(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118679006 A
(43)申请公布日 2024.09.20

(21)申请号 202380015498.6
(22)申请日 2023.02.17
(30)优先权数据
2022-029265 2022.02.28 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.06.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/005691 2023.02.17
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/162879 JA 2023.08.31
(71)申请人 日本碍子株式会社
地址 日本国爱知县
(72)发明人 中西贵大 野田宪一 木下直人
天野菜绪 平根杏摘
(74)专利代理机构 北京旭知行专利代理事务所(普通合伙) 11432
专利代理师 王轶 郑雪娜
(51)Int.Cl.
B01D 71/02(2006.01)
B01D 69/10(2006.01)
B01D 69/12(2006.01)
C04B 38/00(2006.01)
B01J 20/18(2006.01)

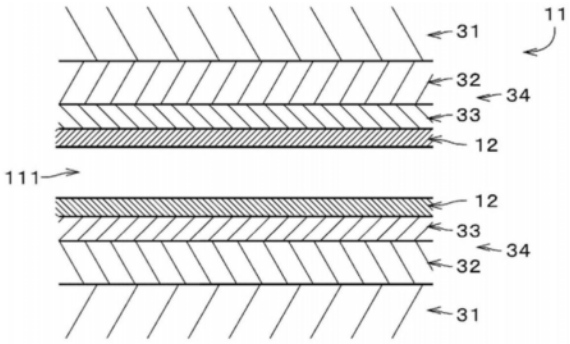
权利要求书1页 说明书14页 附图3页

(54)发明名称

陶瓷基材、陶瓷支撑体以及分离膜复合体

(57)摘要

用于支撑分离膜(12)的多孔质的基材(31)具备:分别为粒子尺寸30μm以上的陶瓷粒子的多个粗粒、以及分别为粒子尺寸1μm以上且小于30μm的陶瓷粒子的多个微粒。多个粗粒的个数相对于多个微粒的个数的比值(即粗粒比)为0.05以上且0.3以下。多个粗粒的平均纵横尺寸比为1.5以上且2以下。据此,能够同时实现减少基材(31)的透过阻力和确保强度。



CN 118679006 A

1.一种陶瓷基材,其是用于支撑分离膜的多孔质的陶瓷基材,其具备:

多个粗粒,该多个粗粒分别为粒子尺寸30μm以上的陶瓷粒子;以及

多个微粒,该多个微粒分别为粒子尺寸1μm以上且小于30μm的陶瓷粒子,

所述多个粗粒的个数相对于所述多个微粒的个数的比值为0.05以上且0.3以下,

所述多个粗粒的平均纵横尺寸比为1.5以上且2以下。

2.根据权利要求1所述的陶瓷基材,其中,

所述陶瓷基材还具备:将所述多个粗粒和/或所述多个微粒粘结的无机粘结材料,

所述多个微粒中的周围被所述无机粘结材料整周包围的微粒的个数大于所述多个微粒的个数的5%且小于55%。

3.根据权利要求1或2所述的陶瓷基材,其中,

气孔率为20%以上且50%以下。

4.根据权利要求1至3中的任一项所述的陶瓷基材,其中,

所述多个粗粒及所述多个微粒为氧化铝、多铝红柱石、氧化锆或二氧化钛的粒子。

5.根据权利要求1至4中的任一项所述的陶瓷基材,其中,

所述陶瓷基材呈沿长度方向延伸的柱状,

多个隔室在长度方向上贯通。

6.一种陶瓷支撑体,其是用于支撑分离膜的多孔质的陶瓷支撑体,其具备:

权利要求1至5中的任一项所述的陶瓷基材;以及

多孔质的陶瓷附加层,该陶瓷附加层设置于所述陶瓷基材的表面,且平均细孔径小于所述陶瓷基材的平均细孔径。

7.一种分离膜复合体,其具备:

权利要求1至5中的任一项所述的陶瓷基材、或权利要求6所述的陶瓷支撑体;以及

分离膜,该分离膜设置在所述陶瓷基材的表面上、或所述陶瓷支撑体的所述陶瓷附加层上。

8.根据权利要求7所述的分离膜复合体,其中,

所述分离膜为沸石膜。

9.根据权利要求8所述的分离膜复合体,其中,

构成所述沸石膜的沸石的环的最大元数为8以下。

陶瓷基材、陶瓷支撑体以及分离膜复合体

技术领域

[0001] 本发明涉及陶瓷基材、具备该陶瓷基材的陶瓷支撑体以及分离膜复合体。

[0002] [关联申请的参考]

[0003] 本申请主张2022年2月28日申请的日本专利申请JP2022-29265的优先权利益，该申请的全部公开内容均被引入本申请中。

背景技术

[0004] 目前，针对利用沸石膜等分离膜进行的特定分子的分离、吸附等，开展了各种研究、开发。该分离膜形成在例如多孔质支撑体上，以分离膜复合体的形式使用。该多孔质支撑体中，通常，通过气孔率或细孔径分布来控制透过阻力、强度。例如，如果使气孔率升高，则透过阻力减少，不过，多孔质支撑体的强度降低。另一方面，如果使气孔率降低，则多孔质支撑体的强度提高，但是，透过阻力增大。

[0005] 于是，日本特开昭62-252381号公报(文献1)中提出一种氧化锆多孔质体，其包括100重量份的粗大晶粒和20重量份以上的微细晶粒。该氧化锆多孔质体中，微细晶粒位于粗大晶粒彼此之间，粗大晶粒利用该微细晶粒而相互粘结，因此，能够使氧化锆多孔质体的气孔率、通气率提高，减少透过阻力，并且，使强度提高。日本特开2011-201722号公报(文献2)及日本特开2008-156170号公报(文献3)中也提出了包括粗大粒子和微细粒子的多孔质体。

[0006] 不过，上述的多孔质体中，为了同时实现减少透过阻力和确保强度，至少需要控制烧成后的多孔质体中的粒度。然而，文献2中，仅进行了设定沸石原料中的微粒沸石粒子与粗粒沸石粒子的体积比率等原料的粒度控制。在对该沸石原料进行烧成时，根据烧成温度或其他条件，烧成后的沸石结晶的粒度发生各种变化，因此，仅仅是原料的粒度控制，并不容易同时实现减少透过阻力和确保强度。

[0007] 另外，像文献1那样在氧化锆多孔质体中设定粗大晶粒与微细晶粒的重量比率的情况下，同样地，仅仅如此，难以确保氧化锆多孔质体的强度且理想地减少透过阻力。

发明内容

[0008] 本发明涉及用于支撑分离膜的多孔质的陶瓷基材，其目的之一在于，在多孔质的陶瓷基材中同时实现减少透过阻力和确保强度。

[0009] 本发明的优选的一个方案所涉及的陶瓷基材具备：多个粗粒，该多个粗粒分别为粒子尺寸30μm以上的陶瓷粒子；以及多个微粒，该多个微粒分别为粒子尺寸1μm以上且小于30μm的陶瓷粒子。所述多个粗粒的个数相对于所述多个微粒的个数的比值为0.05以上且0.3以下。所述多个粗粒的平均纵横尺寸比为1.5以上且2以下。

[0010] 本发明中，能够同时实现减少透过阻力和确保强度。

[0011] 优选为，所述陶瓷基材还具备：将所述多个粗粒和/或所述多个微粒粘结的无机粘结材料。所述多个微粒中的周围被所述无机粘结材料整周包围的微粒的个数大于所述多个微粒的个数的5％且小于55％。

[0012] 优选为,气孔率为20%以上且50%以下。

[0013] 优选为,所述多个粗粒及所述多个微粒为氧化铝、多铝红柱石、氧化锆或二氧化钛的粒子。

[0014] 优选为,所述陶瓷基材呈沿长度方向延伸的柱状,多个隔室在长度方向上贯通。

[0015] 本发明还涉及用于支撑分离膜的多孔质的陶瓷支撑体。本发明的优选的一个方案所涉及的陶瓷支撑体具备:上述的陶瓷基材;以及多孔质的陶瓷附加层,该陶瓷附加层设置于所述陶瓷基材的表面,且平均细孔径小于所述陶瓷基材的平均细孔径。

[0016] 本发明还涉及分离膜复合体。本发明的优选的一个方案所涉及的分离膜复合体具备:上述的陶瓷基材、或上述的陶瓷支撑体;以及分离膜,该分离膜设置在所述陶瓷基材的表面上、或所述陶瓷支撑体的所述陶瓷附加层上。

[0017] 优选为,所述分离膜为沸石膜。

[0018] 优选为,构成所述沸石膜的沸石的环的最大元数为8以下。

[0019] 上述目的及其他目的、特征、方案以及优点通过以下参照附图而进行的该发明的详细说明而加以明确。

附图说明

[0020] 图1是一个实施方式所涉及的分离膜复合体的截面图。

[0021] 图2是将分离膜复合体的一部分放大示出的截面图。

[0022] 图3是将基材的研磨截面图像的一部分放大示出的图。

[0023] 图4是将基材的研磨截面图像的一部分放大示出的图。

[0024] 图5是示出分离膜复合体的制造流程的图。

[0025] 图6是示出分离装置的截面图。

[0026] 图7是示出混合物质的分离流程的图。

具体实施方式

[0027] 图1是本发明的一个实施方式所涉及的分离膜复合体1的截面图。图2是将分离膜复合体1的一部分放大示出的截面图。分离膜复合体1具备陶瓷支撑体11(以下也简称为“支撑体11”)和分离膜12。图1中以粗线描画分离膜12。图2中对支撑体11及分离膜12标记平行斜线,将分离膜12的厚度描画得比实际厚。

[0028] 支撑体11为气体及液体可透过的多孔质部件。图1所示的例子中,支撑体11为在一体成型得到的一体相连的柱状主体设置有分别沿该主体的长度方向(即图1中的左右方向)延伸的多个贯通孔111(以下也称为“隔室111”)的整体型支撑体。支撑体11的外形呈例如大致圆柱状。多个隔室111在与长度方向垂直的支撑体11的截面中配置成例如矩阵状。各隔室111的与长度方向垂直的截面呈例如大致圆形。应予说明,所谓大致圆形,不仅包括正圆,还包括椭圆或发生形变的圆。各隔室111的该截面的形状优选为正圆,不过,没有必要一定为正圆。图1中,将隔室111的直径描画得比实际大,将隔室111的数量描画得比实际少。

[0029] 在各隔室111的内侧面上配置有分离膜12。分离膜12优选设置为将各隔室111的内侧面的大致整体被覆。支撑体11用于支撑分离膜12。

[0030] 支撑体11的长度(即图1中的左右方向上的长度)为例如10cm～200cm。支撑体11的

外径为例如0.5cm～30cm。相邻的隔室111的中心轴间的距离为例如0.3mm～10mm。支撑体11的表面粗糙度(Ra)为例如0.1μm～5.0μm,优选为0.2μm～2.0μm。应予说明,支撑体11的形状可以为例如蜂窝状、平板状、管状、圆筒状、圆柱状或多棱柱状等。支撑体11的形状为管状或圆筒状的情况下,支撑体11的厚度为例如0.1mm～10mm。

[0031] 支撑体11具有:例如在隔室111的内侧面附近(即分离膜12的附近),平均细孔径不同的多个层在厚度方向上层叠得到的多层结构。图2所示的例子中,支撑体11具备:多孔质的陶瓷基材31(以下也简称为“基材31”)、以及设置在基材31的表面的多孔质的陶瓷附加层34(以下也简称为“附加层34”)。

[0032] 附加层34具备:直接形成在基材31上的多孔质的中间层32、以及形成在中间层32上的多孔质的表面层33。即,表面层33隔着中间层32而间接地设置在基材31上。另外,中间层32设置于基材31与表面层33之间。表面层33构成支撑体11的各隔室111的内侧面,在表面层33上形成有分离膜12。表面层33的厚度为例如1μm～100μm。中间层32的厚度为例如100μm～500μm。应予说明,在支撑体11的外侧面及长度方向上的端面可以设置有中间层32及表面层33,也可以不设置中间层32及表面层33。

[0033] 支撑体11(即基材31、中间层32以及表面层33)的材料为在表面形成分离膜12的工序中具有化学稳定性的陶瓷。本实施方式中,支撑体11由陶瓷烧结体形成。作为被选为支撑体11的材料的陶瓷烧结体,例如可以举出:氧化铝、二氧化硅、多铝红柱石、氧化锆、二氧化钛、三氧化二钇、氮化硅、碳化硅等。优选为,支撑体11由氧化铝、多铝红柱石、氧化锆或二氧化钛形成。基材31、中间层32以及表面层33的材料可以相同,也可以不同。

[0034] 支撑体11(即基材31、中间层32以及表面层33)可以包含例如用于使上述陶瓷烧结体的骨料粒子粘结的无机粘结材料。作为无机粘结材料,可以使用:二氧化钛、多铝红柱石、易烧结性氧化铝、二氧化硅、玻璃料、粘土矿物、易烧结性堇青石中的至少1种。

[0035] 另外,支撑体11可以包含碱金属和/或碱土金属。该碱金属及碱土金属为例如钠(Na)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)等。

[0036] 表面层33的平均细孔径小于中间层32的平均细孔径及基材31的平均细孔径。另外,中间层32的平均细孔径小于基材31的平均细孔径。即,附加层34的平均细孔径小于基材31的平均细孔径。基材31的平均细孔径为例如1μm以上且70μm以下。中间层32的平均细孔径为例如0.1μm以上且10μm以下。表面层33的平均细孔径为例如0.005μm以上且2μm以下。基材31、中间层32以及表面层33的平均细孔径可以利用例如压汞仪、细孔径分布测定器或纳米尺寸细孔径分布测定器来测定。

[0037] 例如,表面层33、中间层32以及基材31的气孔率大致相同。应予说明,表面层33、中间层32以及基材31的气孔率可以不同。表面层33、中间层32以及基材31的气孔率为例如20%以上且50%以下。

[0038] 基材31的气孔率可以按以下顺序求解。首先,将基材31的细孔用树脂填埋,利用机械研磨,制作研磨截面。接下来,利用激光显微镜,观察该研磨截面,得到图像(以下也称为“研磨截面图像”)。然后,对研磨截面图像进行二值化,将气孔部分、粒子部分以及无机粘结材料部分用颜色区分开,并将气孔部分相对于整体的比例设为气孔率。中间层32及表面层33的气孔率也可以按大致同样的顺序进行求解。

[0039] 表面层33的骨料粒子的平均粒径(即体积基准的粒度分布中的中值粒径(D_{50}))小

于中间层32的骨料粒子的平均粒径。另外,中间层32的骨料粒子的平均粒径小于基材31的骨料粒子的平均粒径。基材31、中间层32以及表面层33的骨料粒子的平均粒径可以利用例如激光衍射法来测定。

[0040] 图3是将基材31的研磨截面图像的一部分放大示出的图。基材31具备多个粗粒311(即粗大晶粒)和多个微粒312(即微小晶粒)作为骨料粒子。多个粗粒311分别为粒子尺寸30μm以上的陶瓷粒子。多个粗粒311的平均纵横尺寸比为1.5以上且2以下。多个微粒312分别为粒子尺寸1μm以上且小于30μm的陶瓷粒子。基材31中,多个粗粒311的个数相对于多个微粒312的个数的比值(以下也称为"粗粒比")为0.05以上且0.3以下。如上所述,多个粗粒311及多个微粒312优选为氧化铝、多铝红柱石、氧化锆或二氧化钛的粒子。本实施方式中,多个粗粒311及多个微粒312为氧化铝粒子。

[0041] 基材31的骨料粒子(即粗粒311及微粒312)的粒子尺寸可以按以下的顺序进行求解。首先,将基材31的细孔用树脂填埋,利用机械研磨,制作研磨截面。接下来,在利用激光显微镜观察该研磨截面得到的图像(即研磨截面图像)中,关注于一个骨料粒子,使相互平行的2条直线与该骨料粒子外切。接下来,维持使该2条直线与骨料粒子外切的状态,同时变更该2条直线的朝向,在该2条直线的间隔最大的朝向上,取得该间隔作为骨料粒子的长径。然后,将该长径设为骨料粒子的粒子尺寸,并将长径为30μm以上的骨料粒子称为粗粒311,将长径为1μm以上且小于30μm的骨料粒子称为微粒312。应予说明,长径小于1μm的粒子不包括在粗粒311及微粒312中。

[0042] 基材31的多个粗粒311的平均纵横尺寸比可以按以下的顺序进行求解。首先,针对上述研磨截面图像中的30个粗粒311,分别求出与长径垂直的方向上的长度(即短径),取得长径除以短径得到的值作为各粗粒311的纵横尺寸比。然后,得到30个粗粒311的纵横尺寸比的算术平均作为多个粗粒311的平均纵横尺寸比。

[0043] 粗粒比可以按以下的顺序来求解。首先,得到倍率1000倍的上述的研磨截面图像。接下来,以肉眼观察来计数该研磨截面图像中的粗粒311的个数及微粒312的个数。此时,若研磨截面图像中所含的粗粒311的数量小于50,则变更基材31上的位置而重新取得研磨截面图像,以肉眼观察来计数粗粒311及微粒312的个数。然后,通过得到的粗粒311的个数除以微粒312的个数来求出粗粒比。

[0044] 基材31中,通过作为骨料粒子而包含粗粒311,使得骨料粒子的间隙变大,因此,能够减少基材31的透过阻力。另一方面,由于骨料粒子的烧结性降低而导致骨料粒子间的结合(粘结)变弱,所以基材31的机械强度(以下也简称为"强度")降低。另外,基材31中,通过作为骨料粒子而包含微粒312,使得骨料粒子的烧结性提高,骨料粒子间的结合被强化,因此,能够使基材31的强度增大。另一方面,由于骨料粒子的间隙减少,所以基材31的透过阻力增大。如上所述,基材31中,通过使粗粒比为0.05以上且0.3以上,能够同时实现减少基材31的透过阻力和确保强度。

[0045] 基材31中,通过使多个粗粒311的平均纵横尺寸比为1.5以上,与该平均纵横尺寸比小于1.5的情形相比,相邻的粗粒311间的间隙变成比较直的线状(即,该间隙的弯曲得以抑制),因此,能够减少基材31的透过阻力。另外,通过使多个粗粒311的平均纵横尺寸比为2以下,可确保相邻的粗粒311间的接触点比较大,因此,能够抑制骨料粒子间的结合弱化。所以,基材31中,能够很好地同时实现减少透过阻力和确保强度。

[0046] 基材31具备将多个粗粒311和/或多个微粒312粘结的无机粘结材料313。图3中,为了使图容易理解,对无机粘结材料313标记平行斜线。研磨截面图像中,无机粘结材料313呈例如半透明。无机粘结材料313可以将粗粒311彼此粘结,也可以将粗粒311和微粒312粘结,还可以将微粒312彼此粘结。无机粘结材料313为例如玻璃料或二氧化钛。基材31中,骨料粒子间的结合通过无机粘结材料313而被补强,因此,基材31的强度提高。

[0047] 另外,基材31中,优选利用无机粘结材料313将微粒312的周围包围。由此,微粒312周围的晶界减少,由该晶界所引起的裂纹的发生得以抑制。基材31中,从通过抑制该裂纹来提高强度的观点出发,多个微粒312中的周围被无机粘结材料313整周包围的微粒312的个数优选为该多个微粒312的个数的5%以上。另一方面,如果无机粘结材料313变多,则骨料粒子间的间隙被无机粘结材料313填埋,基材31的透过阻力增大。基材31中,从减少透过阻力的观点出发,多个微粒312中的周围被无机粘结材料313整周包围的微粒312的个数优选为该多个微粒312的个数的55%以下。在以下说明中,还将周围被无机粘结材料313整周包围的微粒312的个数在上述多个微粒312的个数中占据的比例称为“被包围微粒比例”。

[0048] 图4是与图3同样地将基材31的研磨截面图像的一部分放大示出的图。图4中,对多个微粒312中的周围被无机粘结材料313整周包围的微粒312标记平行斜线。如图4所示,周围被无机粘结材料313整周包围的微粒312是指:整体在无机粘结材料313的外缘的内侧位于离开该外缘的位置的微粒312。应予说明,微粒312的至少一部分位于比无机粘结材料313的外缘靠外侧的位置的情况下,该微粒312被判断为周围未被无机粘结材料313整周包围。另外,即便微粒312的整体位于无机粘结材料313的外缘的内侧,在微粒312的外缘与无机粘结材料313的外缘接触的情况下,该微粒312也被判断为周围未被无机粘结材料313整周包围。

[0049] 如上所述,图2所示的分离膜12形成在各隔室111的内侧面上(即附加层34的表面层33上),将该内侧面大致整面地被覆。分离膜12为具有微细孔的多孔膜。分离膜12将特定物质从多种物质混合得到的混合物质中分离出来。本实施方式中,分离膜12呈大致圆筒状。

[0050] 分离膜12优选为由无机材料形成的无机膜,更优选为沸石膜。即,分离膜复合体1优选为无机膜复合体,更优选为沸石膜复合体。沸石膜是指:沸石至少在支撑体11的表面形成为膜状的膜,不包括仅使沸石粒子分散于有机膜中的膜。本实施方式中,分离膜12为沸石膜。分离膜12可以为包含结构、组成不同的2种以上沸石的沸石膜。

[0051] 分离膜12的厚度为例如0.05μm以上且50μm以下,优选为0.1μm以上且20μm以下,更优选为0.5μm以上且10μm以下。如果使分离膜12变厚,则分离性能提高。如果使分离膜12变薄,则透过速度增大。分离膜12的表面粗糙度(Ra)为例如5μm以下,优选为2μm以下,更优选为1μm以下,进一步优选为0.5μm以下。分离膜12的细孔径为例如0.2nm～1nm。分离膜12的细孔径小于支撑体11的表面层33的平均细孔径。

[0052] 构成分离膜12的沸石的环的最大元数为n的情况下,将n元环细孔的短径设为分离膜12的细孔径。另外,沸石具有n相等的多种n元环细孔的情况下,将具有最大短径的n元环细孔的短径设为分离膜12的细孔径。应予说明,n元环是指:构成形成细孔的骨架的氧原子的数量为n个且各氧原子与后述的T原子键合而形成环状结构的部分。另外,n元环是指:形成贯通孔(沟道)的环,不含未形成贯通孔的环。n元环细孔为由n元环形成的细孔。从提高选择性能的观点出发,上述的构成分离膜12的沸石的环的最大元数优选为8以下(例如6或8)。

[0053] 分离膜12的细孔径通过该沸石的骨架结构而唯一确定,可以根据国际沸石学会的“Database of Zeolite Structures”[online]、网址<URL:http://www.iza-structure.org/databases/>中公开的值求出。

[0054] 构成分离膜12的沸石的种类没有特别限定,例如可以为AEI型、AEN型、AFN型、AFV型、AFX型、BEA型、CHA型、DDR型、ERI型、ETL型、FAU型(X型、Y型)、GIS型、IHW型、LEV型、LTA型、LTJ型、MEL型、MFI型、MOR型、PAU型、RHO型、SOD型、SAT型等的沸石。该沸石为8元环沸石的情况下,例如可以为AEI型、AFN型、AFV型、AFX型、CHA型、DDR型、ERI型、ETL型、GIS型、IHW型、LEV型、LTA型、LTJ型、RHO型、SAT型等的沸石。本实施方式中,构成分离膜12的沸石的种类为DDR型的沸石。

[0055] 构成分离膜12的沸石中,作为T原子(即位于构成沸石的氧四面体(TO_4)的中心的原子),例如包含硅(Si)、铝(Al)以及磷(P)中的至少一种。构成分离膜12的沸石为:T原子仅包含Si的沸石、T原子包含Si和Al的沸石、T原子包含Al和P的ALPO型的沸石、T原子包含Si、Al以及P的SAPO型的沸石、T原子包含镁(Mg)、Si、Al以及P的MAPSO型的沸石、或者T原子包含锌(Zn)、Si、Al以及P的ZnAPSO型的沸石等。T原子的一部分可以被置换为其他元素。构成分离膜12的沸石可以包含碱金属。该碱金属为例如钠(Na)或钾(K)。

[0056] 构成分离膜12的沸石包含Si原子及Al原子的情况下,构成分离膜12的沸石中的Si/Al比为例如1以上且10万以下。Si/Al比是:构成分离膜12的沸石中含有的Si元素相对于Al元素的摩尔比率。该Si/Al比优选为5以上,更优选为20以上,进一步优选为100以上,该Si/Al比越高,分离膜12的耐热性及耐酸性越高,故优选。通过调整后述的原料溶液中的Si源与Al源的配合比例等,能够调整该Si/Al比。

[0057] 应予说明,分离膜复合体1中,可以省略附加层34的中间层32及表面层33中的一者。或者,附加层34可以具有3层以上的层叠结构。另外,分离膜复合体1中,可以省略附加层34,基材31单独作为支撑体11而发挥作用。这种情况下,分离膜12直接设置在基材31的表面上。

[0058] 接下来,参照图5,对分离膜复合体1的制造流程的一例进行说明。在制造分离膜复合体1时,首先,形成支撑体11(步骤S11)。具体而言,首先,将陶瓷粒子、无机粘结材料、水、分散剂以及增粘剂等混炼,由此制作成为支撑体11的基材31的原料的坯料。接下来,将该坯料利用挤出成型等进行成型,形成整体状的成型体。接下来,通过对该成型体进行烧成而得到基材31。

[0059] 在上述坯料的制作中,例如,相对于成为骨料粒子的陶瓷粒子(本实施方式中为氧化铝粒子)而言,添加无机粘结材料3质量份~25质量份。该陶瓷粒子包括:粒径较大的原料粗粒、以及粒径较小的原料微粒。该陶瓷粒子中的原料粗粒的含有率(即,原料粗粒的质量除以原料粗粒及原料微粒的合计质量并以百分率表示的值)为例如5质量%~30质量%。原料粗粒的体积基准的粒度分布中的D_{10}为60μm~100μm,D_{50}(即平均粒径)为80μm~200μm,D_{90}为200μm~300μm。原料微粒的体积基准的粒度分布中的D_{10}为3μm~10μm,D_{50}(即平均粒径)为20μm~60μm,D_{90}为60μm~160μm。上述的成型体的烧成温度为例如500℃~1500℃,本实施方式中为1250℃。上述的成型体的烧成时间为例如1小时~100小时,本实施方式中为2小时。

[0060] 当基材31的形成结束后,在基材31的多个贯通孔(即待成为隔室111的贯通孔)的

内侧面上形成中间层32,在中间层32上形成表面层33,由此形成支撑体11。例如,利用过滤成膜法来进行中间层32及表面层33的形成。在中间层32的形成中,首先,将中间层32的骨料粒子、有机粘合剂、pH调整剂以及表面活性剂等添加到水中,进行混合,以规定量的水稀释,制备浆料。接下来,使该浆料流入到基材31的上述多个贯通孔中,由此在该多个贯通孔的内侧面上形成中间层32的骨料粒子的膜。之后,与基材31一同对该膜进行烧成,由此形成中间层32。表面层33的形成与中间层32的形成大致相同。

[0061] 当形成支撑体11后,生成分离膜12形成用的晶种而备用(步骤S12)。在晶种的生成中,使Si源等原料及结构导向剂(Structure-Directing Agent,以下还称为“SDA”)等溶解或分散于溶剂中,制作晶种的原料溶液。接下来,进行该原料溶液的水热合成,对得到的结晶进行清洗及干燥,得到沸石的粉末。该沸石的粉末可以直接用作晶种,也可以将该粉末通过粉碎等进行加工而得到晶种。应予说明,步骤S12中的晶种的生成可以与上述的步骤S11中的支撑体11的形成同时进行,也可以在支撑体11形成之前进行。

[0062] 接下来,使晶种分散于溶剂(例如水或乙醇等醇)中得到的分散液流入到支撑体11的隔室111中。例如,以长度方向与重力方向大致平行的方式将支撑体11载放在基台上,将分散液自各隔室111的上侧的开口流入,使得分散液中的晶种附着于隔室111的内侧面(步骤S13)。具体而言,晶种附着于支撑体11的附加层34的表面。流入至隔室111的分散液自隔室111的下侧的开口被排出。

[0063] 优选为,步骤S13反复进行多次(例如2次～10次)。更优选为,在进行多次步骤S13的中途,使支撑体11的上下翻转。由此,制作出在各隔室111的内侧面均匀地附着有晶种的晶种附着支撑体。应予说明,晶种也可以利用其他方法附着于隔室111的内侧面。

[0064] 接下来,将附着有晶种的支撑体11浸渍于原料溶液中。原料溶液是通过使例如Si源及SDA等溶解于溶剂中而制作的。原料溶液的溶剂使用例如水或乙醇等醇。原料溶液中所含的SDA为例如有机物。作为SDA,例如可以使用1-金刚烷胺。

[0065] 然后,利用水热合成,以该晶种为核,生长出沸石,由此在支撑体11的各隔室111的内侧面上(即附加层34上)形成分离膜12(步骤S14)。水热合成时的温度优选为120℃～200℃,例如为160℃。水热合成时间优选为5小时～100小时,例如为30小时。

[0066] 当水热合成结束后,将支撑体11及分离膜12用纯水清洗。将清洗后的支撑体11及分离膜12于例如80℃进行干燥。将支撑体11及分离膜12干燥后,对分离膜12进行加热处理(即烧成),由此将分离膜12中的SDA几乎完全燃烧除去,使分离膜12内的微细孔贯通。由此,得到上述的分离膜复合体1(步骤S15)。

[0067] 接下来,参照图6及图7,对利用了分离膜复合体1的混合物质的分离进行说明。图6是示出分离装置2的截面图。图6中,为了使图容易理解,将分离膜复合体1的截面简化而示意性地示出。图7是示出利用分离装置2分离混合物质的分离流程的图。

[0068] 分离装置2中,将包含多种流体(即气体或液体)的混合物质向分离膜复合体1供给,使混合物质中的透过性高的物质从分离膜复合体1透过,由此使其从混合物质中分离出来。例如,可以出于将透过性高的物质(以下也称为“高透过性物质”)从混合物质中萃取出来的目的进行分离装置2中的分离,也可以出于将透过性低的物质(以下也称为“低透过性物质”)浓缩的目的进行分离装置2中的分离。

[0069] 该混合物质(即混合流体)可以为包含多种气体的混合气体,也可以为包含多种液

体的混合液,还可以为包含气体及液体这两者的气液二相流体。

[0070] 混合物质包含:例如氢(H_2)、氦(He)、氮(N_2)、氧(O_2)、水(H_2O)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、氮氧化物、氨(NH_3)、硫氧化物、硫化氢(H_2S)、氟化硫、汞(Hg)、胂(AsH_3)、氰化氢(HCN)、羰基硫(COS)、C1~C8的烃、有机酸、醇、硫醇类、酯、醚、酮及醛中的1种以上的物质。上述的高透过性物质为例如CO_2、NH_3以及H_2O中的1种以上的物质。应予说明,混合物质及高透过性物质可以为除这些物质以外的物质。

[0071] 氮氧化物是氮与氧的化合物。上述的氮氧化物为例如一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)、氧化亚氮(也称为一氧化二氮)(N_2O)、三氧化二氮(N_2O_3)、四氧化二氮(N_2O_4)、五氧化二氮(N_2O_5)等称为NO_X(NOX)的物质。

[0072] 硫氧化物是硫与氧的化合物。上述的硫氧化物为例如二氧化硫(SO_2)、三氧化硫(SO_3)等称为SO_X(SOX)的物质。

[0073] 氟化硫是氟与硫的化合物。上述的氟化硫为例如二氟化二硫(F-S-S-F、S=SF_2)、二氟化硫(SF_2)、四氟化硫(SF_4)、六氟化硫(SF_6)或十氟化二硫(S_2F_{10})等。

[0074] C1~C8的烃是碳为1个以上且8个以下的烃。C3~C8的烃可以为直链化合物、侧链化合物及环式化合物中的任意一者。另外,C2~C8的烃可以为饱和烃(即分子中不存在双键及三键的烃)、不饱和烃(即分子中存在双键和/或三键的烃)中的任一者。C1~C4的烃为例如甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)、乙烯(C_2H_4)、丙烷(C_3H_8)、丙烯(C_3H_6)、正丁烷($CH_3(CH_2)_2CH_3$)、异丁烷($CH(CH_3)_3$)、1-丁烯($CH_2=CHCH_2CH_3$)、2-丁烯($CH_3CH=CHCH_3$)或异丁烯($CH_2=C(CH_3)_2$)。

[0075] 上述的有机酸为羧酸或磺酸等。羧酸为例如甲酸(CH_2O_2)、乙酸($C_2H_4O_2$)、草酸($C_2H_2O_4$)、丙烯酸($C_3H_4O_2$)或苯甲酸(C_6H_5COOH)等。磺酸为例如乙磺酸($C_2H_6O_3S$)等。该有机酸可以为链式化合物,也可以为环式化合物。

[0076] 上述的醇为例如甲醇(CH_3OH)、乙醇(C_2H_5OH)、异丙醇(2-丙醇)($CH_3CH(OH)CH_3$)、乙二醇($CH_2(OH)CH_2(OH)$)或丁醇(C_4H_9OH)等。

[0077] 硫醇类为在末端具有被氢化的硫(SH)的有机化合物,且是也称为Thiol或Thioalcohol的物质。上述的硫醇类为例如甲硫醇(CH_3SH)、乙硫醇(C_2H_5SH)或1-丙硫醇(C_3H_7SH)等。

[0078] 上述的酯为例如甲酸酯或乙酸酯等。

[0079] 上述的醚为例如二甲醚($(CH_3)_2O$)、甲基乙基醚($C_2H_5OCH_3$)或二乙醚($(C_2H_5)_2O$)等。

[0080] 上述的酮为例如丙酮($(CH_3)_2CO$)、甲基乙基酮($C_2H_5COCH_3$)或二乙酮($(C_2H_5)_2CO$)等。

[0081] 上述的醛为例如乙醛(CH_3CHO)、丙醛(C_2H_5CHO)或丁醛(Butyraldehyde)(C_3H_7CHO)等。

[0082] 如图6所示,分离装置2具备:分离膜复合体1、密封部21、外壳22、以及2个密封部件23。分离膜复合体1、密封部21及密封部件23收纳于外壳22内。图6中,对分离膜复合体1的分离膜12标记平行斜线。外壳22的内部空间为与外壳22周围的空间隔离开的密闭空间。在外壳22连接有供给部26、第一回收部27、以及第二回收部28。

[0083] 密封部21是:如上所述安装于支撑体11的长度方向(即图6中的左右方向)的两端部并将支撑体11的长度方向两端面及该两端面附近的外侧面的一部分被覆而密封的部件。本实施方式中,密封部21为厚度10μm~50μm的玻璃密封。密封部21的材料及形状可以适当变更。应予说明,由于在密封部21设置有与支撑体11的多个隔室111重叠的多个开口,所以

各隔室111的长度方向两端没有被密封部21被覆。因此,流体能够经该两端向隔室111流入及从隔室111流出。

[0084] 外壳22为大致圆筒状的筒状部件。外壳22由例如不锈钢或碳钢形成。外壳22的长度方向与分离膜复合体1的长度方向大致平行。在外壳22的长度方向上的一个端部(即图6中的左侧的端部)设置有供给口221,在另一个端部设置有第一排出口222。在供给口221连接供给部26。在第一排出口222连接第一回收部27。在外壳22的侧面设置有第二排出口223。在第二排出口223连接第二回收部28。应予说明,外壳22的形状及材质可以进行各种变更。

[0085] 2个密封部件23在分离膜复合体1的长度方向两端部附近配置于分离膜复合体1的外侧面与外壳22的内侧面之间。各密封部件23为由气体及液体无法透过的材料形成的大致圆环状的部件。密封部件23为例如由具有柔性的树脂形成的O型环或密封件。密封部件23在分离膜复合体1的整周与分离膜复合体1的外侧面及外壳22的内侧面密合。图6所示的例子中,密封部件23与密封部21的外侧面密合,隔着密封部21而与分离膜复合体1的外侧面间接密合。应予说明,密封部件23可以与分离膜复合体1的外侧面直接密合。各密封部件23与分离膜复合体1的外侧面或密封部21之间、以及各密封部件23与外壳22的内侧面之间被密封,气体及液体实质上无法通过。应予说明,关于密封部件23的材质,除了树脂以外,还可以为碳、金属、或其他的无机材料。

[0086] 供给部26将混合物质经由供给口221而向外壳22的内部空间供给。供给部26具备例如朝向外壳22压送混合物质的鼓风机或泵等压送机构。该压送机构具备:例如分别对向外壳22供给的混合物质的温度及压力进行调节的温度调节部及压力调节部。第一回收部27及第二回收部28具备:例如对从外壳22导出的物质进行贮存的贮存容器或对该物质进行转移并输送的鼓风机或泵。

[0087] 在进行混合物质分离时,首先,准备出分离膜复合体1(图7:步骤S21)。具体而言,将分离膜复合体1安装于外壳22的内部。接下来,利用供给部26,将包含针对分离膜12的透过性不同的多种物质的混合物质如箭头251所示向外壳22的内部供给。例如,混合物质为多种液体混合得到的混合液。该混合液的主成分为例如水及乙醇。混合液中可以包含除水及乙醇以外的液体。

[0088] 从供给部26供给至外壳22的混合物质从分离膜复合体1的图中的左端向支撑体11的各隔室111内导入。混合物质中的透过性高的物质、即高透过性物质从在各隔室111的内侧面上设置的分离膜12以及支撑体11透过而从支撑体11的外侧面导出。由此,将高透过性物质(例如水)从混合物质中的透过性低的物质、即低透过性物质(例如乙醇)中分离出来(步骤S22)。

[0089] 从支撑体11的外侧面导出的物质(以下称为“透过物质”)如箭头253所示经由第二排出口223而向第二回收部28导入,利用第二回收部28进行回收。透过物质中,除了包含上述的高透过性物质以外,还可以包含已从分离膜12透过的低透过性物质。

[0090] 另外,混合物质中的除了已从分离膜12及支撑体11透过的物质以外的物质(以下称为“不透过物质”)从图中的左侧向右侧而通过支撑体11的各隔室111,如箭头252所示经由第一排出口222而利用第一回收部27进行回收。不透过物质中,除了包含上述的低透过性物质以外,还可以包含没有从分离膜12透过的高透过性物质。由第一回收部27回收的不透过物质例如可以向供给部26循环而再次向外壳22内供给。

[0091] 接下来,参照表1及表2,对实施例1～6以及比较例1～6的分离膜复合体1进行说明。表1中给出与分离膜复合体1的基材31的原料相关的信息。表2中示出分离膜复合体1的基材31的粒子物性(即烧结粒子的物性)与透过阻力及强度之间的关系。

[0092] [表1]

[0093]

	原料粗粒	原料微粒	原料粗粒的含有率(质量%)	无机粘结材料(质量份)
	D_{50}(μm)	D_{50}(μm)		
实施例1	90	40	30	10
实施例2	60	20	5	20
实施例3	90	40	20	18
实施例4	60	20	5	15
实施例5	90	40	20	3
实施例6	60	20	5	25
比较例1	120	40	40	15
比较例2	-	20	0	15
比较例3	90	40	20	10
比较例4	90	40	20	15
比较例5	60	20	7	15
比较例6	60	20	3	10

[0094] [表2]

[0095]

	粒子物性			评价	
	粗粒比	粗粒的平均纵横尺寸比	被包围微粒比例(%)	透过阻力	强度
实施例1	0.293	1.9	10	◎	◎
实施例2	0.052	1.9	40	◎	◎
实施例3	0.295	1.5	31	◎	◎
实施例4	0.055	1.5	20	◎	◎
实施例5	0.295	1.9	5	◎	○
实施例6	0.055	1.5	55	○	◎
比较例1	0.343	1.9	21	◎	×
比较例2	0.025	1.9	20	×	◎
比较例3	0.297	1.2	15	×	◎
比较例4	0.296	2.5	23	◎	×
比较例5	0.063	2.5	20	◎	×
比较例6	0.053	1.2	15	×	◎

[0096] 实施例1中,利用与上述的步骤S11～S15同样的制造方法,制作分离膜复合体1。步骤S11中,在成为基材31的原料的坯料的制作中,相对于作为骨料粒子的氧化铝粒子100质量份而添加作为无机粘结材料的玻璃10质量份。该氧化铝粒子(即原料粗粒及原料微粒)中的原料粗粒的含有率为30质量%。原料微粒的D_{50}为40μm。原料粗粒的D_{50}为90μm。待成为基材31的成型体的烧成温度及烧成时间为1250℃以及2小时。步骤S12中生成的晶种为DDR型的沸石结晶。另外,步骤S14中在各隔室111内形成的分离膜12为DDR型的沸石膜。

[0097] 实施例1中制作的分离膜复合体1中,基材31的粒子物性、即粗粒比、粗粒311的平均纵横尺寸比、以及被包围微粒比例分别为0.293、1.9、以及10%。

[0098] 实施例1中,如下测定分离膜复合体1的透水量,评价透过阻力。首先,将分离膜复合体1安装于上述的分离装置2的外壳22内,并将水与乙醇的混合液从供给部26供给到外壳22内。该混合液中,水与乙醇的重量比为50:50。供给到外壳22内的混合液的温度为60℃。然后,将分离膜12的二次侧的压力即透过侧压力设为50torr(约6.666kPa),利用渗透蒸发法(所谓的PV法)进行混合液的分离,对已从分离膜复合体1透过的透过物质的量(即透过量)进行测定。另外,利用密度比重计测定透过物质的密度,求出透过物质中的水与乙醇之比(以下也称为“水/乙醇比”)。之后,基于上述的透过量以及水/乙醇比,求出已从分离膜复合体1透过的水的量(即透水量)。

[0099] 表1中,在透水量为2.8kg/m^2h以上的情况下,将表示透过阻力适当低的“◎”记载于透过阻力栏中。另外,在透水量为2.3kg/m^2h以上且小于2.8kg/m^2h的情况下,将表示透过阻力比较低的“○”记载于透过阻力栏中。在透水量小于2.3kg/m^2h的情况下,将表示透过阻力高的“×”记载于透过阻力栏中。实施例1中,透水阻力为◎。

[0100] 另外,实施例1中,对流入至分离膜复合体1的各隔室111内的水进行加压,测定分离膜复合体1被破坏的内压破坏强度(即耐压强度),评价分离膜复合体1的强度。表1中,在耐压强度为20MPa以上的情况下,将表示强度适当高的“◎”记载于强度栏中。另外,在耐压强度为18MPa以上且小于20MPa的情况下,将表示强度比较高的“○”记载于强度栏中。在耐压强度小于18MPa的情况下,将表示强度低的“×”记载于强度栏中。实施例1中,强度为◎。

[0101] 关于实施例2,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料20质量份,该氧化铝粒子中的原料粗粒的含有率为5质量%,原料微粒的D_{50}为20μm,原料粗粒的D_{50}为60μm,除此以外,与实施例1相同。实施例2中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.052,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.9,被包围微粒比例为40%。实施例2中,透水阻力为◎,强度为◎。

[0102] 关于实施例3,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料18质量份,该氧化铝粒子中的原料粗粒的含有率为20质量%,除此以外,与实施例1相同。实施例3中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.295,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.5,被包围微粒比例为31%。实施例3中,透水阻力为◎,强度为◎。

[0103] 关于实施例4,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料15质量份,除此以外,与实施例2相同。实施例4中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.055,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.5,被包围微粒比例为20%。实施例4中,透水阻力为◎,强度为◎。

[0104] 关于实施例5,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料3质量份,除此以外,与实施例3相同。实施例5中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.295,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.9,被包围微粒比例为5%。实施例5中,透水阻力为◎,强度为○。

[0105] 关于实施例6,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料25质量份,除此以外,与实施例2相同。实施例6中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.055,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.5,被包围微粒比例为55%。实施例6中,透水阻力为○,强度为◎。

[0106] 关于比较例1,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料15

质量份,该氧化铝粒子中的原料粗粒的含有率为40质量%,原料粗粒的D_{50}为120μm,除此以外,与实施例1相同。比较例1中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.343,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.9,被包围微粒比例为21%。比较例1中,透水阻力为◎,强度为×。

[0107] 关于比较例2,在步骤S11中,氧化铝粒子中的原料粗粒的含有率为0质量%(即不含原料粗粒),除此以外,与实施例4相同。比较例2中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.025,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.9,被包围微粒比例为20%。比较例2中,透水阻力为×,强度为◎。

[0108] 关于比较例3,在步骤S11中,氧化铝粒子中的原料粗粒的含有率为20质量%,除此以外,与实施例1相同。比较例3中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.297,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.2,被包围微粒比例为15%。比较例3中,透水阻力为×,强度为◎。

[0109] 关于比较例4,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料15质量份,除此以外,与比较例3相同。比较例4中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.296,粗粒311的平均纵横尺寸比为2.5,被包围微粒比例为23%。比较例4中,透水阻力为◎,强度为×。

[0110] 关于比较例5,在步骤S11中,氧化铝粒子中的原料粗粒的含有率为7质量%,除此以外,与实施例4相同。比较例5中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.063,粗粒311的平均纵横尺寸比为2.5,被包围微粒比例为20%。比较例5中,透水阻力为◎,强度为×。

[0111] 关于比较例6,在步骤S11中,相对于氧化铝粒子100质量份而添加无机粘结材料10质量份,该氧化铝粒子中的原料粗粒的含有率为3质量%,除此以外,与比较例5相同。比较例6中制作的分离膜复合体1的基材31中,粗粒比为0.053,粗粒311的平均纵横尺寸比为1.2,被包围微粒比例为15%。比较例6中,透水阻力为×,强度为◎。

[0112] 将实施例1~6和比较例1~2进行比较,从同时实现减少基材31的透过阻力和确保强度的观点出发,粗粒比优选为0.05以上且0.3以下。另外,将实施例1~6和比较例3~6进行比较,从同时实现减少基材31的透过阻力和确保强度的观点出发,粗粒311的平均纵横尺寸比优选为1.5以上且2以下。

[0113] 将实施例1~4和实施例5~6进行比较,从进一步提高基材31的强度的观点出发,被包围微粒比例优选大于5%。另外,从进一步减少基材31的透水阻力的观点出发,被包围微粒比例优选小于55%。

[0114] 如以上所说明,用于支撑分离膜12的多孔质的陶瓷基材(即基材31)具备:多个粗粒311,该多个粗粒311分别为粒子尺寸30μm以上的陶瓷粒子;以及多个微粒312,该多个微粒312分别为粒子尺寸1μm以上且小于30μm的陶瓷粒子。多个粗粒311的个数相对于多个微粒312的个数的比值(即粗粒比)为0.05以上且0.3以下。多个粗粒311的平均纵横尺寸比为1.5以上且2以下。由此,如上所述,能够同时实现减少基材31的透过阻力和确保强度。

[0115] 如上所述,基材31优选还具备:将多个粗粒311和/或多个微粒312粘结的无机粘结材料313。另外,多个微粒312中的周围被无机粘结材料313整周包围的微粒312的个数优选大于多个微粒312的个数的5%且小于55%。由此,能够进一步提高基材31的强度,并且,能够进一步减少透过阻力。

[0116] 如上所述,基材31的气孔率优选为20%以上且50%以下。由此,能够更好地同时实现减少基材31的透过阻力和确保强度。

[0117] 如上所述,多个粗粒311及多个微粒312优选为氧化铝、多铝红柱石、氧化锆或二氧化钛的粒子。由此,在基材31上直接设置分离膜12时,能够增大基材31与分离膜12的接合强度,因此,能够稳定地支撑分离膜12。

[0118] 如上所述,基材31优选呈沿长度方向延伸的柱状,多个隔室111在长度方向上贯通。像这样,在整体型或蜂窝型的分离膜复合体1中,通过采用上述结构,也能够同时实现减少基材31的透过阻力和确保强度。

[0119] 用于支撑分离膜12的多孔质的陶瓷支撑体(即支撑体11)优选具备:上述的基材31;以及多孔质的陶瓷附加层(即附加层34),该陶瓷附加层设置于基材31的表面,且平均细孔径小于基材31的平均细孔径。由此,能够增大支撑体11与分离膜12的接合强度,因此,能够稳定地支撑分离膜12。

[0120] 上述的分离膜复合体1具备:上述基材31或上述支撑体11;以及分离膜12,该分离膜12设置在基材31的表面上或支撑体11的附加层34上。由此,能够同时实现减少分离膜复合体1的透过阻力和确保强度。

[0121] 如上所述,分离膜12优选为沸石膜。通过利用细孔径均匀的沸石结晶构成分离膜12,能够很好地实现高透过性物质的选择性透过。结果,能够将高透过性物质从混合物质中效率良好地分离出来。

[0122] 更优选为,构成该沸石膜的沸石的环的最大元数为8以下。由此,能够更好地实现分子径比较小的高透过性物质的选择性透过。结果,能够将高透过性物质从混合物质中效率更好地分离出来。

[0123] 针对上述的基材31、支撑体11以及分离膜复合体1,可以进行各种变更。

[0124] 例如,基材31的气孔率可以小于20%,也可以大于50%。另外,基材31中的被包围微粒比例可以为5%以下,也可以为55%以上。

[0125] 分离膜复合体1中,构成作为沸石膜的分离膜12的沸石的环的最大元数可以大于8。另外,分离膜12不限定于沸石膜,可以为二氧化硅膜或碳膜等无机膜,也可以为聚酰亚胺膜或有机硅膜等有机膜,还可以为金属有机结构体(MOF)膜。分离膜复合体1除了具备分离膜12以外,还可以进一步具备层叠在分离膜12上的功能膜或保护膜。这样的功能膜或保护膜可以为沸石膜,也可以为除沸石膜以外的无机膜,还可以为有机膜或MOF膜。

[0126] 分离膜复合体1并不一定需要利用上述的制造方法(步骤S11~S15)来制造,也可以利用其他各种制造方法进行制造。

[0127] 分离膜复合体1可以在结构不同于上述分离装置2的各种装置中用于混合物质的分离或其他目的。

[0128] 上述实施方式以及各变形例中的构成只要不相互矛盾就可以适当组合。

[0129] 虽然对发明进行了详细的描述说明,但是,上述说明是示例性的而不具有限定性。因此,可以说:只要不脱离本发明的范围,则可以采用多种变形、方案。

[0130] 产业上的可利用性

[0131] 本发明的陶瓷基材及陶瓷支撑体可以用于支撑例如可用作分离膜的沸石膜。另外,本发明的分离膜复合体可以作为各种物质的分离膜及各种物质的吸附膜等而加以利

用。

[0132] 符号说明

[0133] 1分离膜复合体

[0134] 11支撑体

[0135] 12分离膜

[0136] 31基材

[0137] 34附加层

[0138] 111隔室

[0139] 311粗粒

[0140] 312微粒

[0141] 313无机粘结材料

[0142] S11～S15、S21～S22步骤

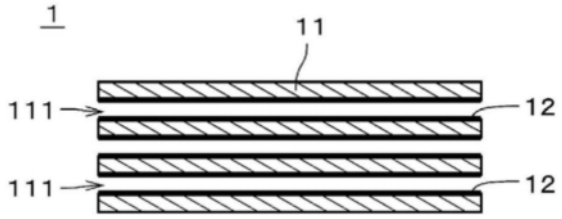

1
11
111
12
111
12

图1

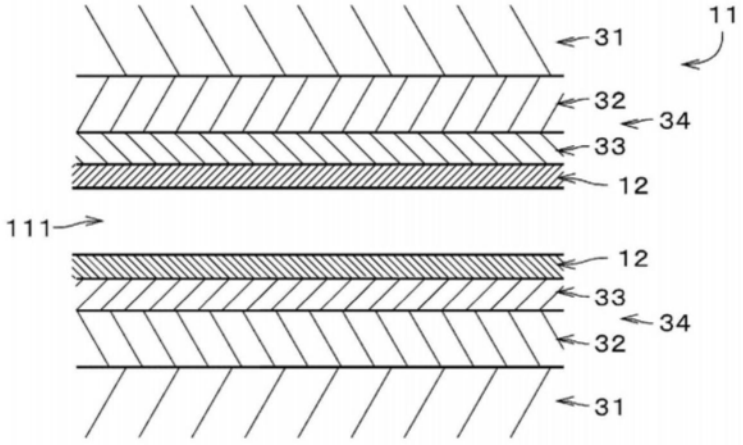

11
31
32
34
33
12
111
12
33
34
32
31

图2

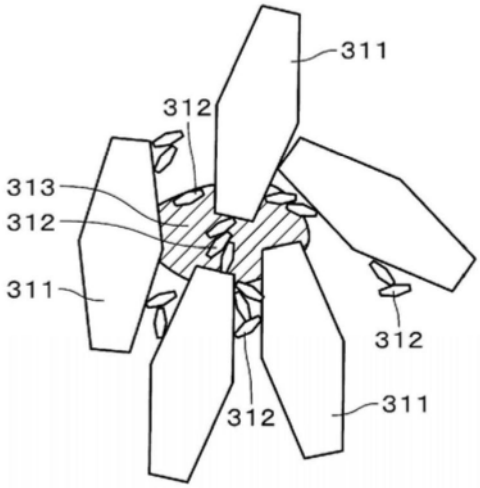

311
312
313
312
311
312
312
311

图3

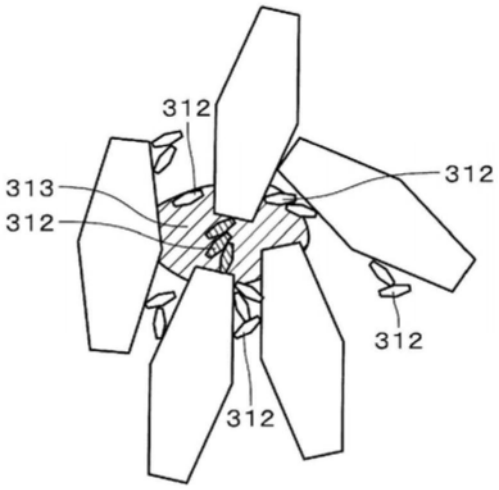

312
313
312
312
312
312

图4

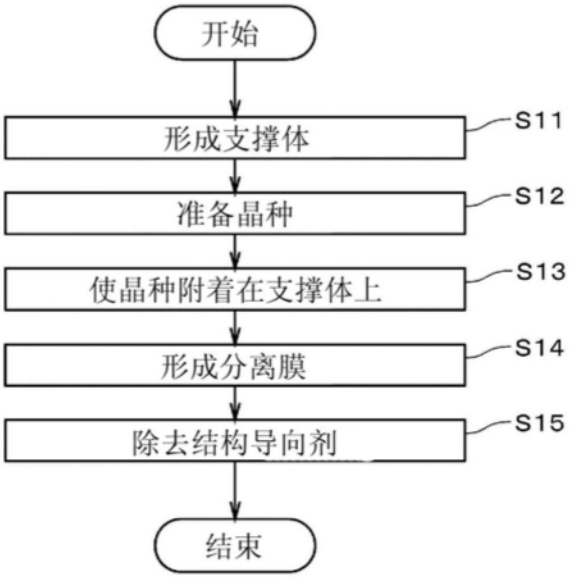

开始
形成支撑体
S11
准备晶种
S12
使晶种附着在支撑体上
S13
形成分离膜
S14
除去结构导向剂
S15
结束

图5

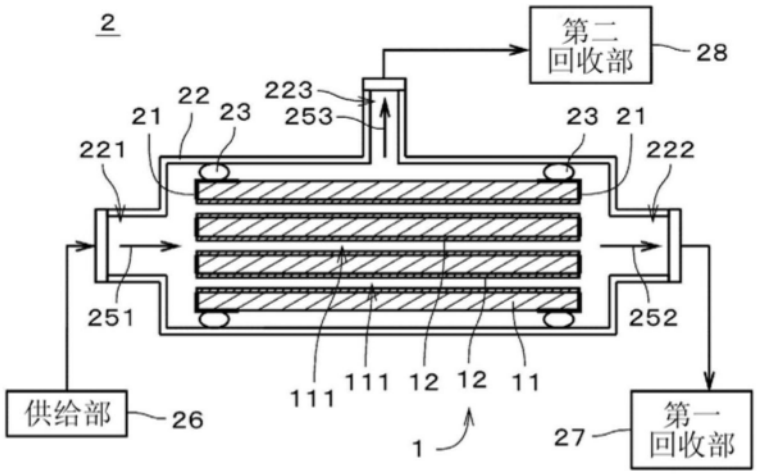

2
第二
回收部
28
223
253
22
21
23
23
21
221
222
251
252
111
111
12
12
11
供给部
26
1
27
第一
回收部

图6

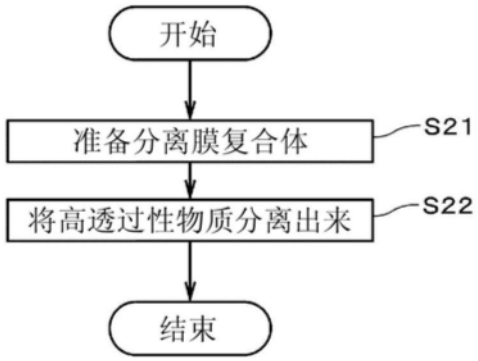

开始
准备分离膜复合体
S21
将高透过性物质分离出来
S22
结束

图7