、6或更小、5或更小、或4或更小。在一个实施例中,生长介质的疏油等级为2至8、或3至8。材料的疏油性还可以表达为油滴在空气中的单一纤维上的接触角。生长介质的油接触角可以为0°或更大、10°或更大、20°或更大、或30°或更大。生长介质的油接触角可以为150°或更小、120°或更小、90°或更小、或60°或更小。生长介质可以是固有地亲油的(例如,由亲油纤维制造)和/或使用例如疏油处理化合物而变成疏油的。生长介质可以由复合材料构成。生长介质可以是亲油组分和疏油组分的复合物。疏油组分的疏油等级为1或更大。

[0078] 生长介质中的纤维的表面能可以为6mJ/m^2或更大、20mJ/m^2或更大、50mJ/m^2或更大、75mJ/m^2或更大、或100mJ/m^2或更大。生长介质中的纤维的表面能可以为400mJ/m^2或更小、350mJ/m^2或更小、300mJ/m^2或更小、250mJ/m^2或更小。例如,生长介质中的纤维的表面能可以为20mJ/m^2至350mJ/m^2。此处列出的值是通过ASTM D7490-13确定。

[0079] 介质的基础纤维表面积、并且因此介质与流体之间的接触面积可能影响聚结和生

长。介质的基础纤维表面积应理解为是指每单位整体表面积介质板(以m^2为单位)的总表面积(包括纤维之间的表面积)(以m^2为单位)。生长介质的基础纤维表面积可以为1m^2/m^2或更大、1.5m^2/m^2或更大、1.6m^2/m^2或更大、或2m^2/m^2或更大。生长介质的基础纤维表面积可以高达200m^2/m^2、高达50m^2/m^2、高达30m^2/m^2、高达10m^2/m^2、高达6m^2/m^2、或高达4m^2/m^2。例如,生长介质的基础纤维表面积可以为1.5m^2/m^2至50m^2/m^2。此处列出的值是通过科泽尼-卡尔曼方法来确定。

[0080] 生长介质中的纤维的几何构型可能影响聚结和生长。例如,可以选择尖锐边缘或拐角的存在和表面粗糙度、纤维表面相对于流动方向的取向、密实度、渗透性、以及生长介质的孔径,来增大气体空腔的聚结和生长,并且在它们生长和/或聚结之后将气体空腔释放到流体流中。

[0081] 生长介质中的纤维的纤维截面可以是多边形、或者具有带拐角的不规则形状(例如,小于180°、小于120°、或小于90°的拐角)。生长介质可以包括具有圆形、星形、方形、矩形、三叶形、三叶草形、或多边形截面的纤维。该截面可以在整个纤维长度上是恒定的或变化的。

[0082] 生长介质内的纤维的纤维大小可以在不同纤维之间并且沿着给定纤维变化。纤维大小还可以从介质的上游侧到介质的下游侧沿着梯度变化。生长介质内的纤维的纤维大小可以为10nm或更大、50nm或更大、100nm或更大。生长介质内的纤维的纤维大小可以为500μm或更小、100μm或更小、或10μm或更小。例如,生长介质内的纤维的纤维大小可以为50nm至100μm。

[0083] 纤维相对于生长介质中的流动流的角度可以为0°或更大10°或更大、或30°或更大。生长介质中的纤维的角度可以为90°或更小、80°或更小、或60°或更小。例如,该角度可以为10°至80°。

[0084] 生长介质中的纤维的刚度也可能影响流动特性并且因此可能影响聚结和/或生长。生长介质的纤维的弯曲模量可以为1Gpa或更大、10GPa或更大、或50GPa或更大。生长介质的纤维的弯曲模量可以为500GPa或更小、400GPa或更小、或250GPa或更小。例如,生长介质的纤维的弯曲模量可以为10GPa至400GPa。

[0085] 生长介质内的纤维的表面粗糙度可以为1nm或更大、10nm或更大、25nm或更大、50nm或更大、或100nm或更大。生长介质内的纤维的表面粗糙度可以为1000nm或更小、500nm或更小、或200nm或更小。例如,生长介质的纤维的表面粗糙度可以为10nm至500nm。生长介质内的纤维的偏度可以为-10或更大、-8或更大、或-6或更大。纤维的偏度可以为6或更小、8或更小或10或更小。例如,纤维的偏度可以为-8至8。生长介质内的纤维的峰度可以为6或更小、8或更小、或10或更小。此处列出的值是通过表面光度仪确定。

[0086] 介质的孔隙应理解为是指介质板中的孔洞(例如,通孔)和空腔。可以通过ASTM F316-03或ASTM D6767来确定孔径。介质的孔隙可以提供流体穿过介质板的流动路径。生长介质可以具有0.5μm或更大、1μm或更大、或5μm或更大的平均孔径。生长介质可以具有5μm或更小、10μm或更小、20μm或更小、100μm或更小、或200μm或更小的平均孔径。例如,生长介质内的孔隙可以具有5μm至100μm的平均孔径。生长介质的最大孔径可以为1μm或更大、5μm或更大、或10μm或更大。生长介质内的孔隙的最大孔径可以为10μm或更小、20μm或更小、100μm或更小、或200μm或更小。例如,生长介质内的孔隙可以具有5μm至200μm的最大孔径。此处列

出的值是通过ASTM F316-03确定。

[0087] 生长介质在1.5psi下的密实度可以为2％或更大、4％或更大、5％或更大、6％或更大、10％或更大、或20％或更大。生长介质在1.5psi下的密实度可以为90％或更小、75％或更小、50％或更小、40％或更小、30％或更小、20％或更小、15％或更小、10％或更小、9％或更小、或8％或更小。例如,生长介质在1.5psi时的密实度可以为2％至20％、或者2％至9％。生长介质可以包括具有多孔结构的织造或非织造介质。

[0088] 生长介质板可以具有任何适合的厚度。生长介质的厚度会影响介质板两端的压差。可以沿流体流动方向来测量生长介质的厚度。例如,在柱形除气器中,生长介质形成至少部分地环绕气体成核介质的同轴柱体,并且可以沿垂直于中心轴线A的径向方向来测量生长介质的厚度。可以使用适合的卡尺厚度计来测量过滤介质板的厚度,比如使用直径为2.87cm的夹脚并施加1.5psi的压力。可以根据TAPPI T411测试方法来测量过滤介质板的厚度。生长介质的厚度可以为0.01mm或更大、0.02或更大、0.05或更大、0.1mm或更大、或0.5mm或更大、0.8mm或更大、1mm或更大、2mm或更大、3mm或更大、或4mm或更大。生长介质的厚度可以为25mm或更小、20mm或更小、15mm或更小、或10mm或更小。例如,生长介质的厚度可以为0.1mm至20mm或0.8mm至10mm。

[0089] 根据ISO 16889以适合的面速度(例如,0.5cm/sec)运行时,生长介质板可以具有0.01psi或更小、1psi或更小、或100psi或更小的压差。

[0090] 生长介质可以被设置为多个介质层。该多个介质层可以施加到(例如,包裹在或层压到)气体成核介质上。生长介质层的数量增大可以改善空气空腔的聚结。然而,生长介质的厚度(例如,由于介质层的数量)增大还可以增大生长介质和除气器整体两端的压降。另外,高压降可能限制成核阶段能够释放的气体,这使得在生长阶段中成核更晚并且在生长阶段的下游释放的空气气泡较小。因此,可以平衡生长介质层的数量以提供改善的聚结,而不过分增大除气器单元两端的压降。生长介质可以被设置为2个或更多个层、3个或更多个层、4个或更多个层、或5个或更多个层。生长介质可以被设置为高达20个层、高达15个层、高达12个层、或高达10个层。在生长介质包括多个层的实施例中,除非另外指出,否则生长介质的厚度可以指代层的总厚度。独立生长介质板的厚度可能影响使用的包裹次数,例如较薄的介质可以利用更多次的包裹。在一个实施例中,生长介质由5至10个(例如,7个)介质层构成。

[0091] 生长介质下游的多孔挡板可以包括限定了延伸穿过挡板的开口或孔隙的任何适合的多孔材料。不希望受理论束缚,据信多孔挡板的多个方面影响挡板的有效性和效率。例如,影响多孔挡板的效率的方面可以包括孔径和孔隙形状、以及孔径的规则性或均匀性、以及整个挡板的形状;挡板的化学组成;挡板的亲油性/疏油性;挡板的表面粗糙度或光滑度;以及挡板相对于流动方向的方向/取向。这些特性中的一种或多种可以在上游侧与下游侧不同、或者展现出从生长介质的上游侧到下游侧的梯度。

[0092] 在一些实施例中,多孔挡板包括织造或非织造材料。这些开口的大小可以是均匀或不均匀的,即包括各种大小的开口。多孔挡板的孔隙还可以被称为筛网开口、并且应理解为是指挡板中的孔洞(例如,通孔)。可以通过ASTM E11或通过光学成像来确定孔径。多孔挡板包括的开口的大小可以为5μm或更大、10μm或更大、15μm或更大、或20μm或更大。多孔挡板包括的开口的大小可以为1mm或更小、750μm更小、500μm更小、250μm更小、200μm更小、150μm

更小、100μm更小。在一个示例中,多孔挡板包括的开口的大小可以为10μm至250μm、15μm至200μm、或者20μm至150μm。在一些实施例中,多孔挡板的开口大小是均匀的(例如,具有窄的孔径分布)。例如,在一些实施例中,多孔挡板的至少一些开口、大部分开口、至少90%的开口、至少95%的开口、或至少99%的开口在本文指明的大小范围内,如由多孔挡板的总开口面积确定的。此处列出的值是通过光学成像确定。在一个实施例中,多孔挡板的基本上所有开口都在此处指明的大小范围内。

[0093] 多孔挡板的开口可以具有任何适合的形状。例如,开口可以是矩形、方形、修圆形、卵形、或任何其他适合的形状。该形状可以通过从垂直于多孔挡板平面的方向观察多孔挡板来确定。在一些实施例中,多孔挡板的开口大小是均匀的。例如,在一些实施例中,多孔挡板的至少一些开口、大部分开口、至少90%的开口、至少95%的开口、或至少99%的开口具有相同的形状(例如,为矩形、方形、修圆形、卵形等)。

[0094] 多孔挡板130可以由织造或非织造材料制成。例如,多孔挡板130可以由织造网制成。织造网可以具有0.01mm或更大、0.05mm或更大、或0.1mm或更大的丝直径(或横向尺寸)。织造网可以具有10mm或更小、2mm或更小、1mm或更小、或0.5mm或更小的丝直径(或横向尺寸)。例如,织造网可以具有0.05mm至2mm的丝直径(或横向尺寸)。在一个实施例中,多孔挡板130包括褶皱式材料、比如褶皱式织造网。多孔挡板130可以由任何适合的材料制成。例如,多孔挡板可以由具有适合的亲油性/疏油性的材料制成,以促使气体空腔进一步生长并且允许气体空腔穿过挡板。在一些实施例中,多孔挡板或多孔挡板的一部分是疏油的。根据一些实施例,多孔挡板的至少一侧是亲油的。在一些实施例中,多孔挡板展现出疏油性梯度,其中挡板的上游侧比下游侧更疏油。材料的疏油性可以表达为根据AATCC方法118测量的疏油等级。多孔挡板的疏油等级可以为1或更大、1.5或更大、或2或更大。多孔挡板可以具有为8或更小、或6或更小的油等级。多孔挡板可以由复合材料构成。多孔挡板可以是亲油组分和疏油组分的复合物。疏油组分的疏油等级为1或更大。

[0095] 例如,多孔挡板130可以由金属(比如不锈钢)、或由以下一种或多种制成的织造或非织造制成:纤维素;再生纤维素(例如,人造丝);合成材料,比如聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF);玻璃;陶瓷;或碳纤维。在一个实施例中,多孔挡板130由织造金属网、比如不锈钢网制成。在一些实施例中,纤维(例如,金属纤维)被涂覆。可以使用聚合物或非聚合物涂层,比如树脂。多孔挡板130可以以柱形形状布置成至少部分地环绕气体成核介质110和生长介质120。

[0096] 多孔挡板可以展现出微观纹理和宏观纹理。本文所使用的微观纹理是指挡板的在构成挡板的各个纤维或丝的水平上的表面纹理(例如,指代大小小于1mm的变化)。微观纹理还可以称为表面粗糙度。本文所使用的宏观纹理是指整体挡板的表面纹理(例如,指代大小大于1mm的变化)。多孔挡板可以展现出表面粗糙度。例如,多孔挡板可以具有为1nm或更大、10nm或更大、25nm或更大、50nm或更大、或100nm或更大的表面粗糙度。多孔挡板可以具有1000nm或更小、500nm或更小、或200nm或更小的表面粗糙度。例如,多孔挡板可以具有10nm至500nm的表面粗糙度。在一些实施例中,多孔挡板具有极小或没有宏观纹理,即,多孔挡板是“平滑的”,除了多孔挡板可能起褶皱之外。

[0097] 多孔挡板表面的额外特性包括偏度、峰度、和曲率半径。纤维的偏度可以为至少-10或更大、-8或更大、或-6或更大。纤维的偏度可以为6或更小、8或更小或10或更小。多孔挡

板的纤维可以具有-10或更大、-8或更大、或-6或更大的峰度。多孔挡板的纤维可以具有6或更小、8或更小、或10或更小的峰度。某些表面粗糙度、偏度和峰度的组合可以获得有利的捕获特性。例如,高粗糙度和高峰度可以有利于捕获。多孔挡板的纤维可以具有可能高达2nm、高达5nm、高达10、高达50、高达100、或高达500nm的曲率半径。

[0098] 根据ISO 16889以适合的面速度(例如,0.5cm/sec)运行时,多孔挡板可以具有0.01psi或更小、1psi或更小、或100psi或更小的初始清洁压差。

[0099] 多孔挡板可以被定位成总体上垂直于流动方向。例如,多孔挡板可以是柱形的,具有与成核介质同轴的柱形壁。在一些实施例中,多孔挡板包括褶皱材料,其中褶皱的面相对于流动方向成角度。如图所示,除气器100可以包括在气体成核介质110与多孔挡板130之间、或在生长介质120与多孔挡板130之间的空隙135。空隙135的大小可以适合于容纳来自生长介质120的聚结的气体空腔(第二阶段气体空腔)。空隙135可以被布置成允许聚结的气体空腔(第二阶段气体空腔)汇集并且进一步聚结(第三阶段气体空腔)。因此,在一些方面,空隙135可以被认为是第二生长阶段。

[0100] 多孔挡板130的轴向长度可以等于气体成核介质110的轴向长度。替代性地,多孔挡板130的轴向长度可以大于或小于气体成核介质110的轴向长度。在一个实施例中,多孔挡板130的轴向长度小于气体成核介质110的轴向长度。

[0101] 空隙135可以沿从第一端盖141到第二端盖142的轴向方向延伸,从而限定空隙135的轴向长度。空隙135的宽度可以测量为在气体成核介质110与多孔挡板130之间、或在生长介质120与多孔挡板130之间的径向距离。在一些实施例中,空隙135从生长介质120延伸至储箱的壁。空隙135的大小沿着其轴向长度可以是均等的、或者可以在一端比另一端更宽。例如,空隙135可以被构造成在其底部处较宽而在顶部处较窄、或者在底部处较窄而在顶部处较宽。空隙135的宽度可以为0.5mm或更大、1mm或更大、1.5mm或更大、2mm或更大、2.5mm或更大、或4mm或更大。空隙135的宽度可以为25mm或更小、20mm或更小、15mm或更小、10mm或更小、或5mm或更小。例如,空隙的宽度可以为4mm至20mm。在空隙135从生长介质120延伸至储箱的壁的一些实施例中,空隙的大小可以较大,例如高达10m(米)、高达5m、高达1m、高达50cm(厘米)、高达25cm、或高达10cm。

[0102] 除气器100可以包括额外的元件。例如,除气器100可以包括一个或多个支撑衬里。此类衬里可以布置成与气体成核介质110、生长介质120、和/或多孔挡板130相邻或在其间、或是这两者的组合。除气器100可以进一步包括以下中的一者或多者:壳体元件、支撑元件、安装元件、端盖、密封件、灌封化合物、管、管线等。

[0103] 除气器100可以包括可移除和/或可维修的部件。例如,气体成核介质110、生长介质120、和多孔挡板130中的一者或多者可以是独立可移除和/或可维修的、或者可以形成可移除和/或可维修单元。在一个实施例中,气体成核介质110和生长介质120是可移除和/或可维修的。例如,气体成核介质110和生长介质120可以形成可移除和/或可维修单元。气体成核介质110与生长介质120的可维修单元可以可选地包括附接至气体成核介质110和生长介质120的单独端盖。多孔挡板130可以永久地附接至第一端盖141和/或第二端盖142。多孔挡板130和第一端盖141和/或第二端盖142可以形成框架。在一些实施例中,气体成核介质110与生长介质120的可维修单元可以可移除地且可密封地与框架联接。当除气器100组装好时,气体成核介质110与生长介质120的可维修单元的端盖可以与第一端盖141和第二端

盖142相邻并且可以在相邻的端盖之间包括密封件,比如O形环。相邻的端盖可以与一个或多个端盖轴向地对准,这些端盖包括限制相邻端盖的移动的唇缘。

[0104] 所描绘的除气器100被配置为使得它可以以各种取向安装,例如使得中心轴线A竖直定向,或者替代性地中心轴线A水平定向。如果除气器100共线安装,比如安装在返回管线31处,则水平取向可以是有利的。在水平取向时,气体成核介质110、生长介质120、和多孔挡板130可以布置呈非柱形形状,比如平面形状。

[0105] 在优选的实施例中,除气器100以竖直位置定位在储箱10内(其中轴线A是竖直的或基本上竖直的)。除气器100可以布置在通到储箱10中的入口下方(例如,直接下方)。例如,除气器100可以安装到该入口上,在此处返回管线31将流体排放到储箱10中。除气器100可以被浸没或部分地浸没、或者可以至少有时完全高于储箱的液位。例如,储箱10可以是液压系统的液压流体储箱,其中在液压系统的操作期间,储箱10中的液位发生变化。除气器100可以安装在储箱的顶部处或附近,使得除气器100有时、至少一些时间、或一直部分地浸没在液压流体中。

[0106] 下文提供了本披露的除气器的各个方面的列表。

[0107] 根据第一方面,一种除气器包括:气体成核介质;与所述气体成核介质相邻的生长介质;以及与所述生长介质相邻的多孔挡板。

[0108] 在第2方面,根据第1方面所述的除气器,进一步包括在所述生长介质与所述多孔挡板之间的空隙。该空隙的宽度可以为0.5mm或更大、1mm或更大、1.5mm或更大、2mm或更大、或2.5mm或更大;或者为50cm或更小、20cm或更小、25mm或更小、20mm或更小、15mm或更小、10mm或更小、或5mm或更小。该空隙的宽度可以为1mm至15mm。

[0109] 在第3方面,根据第1或2方面所述的除气器,所述气体成核介质包括颗粒过滤介质。

[0110] 在第4方面,根据第1至3方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、陶瓷、碳纤维、或其组合。所述气体成核介质可以包括玻璃纤维和聚酯的组合。

[0111] 在第5方面,根据第1至4方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质包括疏油材料,所述疏油材料的油接触角可以为至少30°、至少50°、至少70°、至少90°或至少120°;或高达120°或高达150°。所述气体成核介质的油接触角可以为50°至120°。

[0112] 在第6方面,根据第1至5方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质包括疏油材料,所述疏油材料的疏油等级为1或更大、2或更大、3或更大、4或更大、5或更大、或6或更大;或者为8或更小、7或更小、6或更小、5或更小、或4或更小。所述气体成核介质的疏油等级可以为2至8或3至8。

[0113] 在第7方面,根据第1至6方面中任一项所述的除气器,所述生长介质包括多个介质层。生长介质可以包括2个或更多个层、3个或更多个层、4个或更多个层、或5个或更多个层;或高达20个层、高达15个层、高达12个层、或高达10个层。所述生长介质可以包括2至15个层或4至10个层。所述生长介质可以包括7个层。

[0114] 在第8方面,根据第1至7方面中任一项所述的除气器,所述生长介质紧邻所述气体成核介质。

[0115] 在第9方面,根据第1至8方面中任一项所述的除气器,所述生长介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、陶瓷、碳纤维、或其组合。所述生长介质可以包括再生纤维素纤维和聚酯的组合。

[0116] 在第10方面,根据第1至9方面中任一项所述的除气器,所述多孔挡板包括形成出口的开口。

[0117] 在第11方面,根据第1至10方面中任一项所述的除气器,所述多孔挡板包括的开口的大小为1mm或更小、750μm或更小、500μm或更小、250μm或更小、200μm或更小、150μm或更小、或100μm或更小。所述多孔挡板包括的开口的大小可以为10μm至120μm、15μm至100μm、或者20μm至80μm。

[0118] 在第12方面,根据第11方面所述的除气器,进一步包括衬里。

[0119] 在第13方面,根据第1至12方面中任一项所述的除气器,进一步包括第一端盖,所述第一端盖包括限定了入口的开口。

[0120] 在第14方面,根据第1至13方面中任一项所述的除气器,进一步包括关闭的第二端盖。

[0121] 在第15方面,根据第14方面所述的除气器,所述第二端盖包括底部。

[0122] 在第16方面,根据第1至15方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质环绕并且限定开放的除气器内部。

[0123] 在第17方面,根据第1至16方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质、所述生长介质、以及所述多孔挡板形成柱形本体。

[0124] 在第18方面,根据第1至17方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质的基础纤维表面积为$1m^2/m^2$或更大、$1.5m^2/m^2$或更大、$2m^2/m^2$介质或更大、$5m^2/m^2$介质或更大、$10m^2/m^2$介质或更大、$25m^2/m^2$或更大、$50m^2/m^2$或更大、或$100m^2/m^2$或更大;或者为$200m^2/m^2$或更小、$150m^2/m^2$或更小、$100m^2/m^2$或更小、$50m^2/m^2$或更小、$30m^2/m^2$或更小、$10m^2/m^2$或更小、$6m^2/m^2$或更小、或$4m^2/m^2$或更小,如通过科泽尼-卡尔曼方法测量的。所述气体成核介质的基础纤维表面积可以为$1m^2/m^2$至$100m^2/m^2$、或$5m^2/m^2$至$50m^2/m^2$,如通过科泽尼-卡尔曼方法测量的。

[0125] 在第19方面,根据第1至18方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质的平均孔径为0.5μm或更大、1μm或更大、或5μm或更大;或者为5μm或更小、10μm或更小、20μm或更小、100μm或更小、或200μm或更小,如通过ASTM F316测量的。所述气体成核介质内的孔隙的平均孔径可以为5μm至100μm或30μm或更小,如通过ASTM F316测量的。

[0126] 在第20方面,根据第13方面所述的除气器,所述第一端盖包括直接通到所述生长介质与所述多孔挡板之间的空隙的入口。

[0127] 在第21方面,根据第1至20方面中任一项所述的除气器,所述生长介质在1.5psi下的密实度为2%或更大、4%或更大、5%或更大、6%或更大、10%或更大、或20%或更大;或者为90%或更小、75%或更小、50%或更小、40%或更小、30%或更小、20%或更小、15%或更小、10%或更小、9%或更小、或8%或更小。所述生长介质在1.5psi下的密实度可以为2%至20%、或者2%至9%。

[0128] 在第22方面,根据第1至21方面中任一项所述的除气器,所述生长介质的厚度为0.01mm或更大、0.02或更大、0.05或更大、0.1mm或更大、或0.5mm或更大、0.8mm或更大、1mm

或更大、2mm或更大、3mm或更大、或4mm或更大;或者为25mm或更小、20mm或更小、15mm或更小、或10mm或更小,如根据TAPPI T411测试方法测量的。所述生长介质的厚度可以为0.1mm至20mm、或0.8mm至10mm,如根据TAPPI T411测试方法测量的。

[0129] 在第23方面,根据第1至22方面中任一项所述的除气器,所述生长介质包括亲油组分和疏油组分的复合物,其中,疏油组分的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

[0130] 在第24方面,根据第1至23方面中任一项所述的除气器,所述多孔挡板包括疏油表面,所述疏油表面的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

[0131] 在第25方面,根据第1至24方面中任一项所述的除气器,所述多孔挡板包括亲油组分和疏油组分的复合物,其中,疏油组分的疏油等级为1或更大,如通过AATCC方法118测量的。

[0132] 根据第26方面,一种用于从流体中去除气体的系统包括:储箱,所述储箱包括流体入口和流体出口、并且具有从所述流体入口到所述流体出口的流体流动路径;以及在所述流体流动路径中的除气器。

[0133] 在第27方面,根据第26方面所述的系统,所述除气器包括:气体成核介质;在所述气体成核介质下游的生长介质;以及在所述气体成核介质下游的多孔挡板。

[0134] 在第28方面,根据第26或27方面所述的系统,所述除气器在所述生长介质与所述多孔挡板之间包括空隙。

[0135] 在第29方面,根据第26至28方面中任一项所述的系统,所述气体成核介质包括颗粒过滤介质。

[0136] 在第30方面,根据第26至29方面中任一项所述的系统,所述气体成核介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、或其组合。所述气体成核介质可以包括玻璃纤维和聚酯的组合。

[0137] 在第31方面,根据第26至30方面中任一项所述的系统,所述气体成核介质包括疏油材料,所述疏油材料的油接触角可以为至少30°、至少50°、至少70°、至少90°或至少120°;或高达120°或高达150°。所述气体成核介质的油接触角可以为50°至120°。

[0138] 在第32方面,根据第26至31方面中任一项所述的系统,所述气体成核介质包括疏油材料,所述疏油材料的疏油等级为1或更大、2或更大、3或更大、4或更大、5或更大、或6或更大;或者为8或更小、7或更小、6或更小、5或更小、或4或更小。所述气体成核介质的疏油等级可以为2至8或3至8。

[0139] 在第33方面,根据第26至32方面中任一项所述的系统,所述生长介质包括多个介质层。生长介质可以包括2个或更多个层、3个或更多个层、4个或更多个层、或5个或更多个层;或高达20个层、高达15个层、高达12个层、或高达10个层。所述生长介质可以包括2至15个层或4至10个层。所述生长介质可以包括7个层。

[0140] 在第34方面,根据第26至33方面中任一项所述的系统,所述生长介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、陶瓷、碳纤维、或其组合。所述生长介质可以包括再生纤维素纤维和聚酯的组合。

[0141] 在第35方面,根据第26至34方面中任一项所述的系统,所述生长介质紧邻所述气体成核介质。

[0142] 在第36方面,根据第26至35方面中任一项所述的系统,所述多孔挡板包括的开口的大小为1mm或更小、750μm或更小、500μm或更小、250μm或更小、200μm或更小、150μm或更小、或100μm或更小。所述多孔挡板包括的开口的大小可以为10μm至250μm、15μm至200μm、或者20μm至150μm。

[0143] 在第37方面,根据第26至36方面中任一项所述的系统,所述除气器包括衬里。

[0144] 在第38方面,根据第26至37方面中任一项所述的系统,所述除气器包括第一端盖,所述第一端盖包括限定了除气器入口的开口。

[0145] 在第39方面,根据第26至38方面中任一项所述的系统,所述除气器包括关闭的第二端盖。

[0146] 在第40方面,根据第26至39方面中任一项所述的系统,所述关闭的第二端盖包括底部。

[0147] 在第41方面,根据第26至40方面中任一项所述的系统,所述气体成核介质环绕并且限定开放的除气器内部。

[0148] 在第42方面,根据第26至41方面中任一项所述的系统,所述气体成核介质、所述生长介质、以及所述多孔挡板形成柱形本体。

[0149] 在第43方面,根据第26至42方面中任一项所述的系统,所述气体成核介质和所述生长介质以通流构型布置在流体流动路径中。

[0150] 根据第44方面,一种用于从流体中去除气体的方法包括:使所述流体穿过限定了流体流动路径的除气器,所述除气器包括如第1至25方面中任一项所述的除气器。所述流体可以包括油。所述流体可以包括液压流体。

[0151] 在第45方面,根据第44方面所述的方法,所述方法包括与没有除气器的基线相比,从流体中去除至少25%、至少30%、至少35%、至少40%、至少45%、至少50%、至少55%、或至少60%的空气。

[0152] 根据第46方面,一种除气器包括:气体成核介质;与所述生长介质相邻的多孔挡板,所述多孔挡板包括的开口的大小为1mm或更小、750μm或更小、500μm或更小、250μm或更小、200μm或更小、150μm或更小、或100μm或更小;以及在所述气体成核介质与所述多孔挡板之间的空隙。所述多孔挡板包括的开口的大小可以为10μm至120μm、15μm至100μm、或者20μm至80μm。

[0153] 在第47方面,根据第46方面所述的除气器,所述气体成核介质包括颗粒过滤介质。

[0154] 在第48方面,根据第46或47方面所述的除气器,所述气体成核介质包括纤维素、再生纤维素、聚酰胺、聚酯、聚醚砜(PES)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、玻璃、陶瓷、碳纤维、或其组合。所述气体成核介质可以包括玻璃纤维和聚酯的组合。

[0155] 在第49方面,根据第46至48方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质包括疏油材料,所述疏油材料的油接触角可以为至少30°、至少50°、至少70°、至少90°或至少120°;或高达120°或高达150°。所述气体成核介质的油接触角可以为50°至120°。

[0156] 在第50方面,根据第46至49方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质包括

疏油材料,所述疏油材料的疏油等级为1或更大、2或更大、3或更大、4或更大、5或更大、或6或更大;或者为8或更小、7或更小、6或更小、5或更小、或4或更小。所述气体成核介质的疏油等级可以为2至8或3至8。

[0157] 在第51方面,根据第46至50方面中任一项所述的除气器,所述空隙为0.5mm或更大、1mm或更大、1.5mm或更大、2mm或更大、2.5mm或更大、或4mm或更大;或者为25mm或更小、20mm或更小、15mm或更小、10mm或更小、或5mm或更小。所述空隙可以为4mm至20mm。

[0158] 在第52方面,根据第46至51方面中任一项所述的除气器,进一步包括衬里。

[0159] 在第53方面,根据第46至52方面中任一项所述的除气器,进一步包括第一端盖,所述第一端盖包括限定了入口的开口。

[0160] 在第54方面,根据第46至53方面中任一项所述的除气器,进一步包括关闭的第二端盖。

[0161] 在第55方面,根据第46至54方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质环绕并且限定开放的除气器内部。

[0162] 在第56方面,根据第46至55方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质和所述多孔挡板形成柱形本体。

[0163] 在第57方面,根据第46至56方面中任一项所述的除气器,所述气体成核介质的平均孔径为0.5μm或更大、1μm或更大、或5μm或更大;或者为5μm或更小、10μm或更小、20μm或更小、100μm或更小、或200μm或更小,如通过ASTM F316测量的。所述气体成核介质内的孔隙的平均孔径可以为5μm至100μm或30μm或更小,如通过ASTM F316测量的。

[0164] 实例

[0165] 实例1和2

[0166] 对被配置为与液压油一起使用的除气器的各个方面进行测试。对照市售的除气器与不含除气器的基线来测试除气器性能。

[0167] 测试系统。为了测试除气器的性能,使用加压空气来使液压油被空气饱和。使用可从伊利诺伊州莫林的迪尔公司(Deere&Company)获得的HY-GARD™液压/传输油来进行测试。将除气器组装在储箱中,该储箱被构造成模拟液压系统中的液压油储箱,其中返回的液压油从顶部进入储箱和除气器中。在测试期间,储箱处于环境压力下。使空气饱和的油循环穿过系统,包括容装有要测试的除气器的除气器储箱。将空气饱和的油泵送到除气器以确定空气去除效率。

[0168] 将流体加热至目标温度,比如35±1.6℃,并且在414kPa的压力下流量为约36L/min。使空气以7.1L/min的流量流到充气储箱中。

[0169] 样品的制备。以同轴方式构建除气过滤器元件(样品C-H),如图2A所示,其中在生长介质和筛网挡板之间具有0.5cm的空隙。元件的大小是针对每个阶段的介质面速度确定的:成核阶段为30cm/min、生长阶段为130cm/min、筛网挡板阶段为30cm/min。成核介质是褶皱式EN0799037液压介质,其可从明尼苏达州明尼阿波利斯的唐纳森公司(Donaldson Company,Inc)获得,部件号为P171846和P171579。生长介质是包裹式的针刺聚酯/人造丝混合非织造介质,例如由精密定制涂料有限责任公司(Precision Custom Coatings,LLC)(新泽西州托托瓦)制造的PN-130(130g/m^2)。筛网由褶皱式简单编织筛网构成。成核介质和筛网挡板由支撑丝支撑。

[0170] 将市售的除气器(对比实例,样品A)缩小尺寸以匹配测试系统的流动容量。在市售的除气器中,流穿过底部进入,从内到外径向向外转弯并穿过颗粒介质。颗粒介质被柱形金属外壳(在颗粒介质的下游)环绕。柱形金属外壳在外壳的下部1/3处具有矩形开口,其中开口内侧附连有单层不锈钢筛网,使得所有流都行进穿过筛网。估计筛网具有约2mm的开口。观察到,所有小气泡和许多大气泡行进穿过筛网而没有聚结。筛网通过矩形开口提供向外和略微向上的流动。

[0171] 基线(样品B)仅包括粒子过滤器,没有除气器。用作基线的粒子过滤器是可从明尼苏达州明尼阿波利斯的唐纳森公司获得的K041774过滤器。

[0172] 测试方法。将注入储箱中的液压油连续充气1800秒。在整个测试过程中测量并记录油充气率(%)。图4示出了实例1和2中使用的数据收集装置的示意图。通过对600s至1700s的油充气率(%)读数求平均值来确定每个除气器的最大充气值。较低的最大充气值指示去除的空气更多,因此除气性能更好。对照命名为“样品A”的市售除气器和命名为“样品B”的不含除气器的基线,对样品进行了测试。

[0173] 充气测量装置是来自比利时Froyennes的达美服务工业公司(Delta Services Industriels)的AIR-X传感器。

[0174] 实例1

[0175] 用不同网孔大小的多孔挡板来准备样品装置,同时维持成核阶段和生长阶段恒定。将生长介质准备成具有7层(包裹)介质。样品C-F的标称网孔大小的范围为20μm至125μm,如下表1所示。如上所述来测试除气器。在表1和图5A至图5C中还示出了结果,包括跨除气器的压差。

[0176] 表1.

[0177]

样品	描述	压差（PSID）	最大平均值充气率（%）	充气率与基线相比	相对于基线的空气减少
样品 A	市售	7	3.7	96%	4%
样品 B	基线	9.5	3.9	100%	N/A
样品 C	20 μm 筛网，尼龙	10.5	1.5	39%	61%
样本 D	50 μm 筛网，不锈钢	11.5	3.0	78%	22%
样品 E	80 μm 筛网，不锈钢	11	3.3	85%	15%
样品 F	125 μm 筛网，不锈钢	12	3.3	85%	15%

[0178] 图5A是各个样品的油充气率(%)结果的数据图。图5B中显示了相对于基线样品B的最大平均充气率(%)的改进。观察到,较小网孔大小的多孔挡板与较大的大小相比产生更好的除气结果。样品C的最大平均充气率降低了61%,而样品D的降低了22%,样品E和F降低了15%。进一步观察到,样品C-F中的每一个均优于市售样品A和基线样品B。图5C对比了最大平均充气率(%)和压差。

[0179] 实例2

[0180] 通过施加不同层数的生长介质来用不同的生长介质厚度准备样品装置C、G、和H,同时维持成核介质和多孔挡板网孔大小恒定。样品C具有与实例1(7层介质)相同的生长介质厚度,样品G具有一半厚度的生长介质(3层介质),而样品H没有生长介质,如下表2所示。如上所述来测试除气器。在表2和图6A至图6C中还示出了结果,包括跨除气器的压差。

[0181] 表2.

[0182]

样品	描述	压差（PSID）	最大平均值充气率	充气率与基线相比	相对于基线的空气减少
样品 A	市售	7	3.7%	96%	4%
样品 B	基线	9.5	3.9%	100%	N/A
样品 C	生长，以及 20 μm 尼龙筛网	10.5	1.5%	39%	61%
样品 G	一半厚度的生长，以及 20 μm 尼龙筛网	11.5	3.0%	54%	46%
样品 H	无生长，以及 20 μm 尼龙筛网	11	3.3%	73%	27%

[0183] 图6A是各个样品的油充气率(%)结果的数据图。图6B中显示了相对于基线样品B的最大平均充气率(%)的改进。观察到,越厚的生长介质产生的除气结果越好。样品C的最大平均充气率的降低是基线的61%,而样品G实现46%的降低,并且样品H的最大平均充气率的降低为27%。进一步观察到,样品C、G和H中的每一个均优于市售样品A和基线样品B。图6C对比了最大平均充气率(%)和压差。

[0184] 实例3-5

[0185] 样品的制备。通过将纤维分散在水中来生产介质纸页,然后将其在可从纽约哈德逊福尔斯的阿迪朗达克机械公司(Adirondack Machine Corp.)获得的ADIRONDACK FORMAX 12”x12”不锈钢板模具中成型。下文在实例3中提供了设置的具体细节。将测试介质切割成与介质支架适配,其有效面积为71mm^2。将测试介质浸泡在测试油中并置于共线的介质壳体中。

[0186] 本文所使用的术语“基础纤维表面积”是指每单位整体介质表面积的纤维表面积。

[0187] 表面积分析。介质的表面积可以通过Branauer-Emmett-Teller(BET)分析或根据

科泽尼-卡尔曼关系式来确定。实例3和4使用了科泽尼-卡尔曼关系式。

[0188] BET分析:可以根据使用ISO 9277得到的每单位质量的表面积和由ASTM D646确定的介质干基重、通过以下关系式来确定1m^{2}介质样品中每单位整体表面积的介质基础纤维表面积(以m^{2}为单位):

[0189] $$基础纤维表面积=\frac{纤维表面积}{纤维质量}*基重$$

[0190] 对于低表面积材料(例如,纤维表面积小于1m^2/g),优选地使用氪气来进行BET测量。对于高表面积材料(例如,纤维表面积大于1m^2/g),优选地使用氮气来进行BET测量。如果仅测量单层介质复合物的基础纤维表面积,则从复合物中去除该层,并在计算中使用该层的质量和基重。

[0191] 科泽尼-卡尔曼方法:可以基于科泽尼-卡尔曼关系式来计算介质的基础纤维表面积,其中基于在对穿过球体填充床的流体流进行建模时结合达西定律(Darcy's Law)和泊肃叶定律(Poiseuille's Law)所推导出的等式来计算流经固体多孔材料的流体压降。该等式的一般形式为

[0192] $\Delta P = Lv\frac{180\mu}{\phi^2 d^2}\frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3}$,其可以被改变成:

[0193] $d=\sqrt{\frac{Lv}{\Delta P}\frac{180\mu}{\phi^2}\frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3}}$,其中

[0194] d=构成多孔结构的柱体的标称直径(有时称为标称纤维直径大小)

[0195] ΔP=跨多孔填充床的压降

[0196] L=多孔床的长度

[0197] v=穿过多孔床的流体的定向速度

[0198] μ=流体的速度

[0199] ∈=多孔床的孔隙度

[0200] φ=球状颗粒的形状因子。使用了形状因子φ=1。

[0201] 由于大多数典型过滤介质中使用的纤维(包括此处的示例)具有100-1000的大纵横比,因此可以认为端部的表面积可忽略不计,并且可以将纤维的表面积视为一根长纤维或柱体的表面积。然后,可以基于过滤介质样品的总质量和材料的密度来计算介质的基础纤维表面积。在纤维由多于一种材料制成的情况下,使用质量分数加权的密度。可以通过本领域技术人员已知的方法来鉴别纤维材料并确定其质量分数。根据科泽尼-卡尔曼方法将表面积报告为基础纤维表面积。如果仅测量单层介质复合物的基础纤维表面积,则在测试前从复合物中去除该层。

[0202] 测试程序。为了测试成核介质的性能,成核测试试验台是由储箱通过一系列阀和管道系统连接至空气供应器而构成。供应到储箱的空气由两个不同的压力控制阀控制,以在储箱内维持特定压力。储箱连接到介质测试壳体,该壳体还具有旁路回路。壳体管路和旁路都通向CANTYVISION相机,然后通向位于数字质量秤顶部的收集瓶。使用CANTYVISION智能分析软件来分析从CANTYVISION摄像机视频记录中获得的图像,以记录并分析被测介质板的成核能力。CANTYVISION相机和软件可从纽约州布法罗的JM Canty公司获得。

[0203] 在测试开始时,将储箱填充约1.5加仑的测试油。创建穿过储箱的空气流动回路,以通过鼓泡对液压油进行充气。储箱压力维持在25psi以对油进行充气。在对油进行充气之后,允许多余的自由空气从油中逸出。

[0204] 为了进行成核测试,使来自储箱的经充气的液压油流经测试介质,同时调整储箱压力,从而以所需的实验面速度(通过来自秤的记录数据观察)来驱动流动。测试进行7分钟。使用CANTYVISION相机以每秒5帧的速率对油流进行成像,并使用CANTYVISION软件来处理数据以计算每个视频帧的平均空气体积和平均气泡直径。

[0205] 图像数据处理。使用IMAGEJ软件(可从美国国立卫生研究院健康与人类服务部获得)来进行图像处理。以下例程在所有实验中统一应用于每个实验捕获的最后1000帧。

[0206] 如有必要,将图像裁剪到以下区域:排除了实验的任何伪影,例如窗墙和不是气泡的圆形物体。将图像转换为8位灰度图像。应用“Otsu”自动阈值算法(在Otsu,N.,A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[灰度直方图的阈值选择方法],9IEEE Transactions on Systems,Man,and Cybernetics 62(1979)中进行了描述)来将图像转换为黑白图像,其中黑色设置为背景颜色。图像中未填充的对象轮廓使用“填充孔洞”例程来填充,然后应用“分水岭”例程(在Soille,P.和Vincent,L.的“Determining Watersheds in Digital Pictures via Flooding Simulations[通过洪水模拟确定数字图片中的分水岭]”1360Proc.SPIE 240(1990)中进行了描述)来检测并划分重叠的对象。然后将这些处理过的图像用于计算面积为至少1203μm^{2}且圆度为0.95(定义为4*面积/[π*主轴^2])的气泡。根据气泡的费雷特(Feret)直径来估计气泡体积。费雷特直径定义为沿选择边界的任意两点之间的最长距离(也称为最大卡尺)。在成核阶段,术语“气泡直径”指代费雷特直径。

[0207] 孔径测量。可以使用例如由纽约州伊萨卡的多孔材料公司(Porous Materials,Inc.)制造的自动空气渗透率孔隙度仪来测量介质的孔径。在这些实例中,将型号为APP-1200-AEXSC的多孔材料与CAPWIN软件一起使用。测试类型为毛细流动孔隙法、干透/润湿,测试流体为硅油,其流体表面张力为20.1达因/厘米,并且样品有效测试大小为直径1cm。

[0208] 实例3

[0209] 以单层布置来测试各种成核介质样品。根据下表3,介质样品由微玻璃纤维和鞘/芯双组分聚酯制备。双组分聚酯纤维为ADVANSA 271P,其可从德国的Advansa GmbH公司获得并且具有14μm的标称平均直径和6mm的标称平均长度。使用各种干燥技术(包括烘箱和板材干燥机)以及压缩,以在样品中产生不同的厚度和密实度。众所周知,气流烘箱产生比板材干燥机更低密实度的结构。

[0210] 表3.介质样品的设置设计因素

[0211]

目标基重（g/m^2）				
30	42	60	78	90
玻璃的质量比（%）				
20	26	40	54	60
玻璃微纤维标称直径				
1.0 μm（UNIFRAX 等级 B-10-F）		1.48 μm（UNIFRAX 等级 B-15-F）		2.44 μm（UNIFRAX 等级 B-26-R）
干燥例程				
强制空气烤箱		热板干燥机		热板干燥机，然后加热压缩成 40 kg 重量。

[0212] 表4中示出了被测介质特性。

[0213] 表4.介质样品的特性

[0214]

介质特性	最小值	最大值
平均孔径	4.6μm	26.9μm
基础纤维表面积	$9.2m^2/m^2$	$47.8m^2/m^2$
介质厚度	0.1638mm	0.6051mm
在1.5psi下测得的介质密实度	6.7%	10.3%

[0215] 每帧的平均空气体积(与释放的总空气成比例)和平均气泡直径作为平均孔径、基础纤维表面积、在1.5psi下测得的介质密实度和介质厚度的函数来确定。通过科泽尼-卡尔曼方法来确定基础纤维表面积。附图中示出了显示出趋势的参数。图7A至图7D中示出了将每帧的平均空气体积与平均孔径、总成核表面积、在1.5psi下测得的介质密实度和介质厚度进行比较的数据。图8A至8D中示出了将平均气泡直径与平均孔径、基础纤维表面积、在1.5psi下测得的介质密实度和介质厚度进行比较的数据。

[0216] 进行ANOVA分析以确定每帧平均空气体积的最重要回归量。基于此分析,随着基础纤维表面积的增加和更小的平均孔径,释放出更多的空气。进行类似的ANOVA分析以确定平均气泡直径的最重要回归量。基于此分析,平均气泡直径随着平均孔径的增大而增加。平均气泡直径随着基础纤维表面积的增大而减小。

[0217] 实例4

[0218] 在另一个实例中,将来自实例3的介质样品堆叠成多层介质样品。表5中示出了用于分层的介质样品的介质特性。多层介质样品包含1至8个介质样品。

[0219] 表5.用于制备分层样品的单个介质样品的特性

[0220]

介质特性	值
基重	$28.9g/m^2$

玻璃百分比(质量百分比)	40%
玻璃微纤维标称直径	1.48μm(Unifrax玻璃微纤维等级B-15-F)
厚度	0.1638mm
在1.5psi下的密实度	9.7%
基础纤维表面积	15.6m^2/m^2
渗透率平均值	在125Pa下为32.4$m^3/min/m^2$

[0221] 每帧平均空气体积(与释放的总空气成比例)和平均气泡直径作为层数的函数来确定。图9A中示出了作为层的函数的每帧平均空气体积。图9B中示出了作为层的函数的平均气泡大小。观察到,初始地层数增大,每帧平均空气体积增大,并且平均气泡大小减小。在层数较多时,每帧平均空气量趋于平稳,而平均气泡大小继续减小。

[0222] 实例5

[0223] 在另一个实例中,通过将200mg的标称平均直径为14μm且标称平均长度为6mm的鞘/芯双组分聚酯纤维(ADVANSA 271P)分散在水中,通过湿法成网工艺来生产介质纸页,然后将其在直径为90mm的圆形不锈钢板模具上成型。将干燥的介质纸页贴片在115℃下熔合。

[0224] 将介质纸页的样品涂覆成疏油的。通过手工将筛网样本浸入DAIKIN UNIDYNE TG-5502(从位于纽约州奥兰治堡的大金美国公司(Daikin America Inc)获得)的5%水溶液中来施加疏油涂层。将样品置于烘箱中在120℃下干燥10分钟。根据AATCC方法118测试,经疏油处理的介质的疏油等级至少为6。

[0225] 如实例3和4中,将疏油涂覆的介质的成核性能与未涂覆的介质进行比较。通过将实验中所有单个气泡的体积相加并除以以秒为单位的实验长度来计算平均空气生成速率。

[0226] 表6中示出了结果。观察到,疏油处理增加了空气生成速率和总释放空气。疏油处理后,平均气泡直径减小。

[0227] 表6:疏油介质和对照(未涂覆)介质的成核性能。

[0228]

	平均空气生成速率(mm^3/s)	平均气泡直径(μm)
对照(未涂覆)	0.52	378
疏油的	7.44	209

[0229] 实例6

[0230] 实例6中测试了生长层的各个方面。

[0231] 样品的制备。通过将纤维分散在水中来生产介质纸页,然后将其在可从纽约哈德逊福尔斯的阿迪朗达克机械公司(Adirondack Machine Corp.)获得的ADIRONDACK FORMAX 12"x12"不锈钢板模具中成型。下文表7中提供了设置的具体细节。将测试介质切割成与介质支架适配,其有效面积为12.9cm^2。将测试介质置于共线的介质壳体中。

[0232] 测试程序。为了测试生长介质的性能,构建了测试台,并且将其用于挑战在油中具有小气泡(标称平均直径为600μm)的介质样品、并监测介质使气泡生长的能力。该台被构造成能够监测在测试介质样品上游和下游的气泡的大小和数量。

[0233] 测试台包括油储箱、用于调节从储箱的油流量的齿轮泵、压力表、以及将油储箱连接至测试池的管线。使用置于管线中的流量计来确定测试池内的介质处油的面速度。气泡注入配件直接共线地安装在测试池之前。空气注入由一系列流量计和压力调节器控制,以在测试介质上游产生一致的气泡挑战。测试池由透明丙烯酸类材料构造成,以允许对测试

介质的上游侧和下游侧进行图像捕获。返回管线从测试池返回到油储箱。尼康D90相机安装在竖直滑轨上,并且用于在测试介质上游和下游两侧捕获图像序列。

[0234] 为了进行测试,首先启动油流,并且一旦油填充测试池,就开启气泡注入器。在达到稳定状态之后,在测试介质的上游和下游两侧捕获一系列图像。在一段时间段之后,重复图像捕获。

[0235] 图像数据处理。在所有实验(每个实验20帧)中,类似于实例3和4(成核阶段)来处理图像,直到并包括应用"分水岭"例程。然后将这些处理过的图像用于对面积为至少10,000μm^2(23.42μm/像素)且圆度为0.5(定义为4π*面积/周长^2)的气泡计数。使用以下条件,根据气泡面积来计算气泡体积:如果气泡的费雷特直径大于3mm,则根据气泡面积估计的直径如下:

[0236] 体积=π/(7.5*10^8)*([面积]/π)$^{(3/2)}$

[0237] 否则,如果费雷特直径小于或等于3mm,则将直径视为费雷特直径,并且按典型球体来计算气泡体积。

[0238] 计算方法的差异是由于,目视检查大于约3mm的气泡表明大气泡实际上是气泡簇,当用费雷特直径计算时,这给出了人为的大体积。

[0239] 数据分析。使用生长性能参数D50来评估性能。D50定义为计算出的气泡中值体积,即,50%的数量的气泡低于此大小。

[0240] $$D50\ 的增加百分比(\%) = \frac{D50_{下游} - D50_{上游}}{D50_{上游}}$$

[0241] D50的性能增加百分比0%被解释为没有性能提升。低于0%被解释为气泡生长性能不佳,并且高于0%被解释为气泡生长有改善。

[0242] 测试和结果。测试了多种不同的生长介质样品以评估介质结构的影响。介质样品是人造丝与标称平均直径为14μm且标称平均长度为6mm的鞘/芯双组分聚酯纤维(ADVANSA 271P)的复合物。设置设计变量列于表7中,并被混合以创建一系列介质样品。改变设置参数以针对表8中所示的不同介质特性。

[0243] 表7.介质样本中使用的设置设计因素的范围

[0244]

目标基重（g/m^2）				
80	92	120	148	160
人造丝的质量比（%）				
24	31	48	65	72
人造丝纤维直径				
17 μm（微纤维粘胶人造丝 3.0 dpf（每根细丝旦数）x 6 mm）			20 μm（微纤维粘胶人造丝 4.5 dpf x 6 mm）	
干燥例程				
强制空气烤箱	热板干燥机	热板干燥机，然后加热压缩成 40 kg 重量。		

[0245] 表8.介质样品的特性

[0246]

介质特性	最小值	最大值
介质厚度	0.5mm	2.5mm
在1.5psi下测得的介质密实度	3%	20%

[0247] 作为介质密实度、介质厚度和纤维大小的函数来确定D50的增加百分比。图10A至图10B中分别示出了结果。

[0248] 应注意的是，密实度和厚度不是相互独立的。为了制备更高密实度的介质，将介质压缩，这获得较低的厚度。区分由密实度和厚度引起的影响可能具有挑战性。然而，观察到，减小密实度会增加厚度，从而获得更好的生长性能。

[0249] 观察到，在大于1mm的厚度时可以获得生长性能的益处。进一步观察到，在密实度小于7.5%、尤其小于9%时，可以获得生长性能的益处。

[0250] 实例7

[0251] 在实例7中针对多孔挡板阶段测试了织造不锈钢筛网的各个方面和其他变量。这些方面包括开口大小、表面化学、面速度以及到达上游侧多孔挡板的气泡大小。

[0252] 样品的制备。从商业来源获得各种筛网。将筛网样品切割成与介质支架适配，其有效面积为12.9cm^2。将筛网样品置于共线的测试池中。

[0253] 测试程序。测试程序与上述实例6相同。

[0254] 图像数据处理。图像处理如上述实例3-5中那样进行。根据气泡的费雷特直径来估计气泡体积。费雷特直径在本文献中被称为筛网挡板阶段的“气泡直径”。

[0255] 数据分析。如下计算筛网性能：

[0256] $$[\text{筛网性能（\%）}] = \frac{\text{平均体积}\left(10\text{ 个最大气泡}_{\text{下游}}\right) - \text{平均体积}\left(10\text{ 个最大气泡}_{\text{上游}}\right)}{\text{平均体积}\left(10\text{ 个最大气泡}_{\text{上游}}\right)}$$

[0257] 筛网性能是每个测试中下游10个最大气泡的平均值与上游10个最大气泡的平均

值的百分比差异。

[0258] 0％的性能被解释为筛网上的气泡体积没有变化。低于0％被解释为性能不佳,高于0％但低于100％被解释为大小适度增加,高于100％但低于250％被解释为大小明显改善,而高于250％被解释为大小显著改善。

[0259] 测试和结果。筛网是不锈钢平纹编织筛网。测试了多个不同的筛网,并应用了疏油处理以及不同特性,如下表9所示。筛网是从伊利诺伊州埃尔姆赫斯特的McMaster-Carr公司获得。

[0260] 表9.筛网挡板介质样品的设置设计

[0261]

McMaster 部件号	网	标称开口大小（μm）	油处理
9241T45	120 x 108	145 x 120	未处理的亲油性
85385T116	325 x 325	50 x 50	未处理的亲油性
85385T103	120 x 120	117 x 117	未处理的亲油性
9319T182	80 x 80	178 x 178	未处理的亲油性
85385T116	325 x 325	50 x 50	经处理的疏油性
85385T103	120 x 120	117 x 117	经处理的疏油性
9319T182	80 x 80	178 x 178	经处理的疏油性

[0262] 筛网样品以0.5cm/sec、1.25cm/sec和5.0cm/sec的不同面速度运行以测试面速度对筛网性能的影响。

[0263] 气泡挑战被分类为平均标称费雷特直径为550μm的“粗”或平均标称费雷特直径为350μm的“细小”。调整空气流量以考虑面速度变化从而维持相似的上游气泡挑战大小。

[0264] 图11A中示出了测试的结果。观察到,总体来说,随着面速度增大,筛网性能降低。

[0265] 还测试了疏油表面处理对筛网性能的影响。使用化学气相沉积用三氯(1H,1H,2H,2H-全氟辛基)硅烷(可从密苏里州圣路易斯的Millipore Sigma公司获得)来处理筛网。简而言之,将筛网置于真空下至少10分钟,然后将处理化学品以蒸气形式施加到筛网上。处理后的样品的疏油等级通过AATC 118方法来测试;所有经处理的样品的疏油等级至少为6。

[0266] 图11B中示出了测试结果。观察到,在0.5cm/sec的较低面速度下,疏油处理改善了筛网性能,尤其是在细小气泡方面。

[0267] 本文引用的所有参考文献和公开物明确地通过援引以其全文并入本披露内容中,

除非到了它们可能与本披露内容直接相抵触的程度。虽然本文已经说明并描述了具体实施例,但本领域的普通技术人员将理解,在不脱离本披露内容的范围的情况下,可以用多种替代和/或等效的实施方式来代替所示出和描述的具体实施例。应当理解,本披露内容不旨在被本文所阐述的说明性实施例和实例过度限制,并且此类实例和实施例仅通过举例的方式呈现,而本披露内容的范围旨在仅由本文如下阐述的权利要求限制。

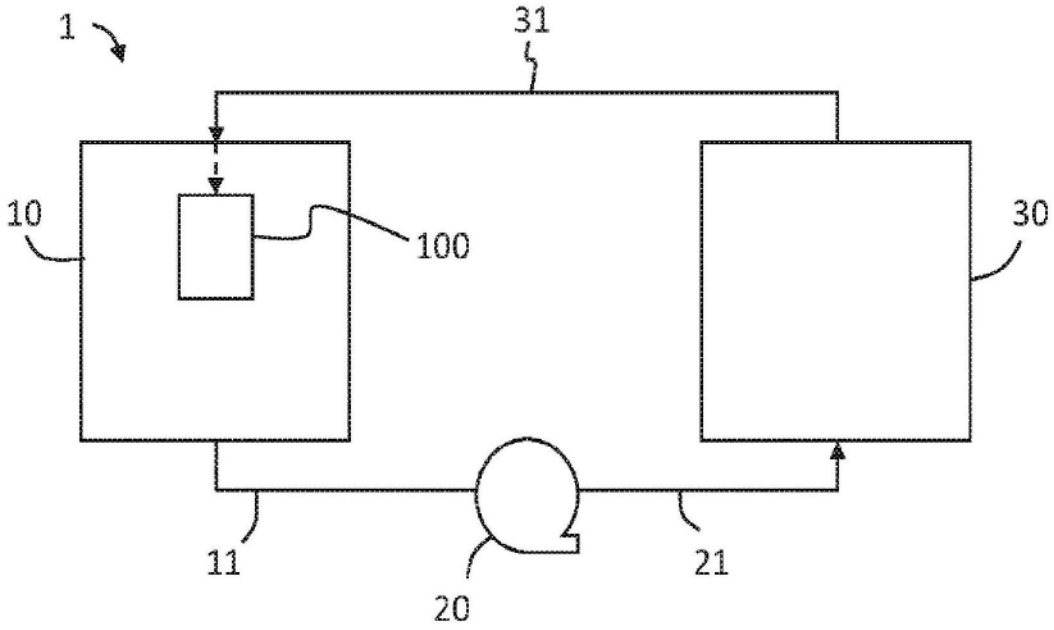


图1

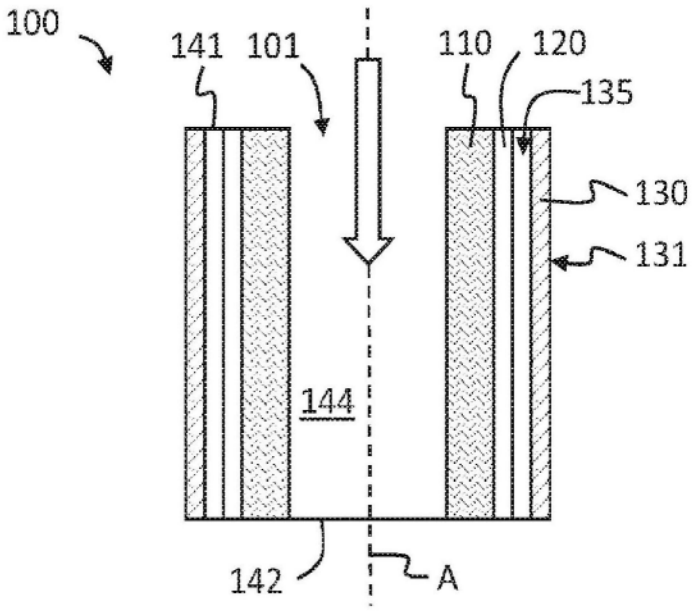


图2A

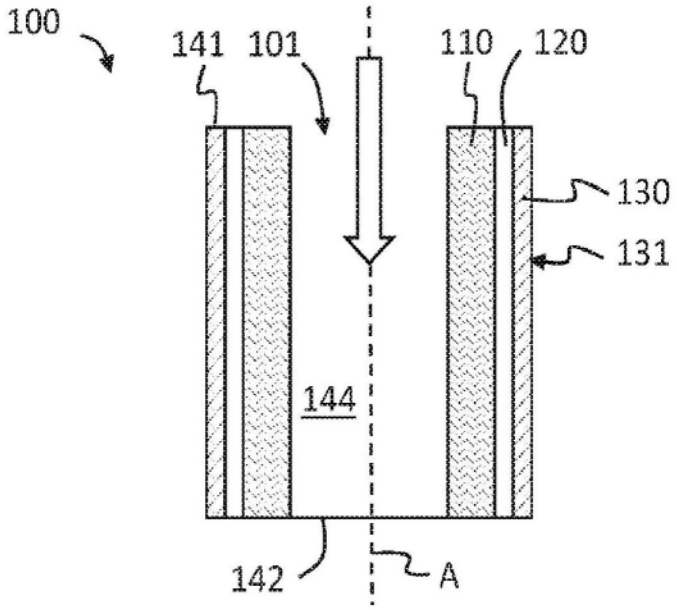

100
141
101
110
120
130
131
144
142
A

图2B

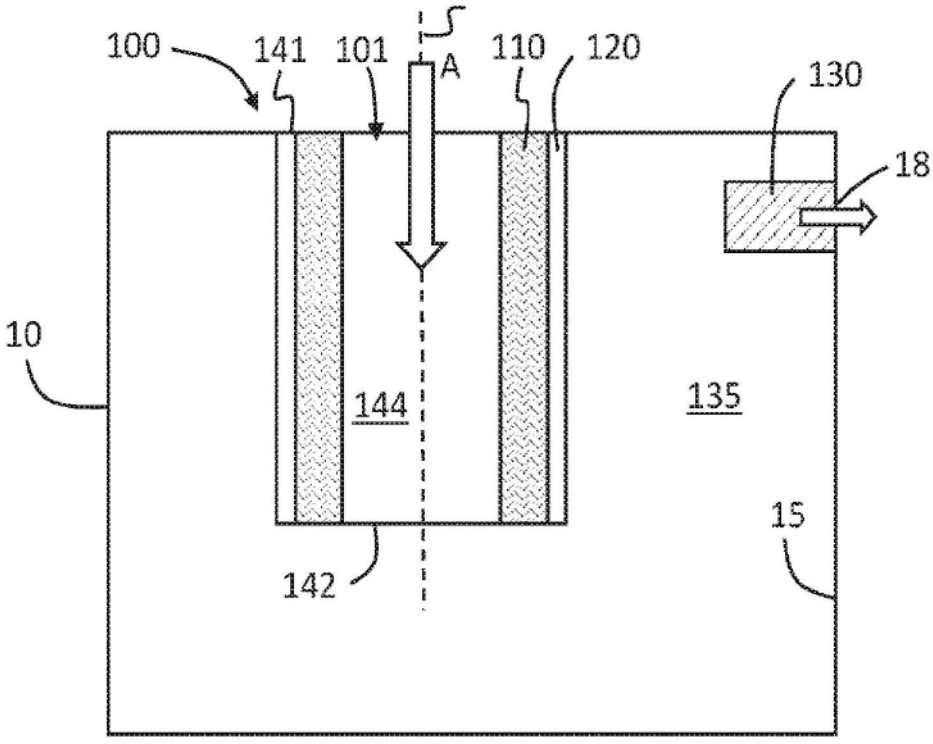

100
141
101
A
110
120
130
18
10
144
135
15
142

图2C

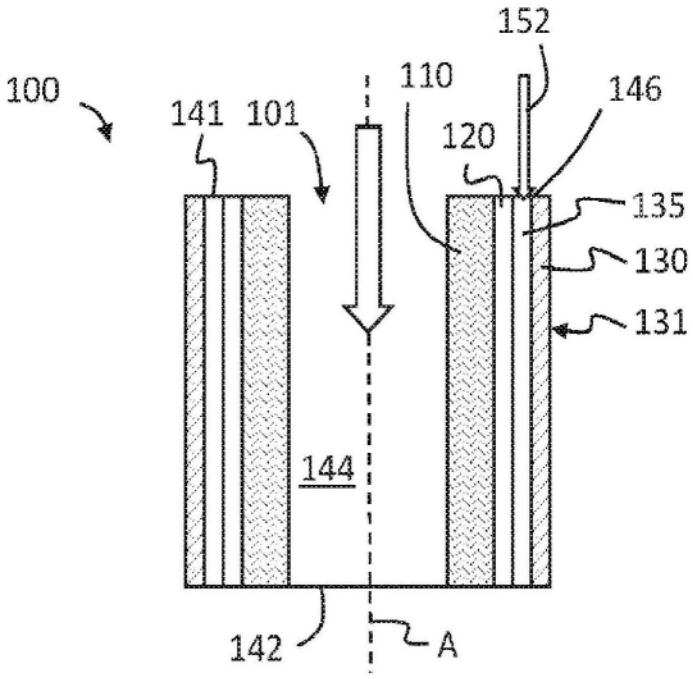

152
100
110
146
141
101
120
135
130
131
144
142
A

图2D

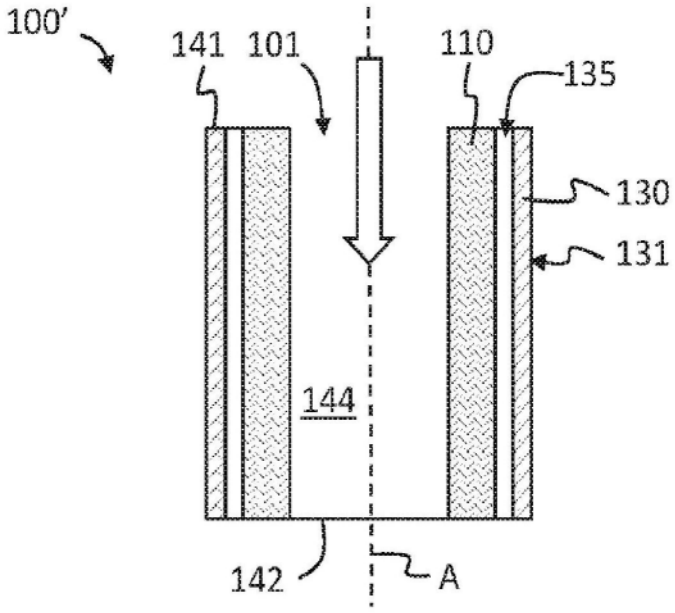

100'
141
101
110
135
130
131
144
142
A

图3

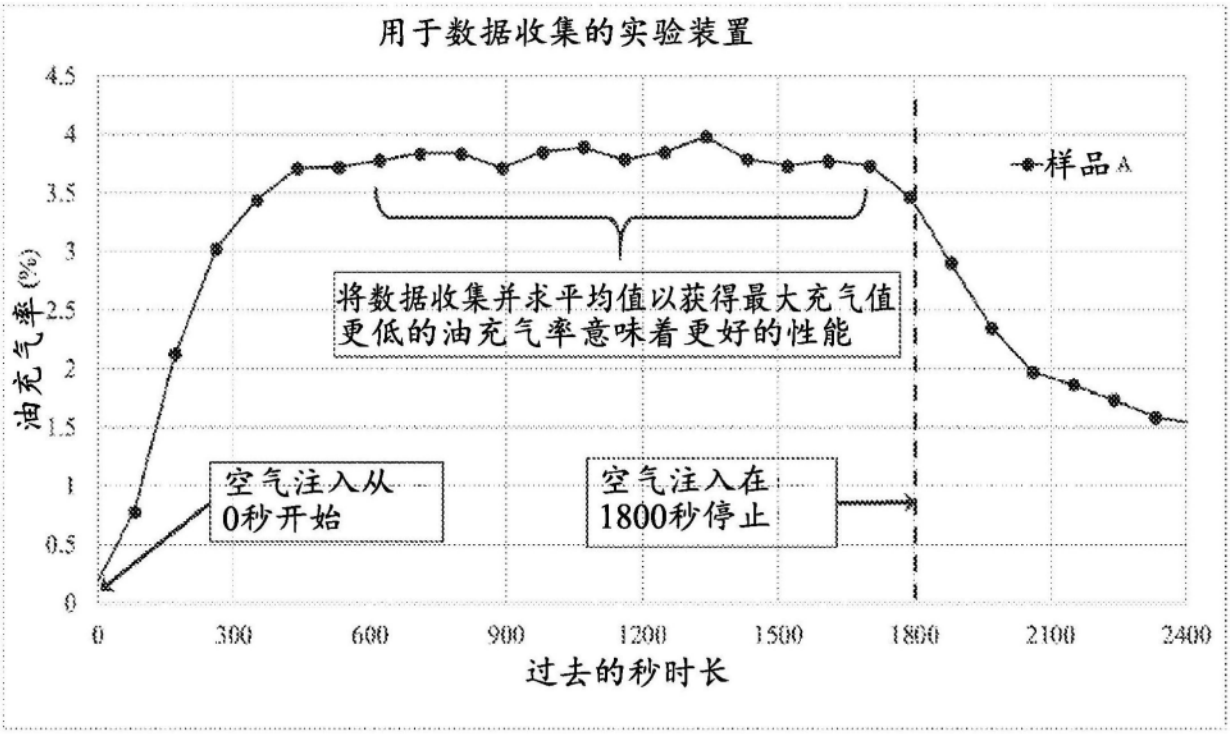

用于数据收集的实验装置
油充气率 (%)
过去的秒时长
样品A
将数据收集并求平均值以获得最大充气值
更低的油充气率意味着更好的性能
空气注入从
0秒开始
空气注入在
1800秒停止
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
2400

图4

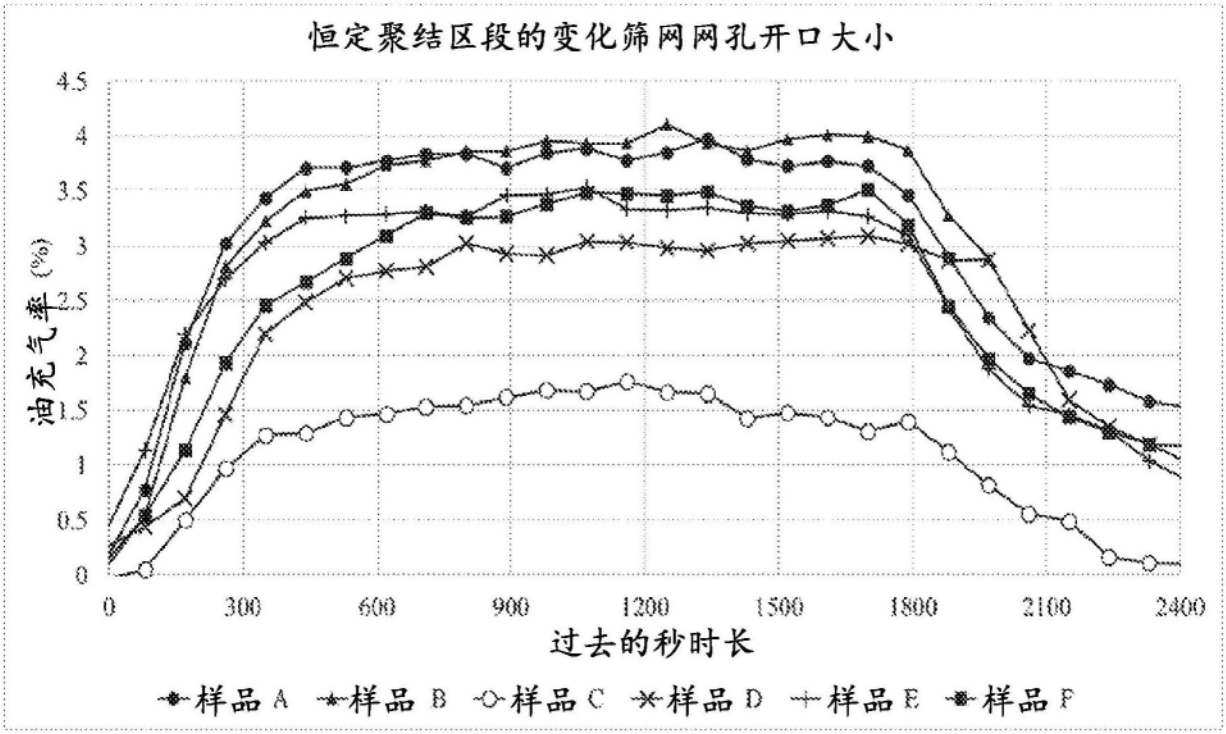

恒定聚结区段的变化筛网网孔开口大小
油充气率 (%)
过去的秒时长
样品A
样品B
样品C
样品D
样品E
样品F
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
2400

图5A

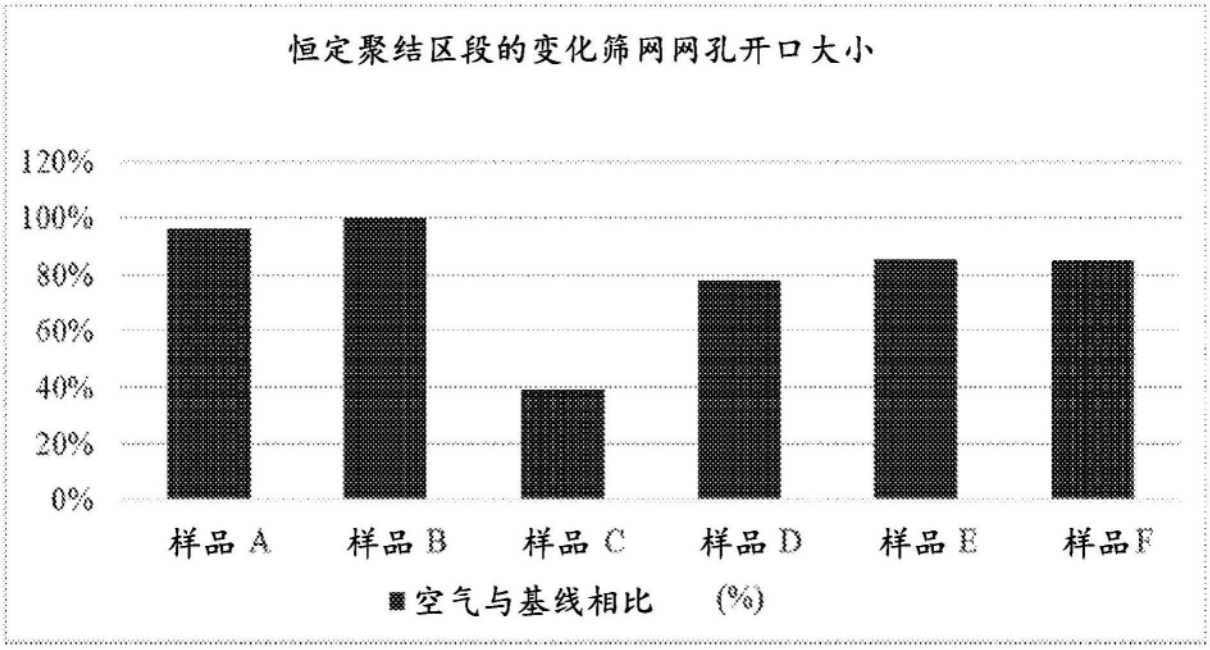

恒定聚结区段的变化筛网网孔开口大小
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
样品 A
样品 B
样品 C
样品 D
样品 E
样品F
空气与基线相比 (%)

图5B

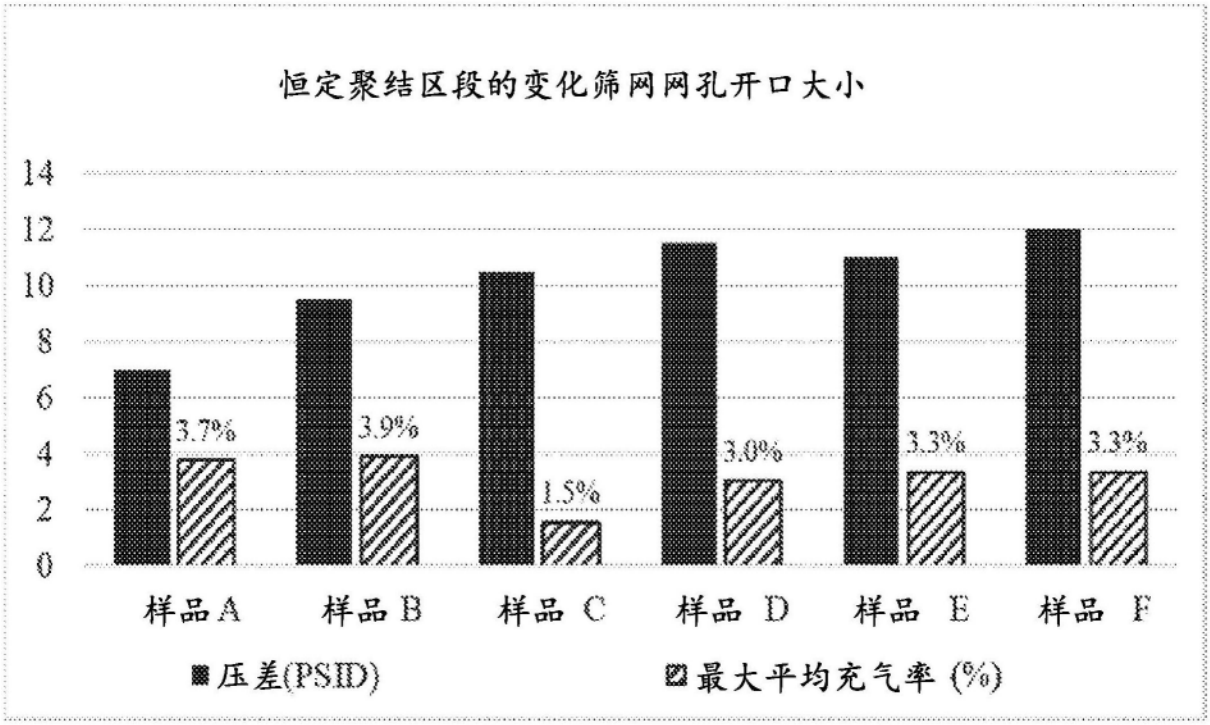

恒定聚结区段的变化筛网网孔开口大小
14
12
10
8
6
4
2
0
3.7%
3.9%
1.5%
3.0%
3.3%
3.3%
样品A
样品 B
样品 C
样品 D
样品 E
样品 F
压差(PSID)
最大平均充气率 (%)

图5C

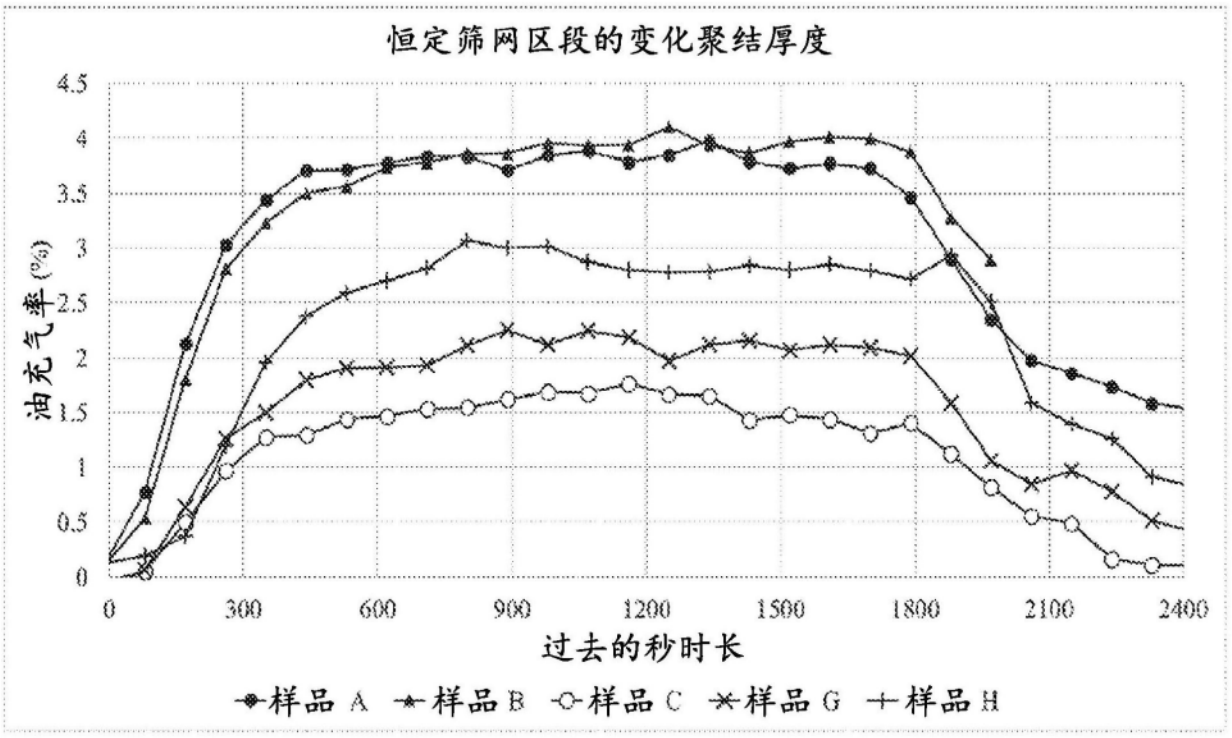

恒定筛网区段的变化聚结厚度
油充气率 (%)
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
2400
过去的秒时长
样品 A
样品 B
样品 C
样品 G
样品 H

图6A

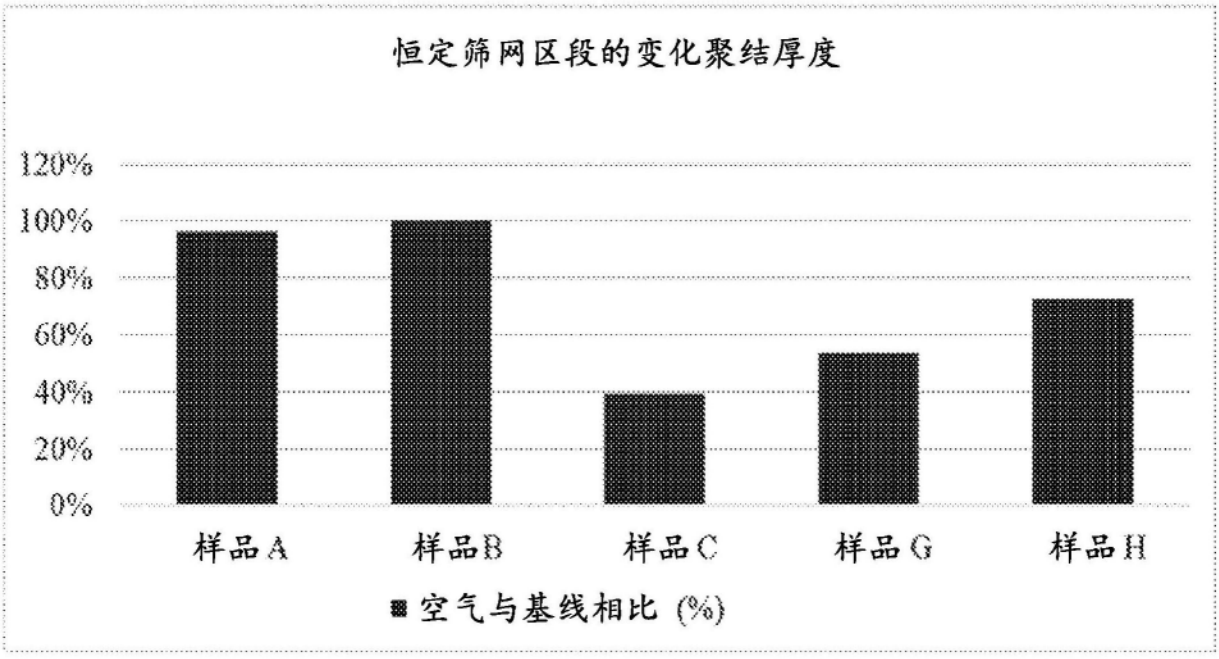

恒定筛网区段的变化聚结厚度
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
样品A
样品B
样品C
样品G
样品H
空气与基线相比 (%)

图6B

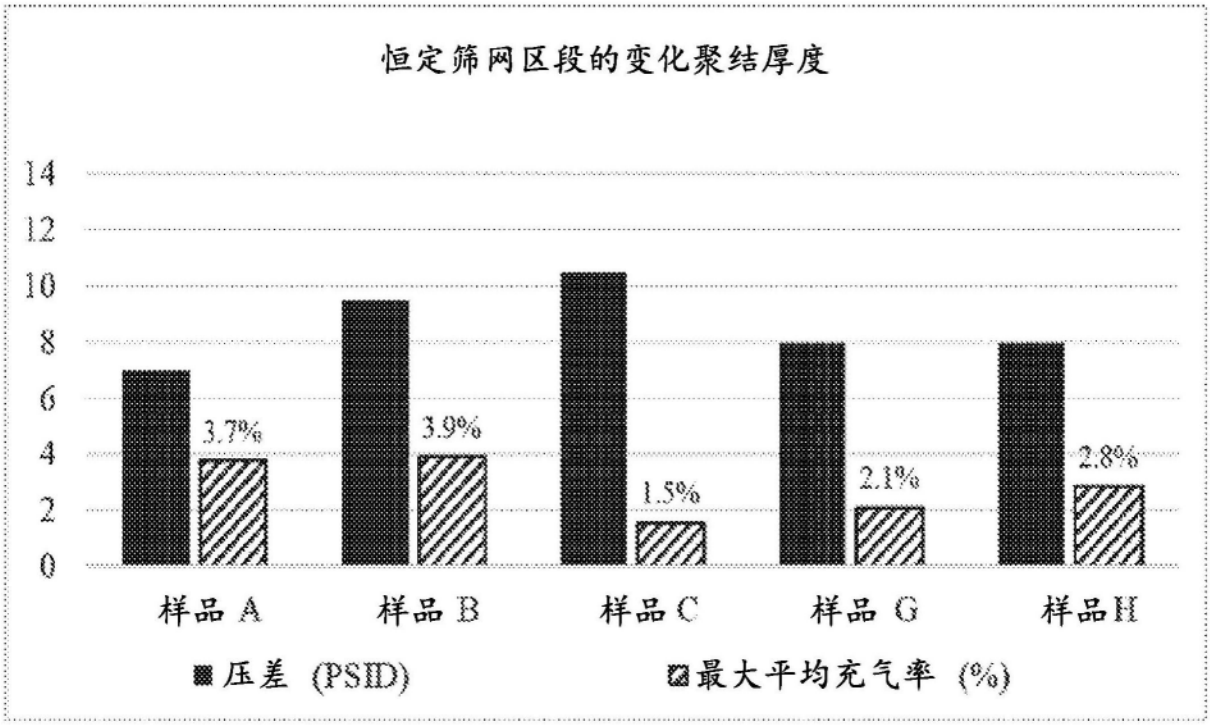

恒定筛网区段的变化聚结厚度
14
12
10
8
6
4
2
0
3.7%
3.9%
1.5%
2.1%
2.8%
样品 A
样品 B
样品 C
样品 G
样品H
压差 (PSID)
最大平均充气率 (%)

图6C

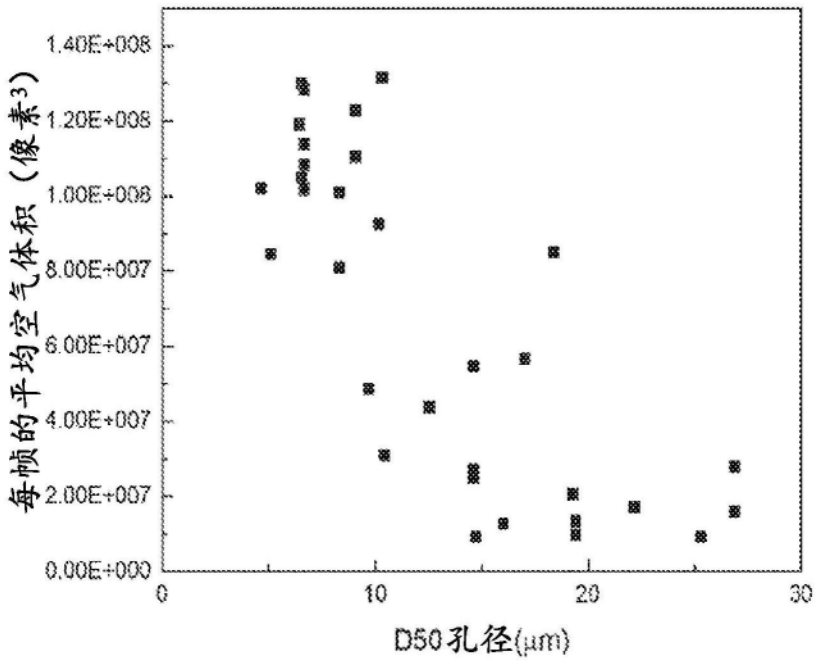

每帧的平均空气体积（像素3）
1.40E+008
1.20E+008
1.00E+008
8.00E+007
6.00E+007
4.00E+007
2.00E+007
0.00E+000
0
10
20
30
D50孔径(μm)

图7A

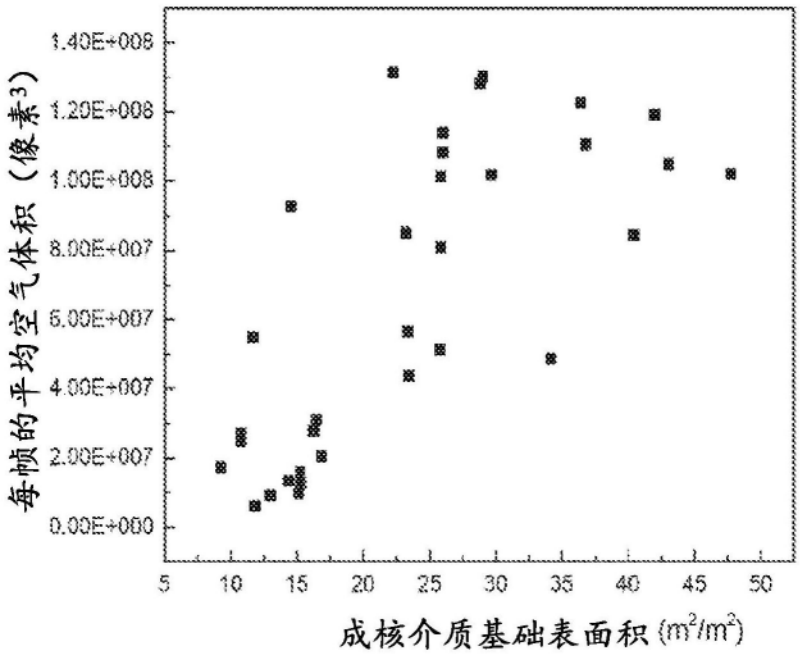

每帧的平均空气体积（像素3）
1.40E+008
1.20E+008
1.00E+008
8.00E+007
6.00E+007
4.00E+007
2.00E+007
0.00E+000
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
成核介质基础表面积 (m²/m²)

图7B

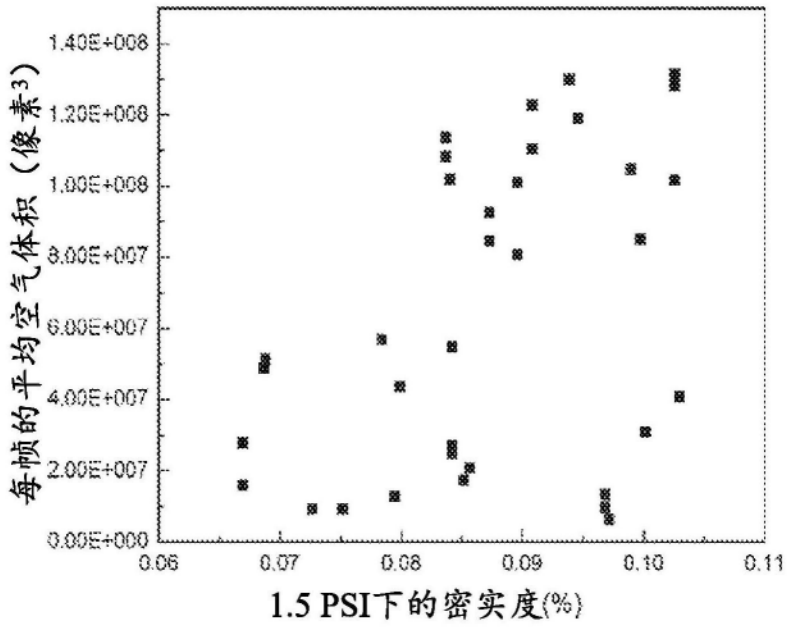

每帧的平均空气体积（像素3）
1.40E+008
1.20E+008
1.00E+008
8.00E+007
6.00E+007
4.00E+007
2.00E+007
0.00E+000
0.06
0.07
0.08
0.09
0.10
0.11
1.5 PSI下的密实度(%)

图7C

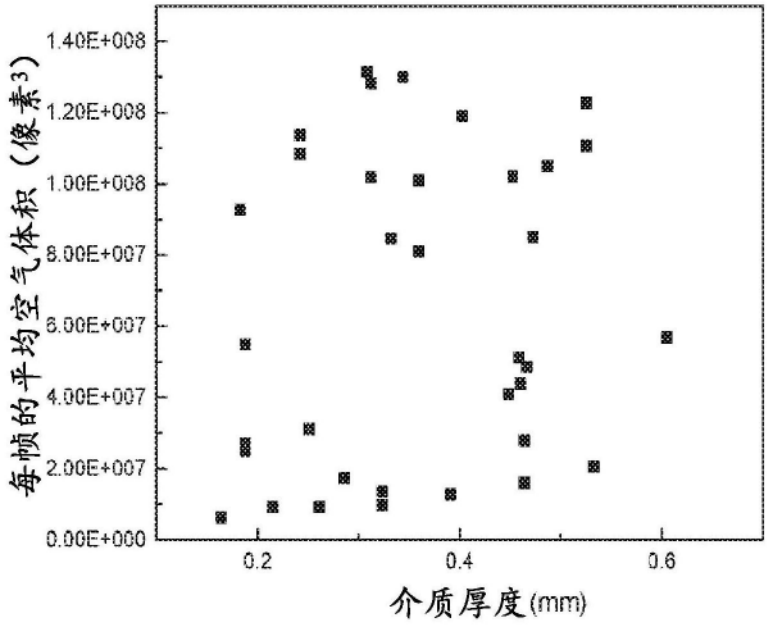

每帧的平均空气体积（像素3）
1.40E+008
1.20E+008
1.00E+008
8.00E+007
6.00E+007
4.00E+007
2.00E+007
0.00E+000
0.2
0.4
0.6
介质厚度(mm)

图7D

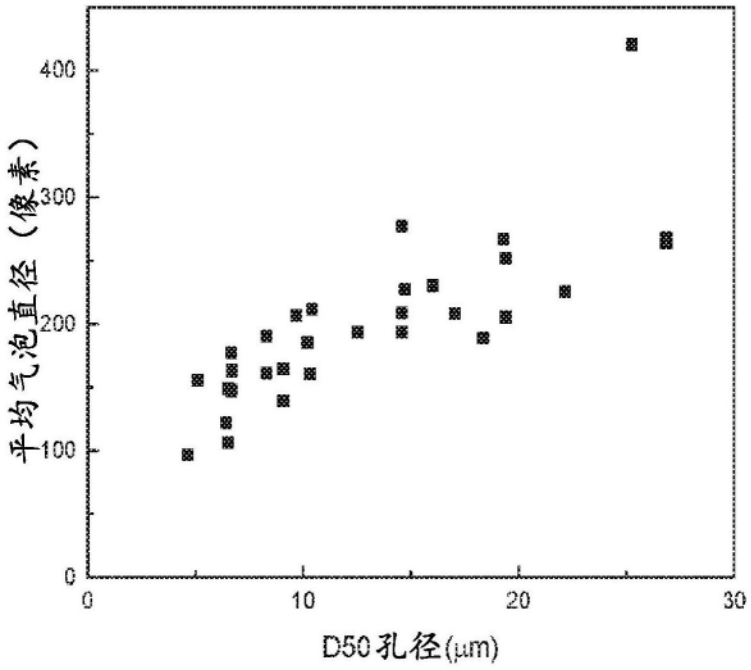

平均气泡直径（像素）
400
300
200
100
0
0
10
20
30
D50孔径(μm)

图8A

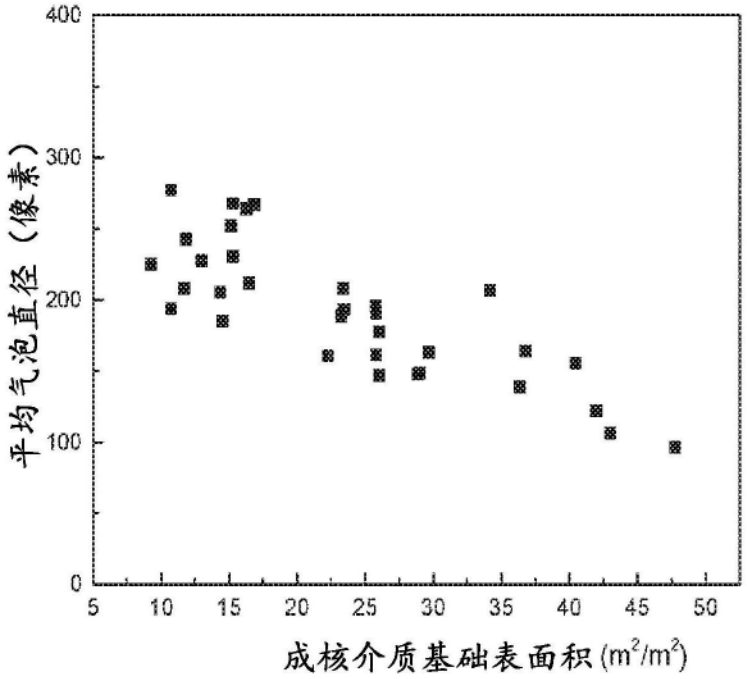

平均气泡直径（像素）
400
300
200
100
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
成核介质基础表面积 (m^2/m^2)

图8B

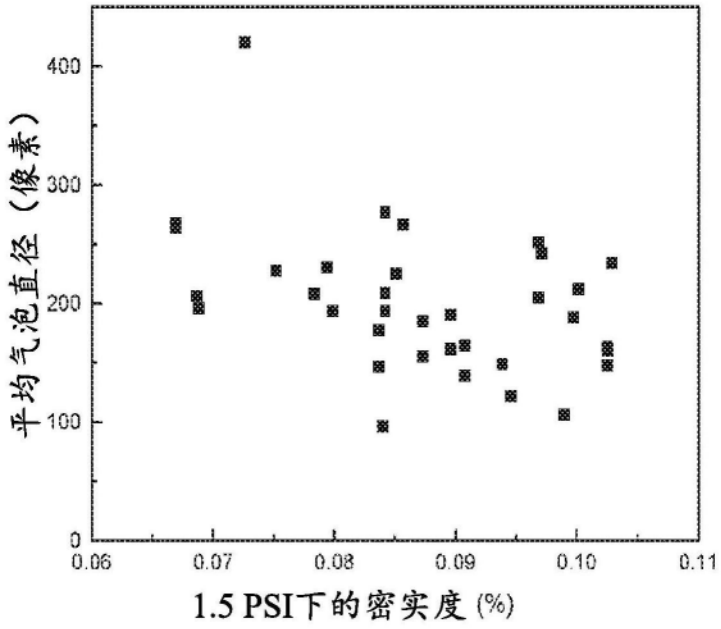

平均气泡直径（像素）
400
300
200
100
0
0.06
0.07
0.08
0.09
0.10
0.11
1.5 PSI下的密实度 (%)

图8C

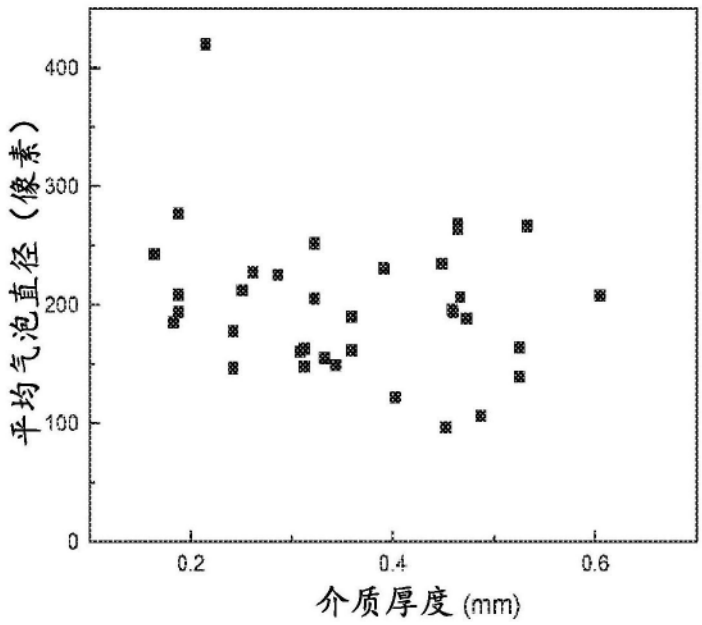

平均气泡直径（像素）
400
300
200
100
0
0.2
0.4
0.6
介质厚度 (mm)

图8D

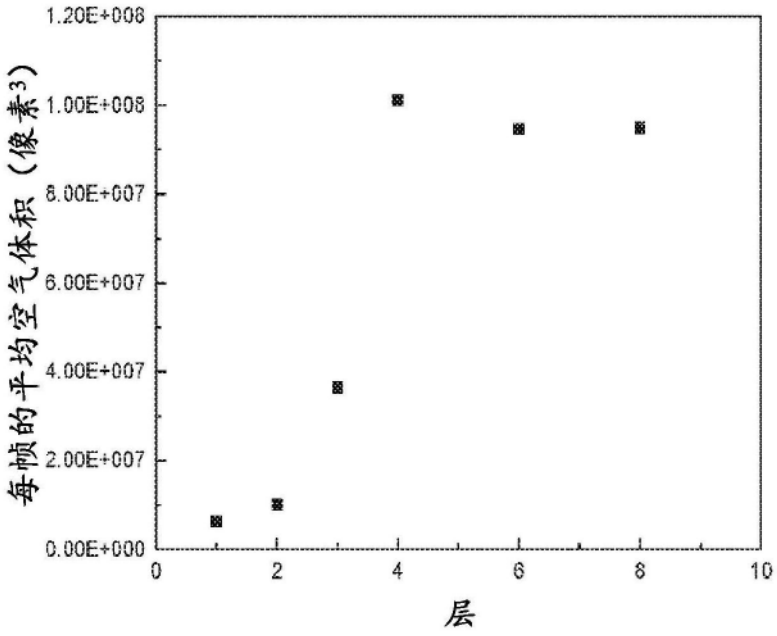

每帧的平均空气体积（像素3）
1.20E+008
1.00E+008
8.00E+007
6.00E+007
4.00E+007
2.00E+007
0.00E+000
0
2
4
6
8
10
层

图9A

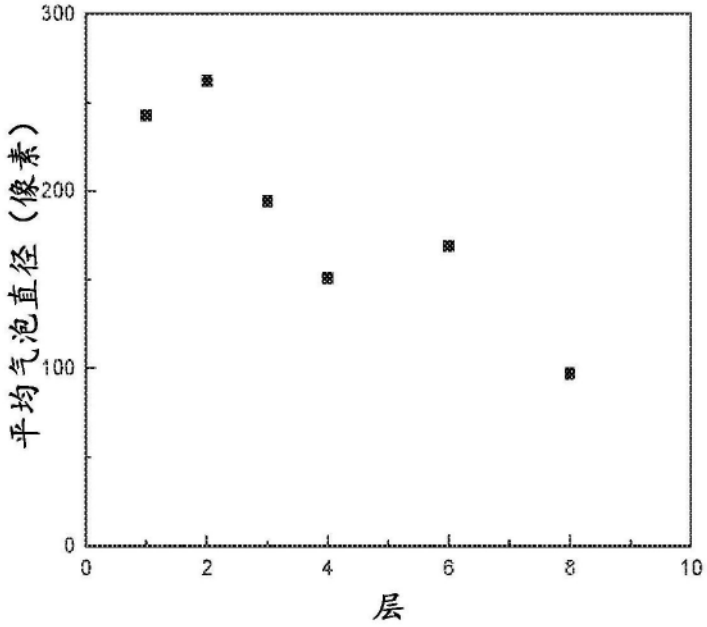

平均气泡直径（像素）
300
200
100
0
0
2
4
6
8
10
层

图9B

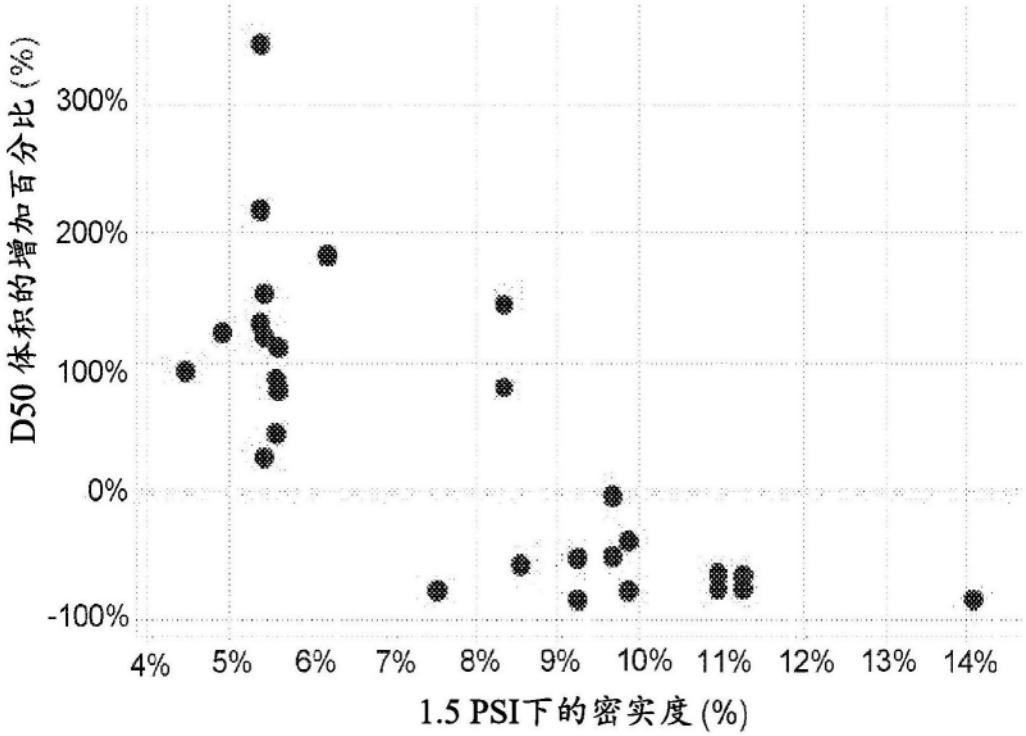

D50 体积的增加百分比 (%)
300%
200%
100%
0%
-100%
4%
5%
6%
7%
8%
9%
10%
11%
12%
13%
14%
1.5 PSI下的密实度 (%)

图10A

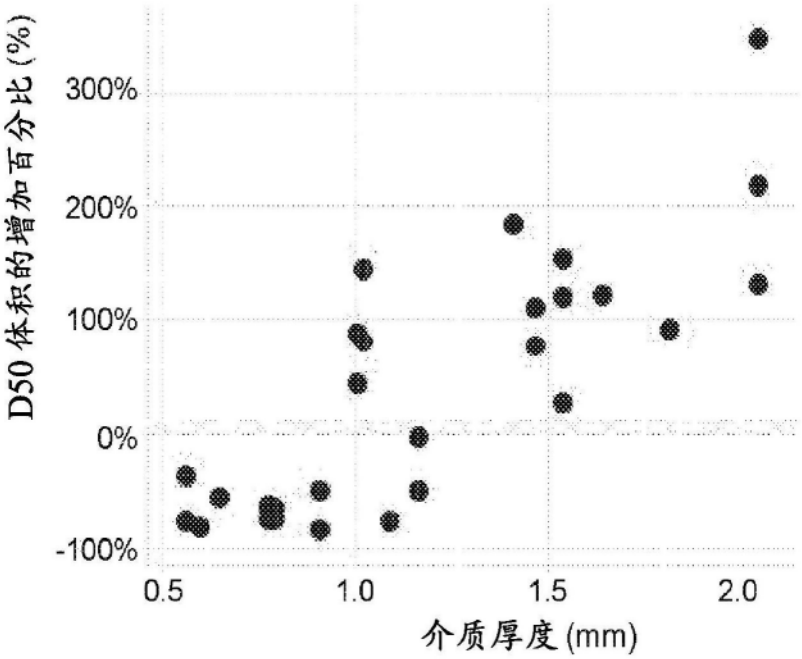

D50 体积的增加百分比 (%)
300%
200%
100%
0%
-100%
0.5
1.0
1.5
2.0
介质厚度 (mm)

图10B

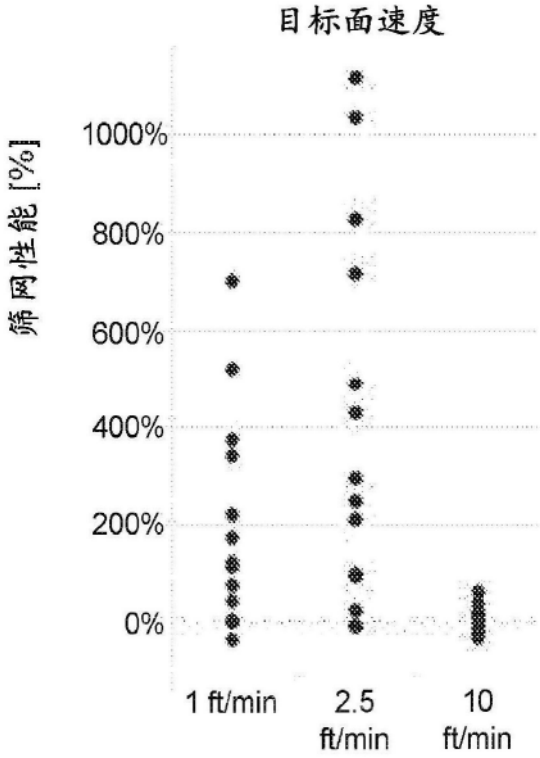

目标面速度
筛网性能 [%]
1000%
800%
600%
400%
200%
0%
1 ft/min
2.5 ft/min
10 ft/min

图11A

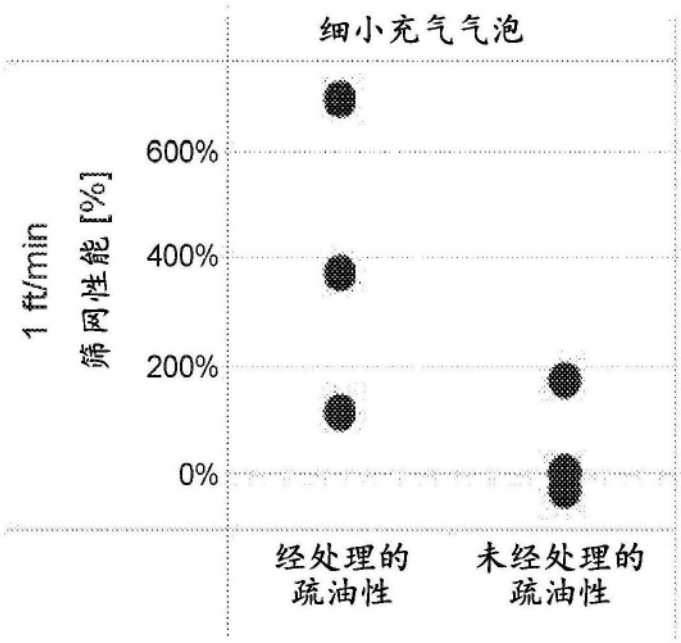


图11B