



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I803492 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：107116500

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 05 月 15 日

(51)Int. Cl. : **B01J23/66 (2006.01)****B01J32/00 (2006.01)****B01J35/10 (2006.01)****B01J21/04 (2006.01)****C07D301/04 (2006.01)**

(30)優先權：2017/05/15 美國

62/506,328

2017/12/07 美國

15/834,375

(71)申請人：美商科學設計有限公司 (美國) SCIENTIFIC DESIGN COMPANY, INC. (US)
美國(72)發明人：蘇查聶克 沃契克 SUCHANEK, WOJCIECH L. (US)；蒂瑪爾 麥可 DI MARE,
MICHAEL (US)；亞當 尚 ADAM, JEAN (US)；小伊莉絲 保羅 E ELLIS, JR.,
PAUL E. (US)

(74)代理人：李文賢

(56)參考文獻：

TW 201700438A

CN 102325592A

JP 2011528611A

US 2012065055A1

WO 2008054564A1

審查人員：石博文

申請專利範圍項數：29 項 圖式數：4 共 31 頁

(54)名稱

具有增強的抗碎強度的多孔體

(57)摘要

提供了一種具有增強的流體輸送和抗碎強度的多孔體。多孔體包含至少 80% 的 α 氧化鋁並具有 0.3 mL/g 至 1.2 mL/g 的孔隙體積、0.3 m²/g 至 3.0 m²/g 的表面積，並且提供具有 7 或 7 以下的曲折度、4 或 4 以下的收縮率、以及和 30 毫達西或 30 毫達西以上之滲透率中至少一種的孔隙結構，其中多孔體是包括至少兩個彼此間隔開之孔洞的圓柱體，孔洞延伸至圓柱體的整個長度，並貫穿圓柱體。多孔體的平板抗碎強度相對於具有相同外徑和長度但僅具有單孔的多孔體圓柱提高 10% 以上。

A porous body with enhanced fluid transport properties and crush strength is provided. The porous body includes at least 80 percent alpha alumina and having a pore volume from 0.3 mL/g to 1.2 mL/g, a surface area from 0.3 m²/g to 3.0 m²/g, and a pore architecture that provides at least one of a tortuosity of 7 or less, a constriction of 4 or less and a permeability of 30 mdarcys or greater, wherein the porous body is a cylinder comprising at least two spaced apart holes that extend through an entire length of the cylinder. The porous body has a flat plate crush strength improved by more than 10% over a porous body cylinder having a same outer diameter and length, but having only a single hole.

指定代表圖：

符號簡單說明：

I.D. . . . 內徑

O.D. . . . 外徑

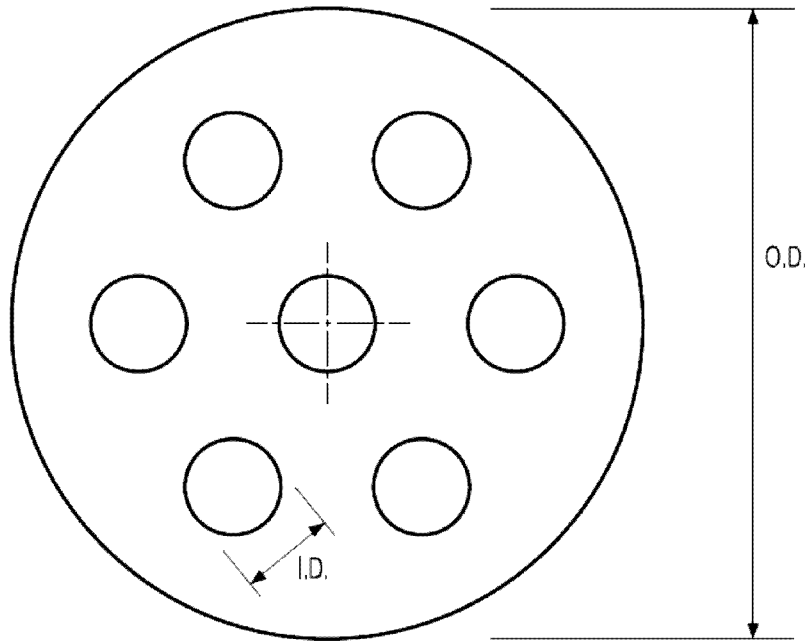


圖 4



I803492

【發明摘要】

【中文發明名稱】具有增強的抗碎強度的多孔體

【英文發明名稱】POROUS BODIES WITH ENHANCED CRUSH STRENGTH

【中文】

提供了一種具有增強的流體輸送和抗碎強度的多孔體。多孔體包含至少80%的 α 氧化鋁並具有0.3 mL/g至1.2 mL/g的孔隙體積、0.3 m²/g至3.0 m²/g的表面積，並且提供具有7或7以下的曲折度、4或4以下的收縮率、以及和30毫達西或30毫達西以上之滲透率中至少一種的孔隙結構，其中多孔體是包括至少兩個彼此間隔開之孔洞的圓柱體，孔洞延伸至圓柱體的整個長度，並貫穿圓柱體。多孔體的平板抗碎強度相對於具有相同外徑和長度但僅具有單孔的多孔體圓柱提高10%以上。

【英文】

A porous body with enhanced fluid transport properties and crush strength is provided. The porous body includes at least 80 percent alpha alumina and having a pore volume from 0.3 mL/g to 1.2 mL/g, a surface area from 0.3 m²/g to 3.0 m²/g, and a pore architecture that provides at least one of a tortuosity of 7 or less, a constriction of 4 or less and a permeability of 30 mdarcys or greater, wherein the porous body is a cylinder comprising at least two spaced apart holes that extend through an entire length of the cylinder. The porous body has a flat plate crush strength improved by more than 10% over a porous body cylinder having a same outer diameter and length, but having only a single hole.

【指定代表圖】 圖4

【代表圖之符號簡單說明】

I.D. 內徑 O.D. 外徑

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 具有增強的抗碎強度的多孔體

【英文發明名稱】 POROUS BODIES WITH ENHANCED CRUSH STRENGTH

【技術領域】

【0001】 本發明涉及多孔體，其具有增強的孔隙結構和抗碎強度。

【先前技術】

【0002】 在化學工業和化工行業中，經常依賴使用多孔體，包括多孔陶瓷體，它能夠執行或促進分離或反應、和/或提供用於進行這樣的分離和反應的區域。分離或反應的實例包括：氣體和液體的過濾、吸附、逆滲透、透析、超濾、或異質催化。雖然這些多孔體的期望的物理和化學性質根據特定的應用而有所變化，但在這些多孔體中存在通常合乎期望的某些性質而不管它們將被使用的最終應用。

【0003】 例如，多孔體可以是基本上惰性的，使得多孔體本身不參與在它們附近、在它們上或通過它們以不希望的、意外的、或有害的方式進行的分離或反應。在期望穿過多孔體或擴散到多孔體的進行反應或分離的組成的應用中，低擴散阻力（例如，高的有效擴散係數）將是有利的。

【0004】 在一些應用中，多孔體被設置在反應空間或分離空間中，因此期望它們具有高孔隙體積和/或高表面積是，以便增大所希望的反應物的裝載和分散，並且期待其提供增大的表面積，以利於在其上能反應或分離。這些應用還需要有足夠的機械完整性，以避免在運輸或放置過程中受到損壞，即壓碎、切損或破裂。然而，因為強度隨著孔隙率的增加呈指數下降，在多孔體中高機械強度與高孔隙體積的組合不容易實現。

【0005】 鑒於上述情況，有必要提供擁有具有增強的流體輸送特性特別是氣體擴散性質以及高機械完整性之孔隙結構的多孔體。此外，需要提供具有如此增強的孔隙結構，但是表現出增強的抗碎強度的多孔體。

【發明內容】

【0006】 提供一種能夠進行或促進分離、或進行反應和/或提供用於進行該分離或反應的區域的多孔體。多孔體具有增強的孔隙結構和抗碎強度。

【0007】 在本發明的一個實施方式中，多孔體包含至少80%的 α 氧化鋁，並具有0.3 mL/g至1.2 mL/g的孔隙體積，0.3 m²/g至3.0 m²/g的表面積，以及提供具有7或7以下的曲折度、4或4以下的收縮率和30毫達西或30毫達西以上的滲透率中至少一種的孔隙結構，其中多孔體是包括至少兩個彼此間隔的孔洞的圓柱體，且孔洞延伸至圓柱體的整個長度，並貫穿圓柱體。

【0008】 本發明的多孔體可以在多種應用中使用，例如，作為過濾器、作為膜或作為催化劑載體。在一個實施例中，本發明的多孔體用作銀基環氧化催化劑的載體。在這樣的實施方式中，銀基環氧化催化劑包括作為催化劑載體的多孔體，多孔體含有至少80%的 α 氧化鋁，並具有0.3 mL/g至1.2 mL/g的孔隙體積，0.3 m²/g至3.0 m²/g的表面積，並且提供具有7或7以下的曲折度、4或4以下的收縮率、和30毫達西或30毫達西以上的滲透率中至少一種的孔隙結構，其中多孔體是包括至少兩個彼此間隔孔洞的圓柱體，孔洞延伸穿過至圓柱體的整個長度並貫穿過圓柱體。相較於具有相同外徑和長度但僅包括單個孔的多孔體圓柱體，這種多孔體具有提高了10%以上的平板抗碎強度。催化劑還包括設置在多孔體上和/或在多孔體內的催化量的銀，以及設置在多孔體上和/或在多孔體中的促進量的一種或多種促進劑。

【圖式簡單說明】**【0009】**

圖1是具有大致相等長度和外徑並且與本發明不一致的單孔圓柱形多孔體（所謂的拉西（Raschig）環）的俯視圖。

圖2A是根據本發明的包含三個孔的圓柱形多孔體的俯視圖。

圖2B是圖2A的圓柱形多孔體的三維圖示。

圖3是根據本發明的包含五個孔的圓柱形多孔體的俯視圖。

圖4是根據本發明的含有七個孔的圓柱形多孔體的俯視圖。

【實施方式】

【0010】 本發明現在將參照以下本發明的具體實施方式以及附圖進行更加詳細地說明。在下面的描述中，闡述了許多例如特定的結構、部件、材料、尺寸、處理步驟和技術之類的具體細節，以提供對本發明的多種實施方式的理解。然而，對本領域中的普通技術人員而言，應當理解，本發明的多種實施方式可以在沒有這些特定細節的情況下實施。如在本發明通篇所使用的術語“約”通常表示不超過數值的 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、或 $\pm 0.5\%$ 。

【0011】 美國專利申請公開案No.2016/0354760A1和No.2016/ 0354759A1中公開了具有增強的孔隙結構的多孔體及其製備方法，上述公開中的每個的全部內容通過引用併入本文。這種材料具有高孔隙率和孔隙體積，其可能降低所得到的多孔體的抗碎強度。抗碎強度是非常重要的，因為它決定了由工業反應器中成形多孔體製備的催化劑粒料的機械完整性。例如，由成形多孔體製備的催化劑粒料在反應器載入期間必須經受至少幾米的下落，然後在反應器操作期間保持它們的形狀和物理完整性，這可能長達幾年。

【0012】 本發明藉由提供多孔圓柱形多孔體(如圖2A，2B，3和4所示)取代如圖1所示的具有大致相等長度和外徑單孔圓柱形多孔體（即典型的拉西環）來提供上述問題的解決方案。值得注意的是，提供附圖僅用於說明的目的，因此不是按比例繪製的。本發明的多孔圓柱形多孔體中的每個附加孔的直徑小於圖1所示的原始單孔設計的直徑。然而，本發明的多孔圓柱形多孔體中的孔的總體積能使得反應器中的壓降保持與單孔圓柱形多孔體中的壓降相同或者相當。

【0013】 根據本發明，與具有相同材料、相同外徑和相同長度的單孔圓柱形多孔體相比，對於本發明的多孔圓柱形多孔體，具有相同長度和外徑的圓柱形多孔體的平均抗碎強度顯著提高。

【0014】 能夠在本發明中使用多孔體可以通過首先提供包含 α 氧化鋁粉末、非矽酸鹽粘合劑、燃盡材料(burn-out material)、溶劑和潤滑劑的前驅物混合物來製備。非矽酸鹽粘合劑的例子是勃姆石(γ -AlOOH)。典型地，非矽酸鹽粘合劑被分散到去離子水或其它溶劑中。在本發明中，在前驅物混合物中使用的 α 氧化鋁粉末是具有0.1微米至6微米的粒徑的研磨的 α 氧化鋁粉末。多孔體前驅物混合物的所有成分以均質化混合。

【0015】 在一些實施方式中，粘合劑包括，例如，無機粘土型材料，例如二氧化矽和鹼金屬化合物或鹼土金屬化合物。可以摻入氧化鋁顆粒的方便的粘合劑材料包括非矽酸鹽化合物、穩定的矽溶膠和任選的鹼金屬鹽或鹼土金屬鹽。較佳的非矽酸鹽粘合劑可以選自氫氧化鋁、氧化物-氫氧化物、過渡氧化鋁和在燒制時產生 α -氧化鋁的任何有機或無機前驅物。在一些實施方式中，用於製備多孔體的方法中含矽物質是基本上或完全被排除的。在多孔體中基本上不包括含矽物質的情況下，源於製備多孔體的原料中的雜質之微量的矽仍然可以存在於多孔體中。這樣的微量通常不超過多孔體的1wt%、0.5wt%、或0.1wt%。

【0016】 在本發明中可以使用的主要燃盡材料包括具有1微米至10微米的粒徑的任何常規燃盡材料。可以用作主要燃盡材料的燃盡材料的一些例子包括纖維素、經取代的纖維素，例如，甲基纖維素、乙基纖維素和羧乙基纖維素、硬脂酸酯(例如，有機硬脂酸酯，如硬脂酸甲酯或硬脂酸乙酯)、蠟、顆粒狀聚烯烴(例如，聚乙烯和聚丙烯)、胡桃殼粉等，它們在製備多孔體中使用的素燒溫度下是可分解的。在一個例子中，以具有3微米至8微米的粒徑的聚乙烯可用作主要燃盡材料。在另一例子中，以具有1微米至9微米的粒徑的石蠟或聚四氟乙烯(polytetrafluoroethylene, PTFE)可以用作主要燃盡材料。在一些實施方式中，在小於550°C下分解的燃盡材料(例如，聚乙烯和聚丙烯)優於在550°C或更高溫度下分解的燃盡材料(例如，石墨)。

【0017】 在一些實施方式中，未經研磨的 α 氧化鋁粉末可以添加到前驅物混合物中。在其他實施方式中，未經研磨的 α 氧化鋁粉末可以與研磨的 α 氧化鋁粉末一起添加到如上述的前驅物混合物。在本發明中可以使用的未研磨的 α 氧化鋁粉末可以具有在10微米至100微米範圍內的平均粒徑。當採用未研磨的 α 氧化鋁粉末時，研磨的 α 氧化鋁粉末與未研磨的 α 氧化鋁粉末的重量比可以是約0.25：1至約5：1。

【0018】 輔助燃盡材料可以任選地加入到該前驅物混合物中。當使用時，輔助燃盡材料的粒徑大於上述的主要燃盡材料的粒徑。輔助燃盡材料可以是與主要燃盡材料相同或不同的燃盡材料。在一個例子中，以具有3微米至10微米的粒徑的石墨可以用作為輔助燃盡材料。在另一例子中，以具有1微米至9微米的粒徑的石蠟或PTFE可以用作為輔助燃盡材料。當使用輔助燃盡材料時，主要燃盡材料與輔助燃盡材料的重量比率可以在1.1至5.4的範圍內。在一些實施方式中，在小於550°C下分解的輔助燃盡材料優於在550°C或更高溫度下分解的輔助燃盡材料。

【0019】 在上面所述的前驅物混合物中，可以使用常規潤滑劑，例如，凡士林。在本發明的此階段可以添加的潤滑劑的量可以是包括在形成本發明的多孔體中使用的潤滑劑的總量，或部分量。

【0020】 在本發明的一些實施方式中，可以將具有比先前所述的未研磨的 α 氧化鋁粉末的粒徑更大粒徑的額外的未研磨的 α 氧化鋁粉末加入到該前驅物混合物。當使用額外的未研磨的 α 氧化鋁粉末時，研磨的 α 氧化鋁粉末與額外的未研磨的 α 氧化鋁粉末的重量比可以是約0.2：1至約5：1。在一些實施方式中，額外的潤滑劑可以添加到前驅物混合物。

【0021】 在一些實施方式中，本申請的前驅物混合物還可以利用美國專利申請公開案No.2016/0354759A1中描述的製程和材料形成，其全部內容通過引用再次併入本文。在另一個實施方式中，本申請的前驅物混合物還可以利用在與本申請同一天提交的題為「POROUS BODIES WITH ENHANCED PORE ARCHITECTURE PREPARED WITHOUT A HIGH-TEMPERATURE BURNOUT MATERIAL」的美國專利申請(代理人案卷No.34976)中描述的製程和材料形成，其全部內容也通過引用併入本文。

【0022】 然後形成上述前驅物混合物以提供期望的形狀。在本發明中，期望的形狀是包括至少兩個彼此間隔之孔洞的圓柱體，孔洞延伸圓柱體的整個長度，並貫穿圓柱體。「整個長度」意味著孔從圓柱體的最頂表面延伸到圓柱體的最底表面。在一個實施方式中，圓柱體包括三個間隔開的孔，這些孔延伸穿過圓柱體的整個長度。在另一個實施方式中，圓柱體包括五個間隔開的孔，這些孔延伸穿過圓柱體的整個長度。在另一個實施方式中，圓柱體包括七個間隔開的孔，這些孔延伸穿過圓柱體的整個長度。

【0023】 圖2A，2B，3和4示出了根據本發明的具有延伸穿過圓柱體的整個長度的多個孔洞12的圓柱形多孔體10。在附圖中，O.D.表示外徑，I.D.表示內徑，L表示圓柱體的長度。圖1示出了不符合本申請的單孔圓柱形體。

【0024】 可以在本發明中使用的圓柱體具有可以在約1毫米至約100毫米範圍內的外徑O.D.。存在於圓柱體中的每個孔洞12具有相同的內徑I.D.，其範圍可以從約0.2毫米至約30毫米。圓柱體的長度L可以根據成形多孔體10的最終用途而變化。在一個實施方式中，圓柱體可具有約1毫米至約100毫米的長度L。

【0025】 可以存在於圓柱體中的孔洞12的最大數量取決於圓柱體的外徑O.D.。在一個實施例中，圓柱體的外徑為約4毫米至約10毫米，長度L約等於外徑O.D.(即，L為約4毫米至約10毫米)，並且圓柱體包括三至二十個間隔開的孔洞12，這些孔洞12延伸圓柱體的整個長度L，並貫穿圓柱體。在這樣的實施方式中，較佳的是，圓柱體包含5至7個孔。

【0026】 典型地藉由壓制、擠出、模塑、澆鑄等執行將前驅物混合物形成為期望的形狀(即，上述多孔中空圓柱體)。在本發明的一個實施方式中，可以使用擠出機模具進行擠出，擠出機模具可生產具有多個孔的圓柱體形狀物，然後可將其按基本相等長度切割成多件。然後切割後的擠出物用任何常規乾燥方法乾燥。隨後，將乾燥的擠出物輸送到爐中以便除去水並燃盡大部分可存在的燃盡材料和其它填料。取決於燃盡材料類型，熱處理可以在100°C至1000°C的溫度下進行，加熱速率的範圍為介於10°C/小時和100°C/小時。接著，擠出物可以被燒結。在一個實施例中，燒結可以在1200°C至1600°C的溫度下在流動的空氣中進行。在一些實施方式中，燃盡材料的去除和燒結可以在單個熱處理製程中執行。燒結後，將所得形狀的多孔體10冷卻到室溫。加熱和冷卻速率可以在1°C/分鐘至5°C/分鐘的範圍內。也可在本發明中使用在0.5°C/分鐘至20°C/分鐘範圍內的其它的加熱和冷卻速率以提供多孔體10。

【0027】 在燒結之後，提供如上所述的成形的多孔體10，其具有增強的孔洞結構(如下所定義)和抗碎強度。本發明的圓柱形多孔體10通常具有大於40N的平均平板抗碎強度。更典型地，本發明的圓柱形多孔體10典型地具有60N至105N的平均平板抗碎強度。多孔體10的平板抗碎強度使用標準測試方法(ASTM標準ASTM D4179)針對所成形的催化劑和催化劑載體的單個粒料抗碎強度進行測量。相較於由相同多孔體材料、相同外徑和相同長度構成的單孔圓柱體，本發明的多孔圓柱形多孔體10表現出平均抗碎強度提高10%以上。

【0028】 為了正確地表徵用於在過濾器、膜或催化劑載體中的應用的圓柱形多孔體10，還必須確定孔洞結構以及後續流體輸送相關的性質。

【0029】 在決定輸送通過多孔體10的擴散氣體的參數中，曲折度和收縮率尤為重要。曲折度由通過多孔體10的流動路徑的實際長度與穿過多孔體10的最短距離的比率來確定(參見，例如，B. Ghanbarian等，Soil Sci. Soc. Am. J., 77, 1461-1477 (2013))。收縮率與大孔和小孔的面積比呈函數關係。因此，減小曲折度和/或收縮率的值增強了通過多孔材料的擴散輸送，即，增大了有效擴散係數，有效擴散率在例如催化應用中是非常重要的。

【0030】 如果存在跨越多孔體10的壓降，那麼滲透率變得很重要。滲透率表示流體流動穿過多孔體的能力，並且可以通過在式1中所示的達西定律來描述，其中V是流體流速，k是滲透率， μ 是流體的動態粘度， ΔP 是跨越具有厚度 Δx 的多孔體的壓力差：

$$V = \frac{k}{\mu} \frac{\Delta P}{\Delta X} \quad (\text{式1})$$

【0031】 因此，較高的滲透率值將增強壓力驅動的流體流過多孔體10，這在例如吸附、過濾或催化之類的這些應用中是重要的。

【0032】 令人驚訝地，在文獻中沒有發現多孔體的上述流體輸送決定性質以表徵多孔隙結構，特別是與用於烯烴環氧化的催化劑載體相關的性質。此外，文獻中沒有指示為能實現增強的性能（特別是關於催化劑性能）的多孔體提供多孔結構的曲折度、收縮率或滲透率的必要的值。本發明提供的多孔體10具有增強的流體輸送特性和高機械完整性的孔隙結構。

【0033】 除非另有規定，否則本發明中採用下列測量方法：

【0034】 在本發明中，多孔體10的吸水率通過以下步驟進行測定：將10g多孔體10的代表性樣品放入燒瓶中，然後抽真空至約0.1托耳持續5分鐘。然後，在保持壓力為約0.1托耳時，使去離子水被吸入抽空的燒瓶以覆蓋多孔體10。在約5分鐘後，將真空釋放，恢復環境壓力，加速使水完全滲透到孔隙中。隨後，將過量的水從該浸漬的樣品排出。吸水率通過將孔隙中水的總重量(即，樣品的濕質量-樣品的乾質量)除以在室溫下的乾樣品的重量來計算。

【0035】 通過汞(Hg)孔隙率測定法獲得多孔體10的代表性樣本的累積侵入曲線和對數微分侵入曲線，在Lowell等，*Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density*, Springer, 2006中描述了汞孔隙率測定法的原理。Hg侵入壓力的範圍為例如介於1.5和60,000 psi之間，其對應於介於140微米和3.6奈米之間的孔隙大小。下面Hg參數被用於計算：480達因/釐米的表面張力、13.53克/毫升的密度、和140°的接觸角。根據汞侵入資料測量多孔體10的孔隙體積，汞侵入資料與吸水率測量結果一致。多孔體10的另外的孔隙結構參數，如曲折度、收縮率和滲透率，也可根據汞侵入資料來計算，如下所述。

【0036】 曲折度 ξ 根據式2計算，其中 D_{avg} 是加權平均孔徑， k 為滲透率， ρ 是真實材料密度， I_{tot} 是總比侵入量(見，例如，AutoPore V Operator Manual, Micromeritics, 2014)：

$$\xi = \sqrt{\frac{D^2_{avg}}{4.24k(1 - \rho I_{tot})}} \quad (\text{式2})$$

【0037】 收縮率 σ ，根據式3計算，其中 ξ 是曲折度， τ 是曲折度因數，根據Carniglia公式算出（參見，例如，AutoPore V Operator Manual, Micromeritics, 2014）：

$$\sigma = \frac{\xi}{\tau} \quad (\text{式3})$$

【0038】 滲透率由達西定律(Darcy's law)，(公式1，上文)所定義的，可以通過組合達西公式和泊肅葉(Poiseuille)公式計算(參見，例如，Lowell et al., Characterization of Porous Solids and Powders, Springer, 2006)。對於任意孔隙形狀因數 f ，滲透率 k 由式4表達，其中 τ 是曲折度因數， P 為材料的孔隙率， d 為孔徑：

$$k = \frac{p^3 d^2}{16 f \tau (1 - P)^2} \quad (\text{式4})$$

【0039】 一旦曲折度和孔隙體積被測量，有效擴散係數可以從公式5計算出，其中 P 是材料的孔隙率， D 是擴散係數， D_{eff} 是有效擴散係數，並且 ξ 是曲折度 [D. W. Green, R. H. Perry, Perry's Engineering Handbook, 8th Edition, McGraw-Hill, 2007]

$$D_{eff} = \frac{PD}{\xi} \quad (\text{式5})$$

【0040】 為了計算多孔固體中的有效擴散係數的絕對值 D_{eff} ，根據公式5除了材料的孔隙率和曲折度以外還必須知道氣體擴散係數的絕對值 D 。然而，為了比較不同的多孔固體的有效擴散性能，可以計算相對於標準材料的有效擴散係數的相對量。假設氣體擴散係數 D 在所有情況下是相同的，僅需要知道多孔材料的孔隙率和曲折度即可（見式6）。

$$\frac{D_{eff1}}{D_{eff0}} = \frac{P_1 \xi_0}{\xi_1 P_0} \quad (\text{式6})$$

【0041】 總孔隙率被定義為空隙容積除以樣品的總體積。它可以根據汞孔隙率測定法或吸水率，使用多孔體的理論密度進行計算。

【0042】 本發明的多孔體10通常具有0.3mL/g至1.2mL/g的孔隙體積。更典型地，本發明的多孔體10具有0.35mL/g至0.9mL/g的孔隙體積。在本發明的一些實施方式中，本發明的多孔體10的吸水率為30%至120%，更典型地在35%至90%的範圍內。

【0043】 本發明的多孔體10通常具有0.3 m²/g至3.0 m²/g的B.E.T.表面積。在一個實施方式中，本發明的多孔體10具有0.5 m²/g至1.2 m²/g的表面積。在另一個實施方式中，本發明的多孔體10具有1.2 m²/g以上至高達並包括3.0 m²/g的表面積。本發明描述的B.E.T.表面積可通過任意適當的方法測量，但是更較佳地通過在Brunauer, S.,等, J. Am. Chem. Soc., 60, 309-16 (1938)中描述的方法獲得。

【0044】 本發明的多孔體10可以是單模態或多模態的，諸如，例如，雙模態的。本發明的多孔體10具有在0.01微米至100微米的範圍內的具有孔洞的至少一個模態的孔徑分佈。在本發明的一個實施方式中，多孔體10的至少90%的孔隙體積來自於具有20微米以下孔徑的孔洞。在本發明的另一個實施方式中，多孔體10的至少85%的孔隙體積來自於具有1微米至6微米的尺寸的孔洞。在本發明的進一步的實施方式中，多孔體10的小於15%(較佳地小於10%)的孔隙體來自於具有小於1微米的尺寸的孔洞。在本發明的又進一步的實施方式中，多孔體10的至少80%的孔隙體積歸因於具有1微米至10微米的尺寸的孔洞。在本發明的一個具體的方面，基本上不存在小於1微米的孔洞。

【0045】 在多模態孔徑分佈的情況下，每一孔徑分佈可以單一平均孔徑(平均孔徑)數值進行表徵。因此，針對孔徑分佈給出的平均孔徑數值必須對應於

產生所指示的平均孔徑數值的孔徑範圍。在上面提供的任意示例的孔徑可替代地被理解為指示孔徑平均值(即，平均值或加權平均值)。每一峰值孔徑可被認為是在其自身孔徑分佈(模態(mode))之內，即，(實際上或理論上)在分佈的每一側邊上的孔徑濃度下降至約0的情況。多模態孔徑分佈可以是，例如，雙模態的，三模態的，或更多模態的。在一個實施方式中，各自具有峰值孔徑的不同的孔徑分佈通過被大約零的孔隙濃度分隔開而不相重疊(即在基線)。在另一實施方式中，各自具有峰值孔徑的不同的孔徑分佈通過未被大約零的孔隙濃度分隔開而重疊。

【0046】 在一個實施方式中，本發明的多孔體10可以是雙模態的，具有0.01微米至1微米的第一組孔洞和從大於1微米至10微米的第二組孔洞。在這樣的實施例中，第一組孔洞可以構成多孔體10小於15%的總孔隙體積，而第二組孔洞可以構成多孔體10的85%以上的總孔隙體積。在另一個實施方式中，第一組孔可以構成多孔體10小於10%的總孔隙體積，而第二組孔可構成多孔體10的90%以上的總孔隙體積。

【0047】 本發明的多孔體10通常具有55%至83%的總孔隙率。更典型地，本發明的多孔體10具有58%至78%的總孔隙率。

【0048】 在一些實施方式中，本發明的多孔體10可以具有小於40%，較佳地小於25%的磨損值。在本發明的一些實施方式，多孔體10可具有小於10%的磨損。使用用於催化劑和催化劑載體的磨損和磨耗的標準測試方法(ASTM標準ASTM D4058)進行多孔體10的磨損測量。

【0049】 在本發明的一些實施方式，本發明的多孔體10具有初始的低鹼金屬含量。「低鹼金屬含量」是指多孔體10在其中含有2000 ppm以下的、典型地為30 ppm至300 ppm的鹼金屬。包含低鹼金屬含量的多孔體10可以通過在多孔體的製造過程中基本上不加入鹼金屬來獲得。「基本上不加入鹼金屬」是指在

多孔體的製造過程中使用僅痕量的鹼金屬作為來自多孔體10的其他成分的雜質。在另一個實施方式中，可以通過對在形成多孔體10中所用的多孔體前驅物材料執行各種洗滌步驟得到具有低鹼金屬含量的多孔體10。洗滌步驟可包括在堿、水或酸中洗滌。

【0050】 在本發明的其他實施方式中，多孔體10具有大於上面針對基本上無鹼金屬含量的多孔體10的值的鹼金屬含量。在這樣的實施方式中，多孔體10通常在其表面上含有可測量水準的鈉。在多孔體10的表面上的鈉濃度將根據多孔體10的不同組分中的鈉水準以及其素燒的細節而有所變化。在本發明的一個實施方式中，相對於多孔體10的總質量，多孔體10具有2ppm至150ppm的表面鈉含量。在本發明的另一個實施方式中，相對於多孔體10的總質量，多孔體10具5 ppm至70 ppm的表面鈉含量。上述的鈉含量表示在多孔體10的表面獲得的以及可以被瀝濾(即通過例如硝酸除去)的鈉(以下稱為酸瀝濾性鈉)含量。

【0051】 在本發明的多孔體10中存在的酸瀝濾性鈉的量可以在100°C下用去離子水中的10%的硝酸從催化劑或多孔體10中提取。提取方法包括通過使10克的催化劑或多孔體10(即載體)樣品與一份100毫升的10wt%的硝酸煮沸持續30分鐘(1個大氣壓，即101.3 kPa)來提取它，並通過使用例如原子吸收光譜(參見例如，美國專利No. 5,801,259和美國專利申請公開案No. 2014/0100379 A1)之類的已知方法確定在合併的提取物中相關的金屬。

【0052】 在本發明的一個實施方式中，多孔體10可具有的矽含量，以SiO₂計量可以為小於0.2wt%，較佳地小於0.1wt%；以及鈉含量，以Na₂O計量，可以為小於0.2wt%，較佳地小於0.1wt%。在一些實施方式中，本發明的多孔體10可以具有40 ppm或40ppm以下的酸瀝濾性鈉含量。在本發明的又一實施方式中，多孔體10包括含量小於體積百分比20%的具有片狀形態的氧化鋁微晶。在一些實施

方式中，本發明的多孔體10中存在含量小於體積百分比10%之具有片狀形態的氧化鋁微晶。

【0053】 除了上述物理性質以外，本發明的多孔體10提供具有7或7以下的曲折度、4或4以下的收縮率和30毫達西或30毫達西以上的滲透率中的至少一種的孔隙結構。具有上述孔隙結構的多孔體10具有增強的流體輸送特性和高的機械完整性。在一些實施方式中，以及當具有上述孔隙結構的多孔體10用作銀基環氧化催化劑的載體時，其可以顯示出改進的催化劑性能。通常情況下，本發明的多孔體10的孔隙結構具有7或7以下的曲折度和/或4或4以下的收縮率。

【0054】 在本發明的一個實施方式中，多孔體10具有可提供7或7以下的曲折度的孔隙結構。在另一個實施方式中，本發明的多孔體10具有可提供6或6以下的曲折度的孔隙結構。在又一個實施方式中，本發明的多孔體10具有可提供5或5以下的曲折度的孔隙結構。在進一步的實施方式中，本發明的多孔體10具有可提供3或3以下的曲折度的孔隙結構。本發明的多孔體10的曲折度的下限為1(理論極限)。在一些實施方式中，曲折度可以是介於1和7之間的範圍內的任何數值。

【0055】 在本發明的一個實施方式中，多孔體10具有可提供4或4以下的收縮率的孔隙結構。在另一個實施方式中，本發明的多孔體10具有可提供3或3以下，或甚至2或2以下的收縮率的孔隙結構。本發明的多孔體10的收縮率的下限為1。在一些實施方式中，收縮率可以是介於1和4之間的範圍內的任何數值。

【0056】 在本發明的另一個實施方式中，由於低曲折度和高孔隙率的結合，多孔體10的有效氣體擴散係數提高2-4倍。

【0057】 在一個實施方式中，本發明的多孔體10具有提供30毫達西以上的滲透率的孔隙結構。在另一個實施方式中，本發明的多孔體10具有提供200毫達西或以上的滲透率的孔隙結構。

【0058】 在一個實施方式中，多孔體10基本上僅包含氧化鋁，或氧化鋁和非矽酸鹽粘合劑組分，除了可以存在微量的其它金屬或化合物以外，不存在其他金屬或化合物。微量是指微量物質不顯著影響催化劑的功能或能力的足夠低的量。

【0059】 在本發明的一個實施方式中，上述的多孔體10可以用作催化劑載體(即，催化劑支持體)，在這種情況中它通常包含佈置在多孔體10上和/或在多孔體10中的一種或多種催化活性材料，典型地為金屬。上述一種或多種催化活性材料能夠催化特定的反應並在本領域中是已知的。在一些實施方式中，催化活性材料包括來自元素週期表的第3-14族(即，3A、4A族及1B至8B族)的一種或多種元素，例如過渡金屬和/或鑼系元素。在這樣的應用中，一種或多種促進物質(即，促進特定的反應的物質)也可以設置在本發明的多孔體10上和/或在本發明的多孔體中。一種或多種促進物質可以是，例如，鹼金屬、鹼土金屬、過渡金屬、和/或來自元素週期表第15-17族的元素。

【0060】 在多孔體10被用作銀基環氧化催化劑載體的具體情況下，載體包括在多孔體10上和/或在多孔體10中的銀。因此，在上述方法中，通常在燒結步驟之後，通過本領域中已知的方法將銀摻入在載體上或載體中，已知的方法為例如通過銀鹽浸漬隨後如本領域中已知的熱處理，如描述於例如美國專利No. 4,761,394、No. 4,766,105、No. 4,908,343、No. 5,057,481、No. 5,187,140、No. 5,102,848、No. 5,011,807、No. 5,099,041 和No. 5,407,888中，其全部內容通過引用方式併入本發明中。在溶液中銀鹽的濃度典型地是在約0.1wt%至在所使用的增溶劑中具體銀鹽的溶解度所允許的最大值的範圍內。更典型地，按載體的重量計，銀鹽的濃度可以含有約0.5wt%%至45wt%%的銀重量，甚至更典型地，可以含有按銀的重量計約5 wt%至35wt%的銀重量。前述的量通常也是在熱處理後

的催化劑中發現的按重量計的量。為適合作為乙烯環氧化催化劑，銀的量應該是用於乙烯環氧化的催化有效量，其可以是上述提供的任何量。

【0061】 除了銀，本發明的銀基環氧化催化劑還可包含促進量的任何一或多種促進物質。一或多種促進物質可以在銀的沉積之前、同時、或之後摻入上述多孔體10中。正如本發明所採用的，催化劑的某種成分的「促進量」是指在與不含前述成分的催化劑相比時，成分的量可有效地提供對前述催化劑的一或多種催化性質的改進。

【0062】 例如，銀基環氧化催化劑可以包括促進量的第1族鹼金屬或兩種以上第1族鹼金屬的混合物。適當的第1族鹼金屬促進劑包括，例如，鋰、鈉、鉀、銣、銫或其組合。較佳地，通常是銫，較佳地，也可以是銫與其他鹼金屬的組合。以總催化劑的重量計，以鹼金屬表示的鹼金屬的量的範圍典型地為約10 ppm至約3000 ppm，更典型地為約15 ppm至約2000 ppm，更典型地為約20 ppm至約1500 ppm，和甚至更典型地為約50 ppm至約1000 ppm。

【0063】 銀基環氧化催化劑還可包括促進量的第2族鹼土金屬或兩種以上第2族鹼土金屬的混合物。適當的鹼土金屬促進劑包括，例如鈹、鎂、鈣、鋇、和鋇或其組合。採用的鹼土金屬促進劑的量類似於上述鹼金屬促進劑的量。

【0064】 銀基環氧化催化劑還可包括促進量的主族元素或兩種以上主族元素的混合物。適當的主族元素包括元素週期表的第13族(IIIA族，硼族)至第17族(VIIA族，鹵素族)中的任意元素。在一個實施例中，可以使用促進量的一種或多種硫化合物、一種或多種磷化合物、一種或多種硼化合物或其組合。

【0065】 銀基環氧化催化劑還可以包括促進量的過渡金屬或兩種以上過渡金屬的混合物。適當的過渡金屬可以包括例如來自元素週期表的第3族(3B族，鈦族)、第4族(4B族，鈦族)、第5族(5B族，釩族)、第6族(6B族，鉻族)、第7族(7B族，錳族)、第8至10族(8B族，鐵、鈷、鎳族)、和第11族(1B族，銅族)的

元素，以及它們的組合。更典型地，過渡金屬是選自元素週期表的第3族、第4族、第5族、第6族或第7族的前過渡金屬，諸如，例如，鈐(Hf)、釔(Y)、鈾、鎢、銻(Re)、鉻、鈦、鋨(Sc)、釩(V)、鉭(Ta)、鈮(Nb)、或它們的組合。

【0066】 在本發明的一個實施方式中，銀基環氧化催化劑包括銀、銨和銻。在本發明的另一個實施方式中，銀基環氧化催化劑包括銀、銨、銻和選自鋰、鉀、鎢、鋅、鈾、錳、和硫中的一種或多種物質。

【0067】 銀基環氧化催化劑還可以包括促進量的稀土金屬或兩種以上稀土金屬的混合物。稀土金屬包括具有原子序數為57-71的任何元素，釔和釷。這些元素的一些實例包括鐳(La)、鈾(Ce)和釷(Sm)。

【0068】 過渡金屬或稀土金屬促進劑通常存在的量以金屬表示，在整體催化劑中含有約0.1微莫耳/克至約10微莫耳/克，更典型地在整體催化劑中含有約0.2微莫耳/克至約5微莫耳/克，和甚至更典型地在整體催化劑中含有約0.5微莫耳/克至約4微莫耳/克。所有上述促進劑，包括鹼金屬，可以是任何適當的形式，包括例如零價金屬或更高價的金屬離子。

【0069】 銀基環氧化催化劑也可包括一定量的銻，其被認為是用於乙烯環氧化的高選擇性催化劑的特別有效的促進劑。催化劑中的銻成分可以是任何適當的形式，但是更通常為一種或多種含銻化合物(例如，氧化銻)或錯合物。基於包括支持體的催化劑整體的重量，以銻金屬表示的銻存在的量可以為，例如，約0.001wt%至約1wt%。更典型地，銻存在的量可以為，例如，約0.005wt%至約0.5wt%，並且甚至更典型地，約0.01wt%至約0.05wt%。所有這些促進劑，包括鹼金屬，可以是任何適當的形式，包括例如零價金屬或更高價的金屬離子。

【0070】 在用銀和任意促進劑浸漬之後，從溶液移除經浸漬的載體，並素燒一定時間，以充分將前述銀成分還原成金屬銀，以及從前述含銀支持體移除揮發性分解產物。典型地通過加熱經浸漬的載體實現素燒，其較佳地在約0.5

至約35帕的反應壓力下以逐漸增大的速率加熱至約200°C至約600°C的範圍內的溫度(更典型地約200°C至約500°C的範圍內的溫度，更典型地約250°C至約500°C的範圍內的溫度，更典型地約200°C或300°C至約450°C的範圍內的溫度)來實施。一般而言，溫度越高，所需的素燒持續時間越短。本領域中已經描述了用於所述經浸漬擔體的熱處理的寬範圍的加熱持續時間。可參考例如美國專利US 3,563,914和US 3,702,259，其中在US 3,563,914中表明瞭加熱少於300秒；在US 3,702,259中公開了在100°C至375°C的溫度加熱2至8小時，以還原在所述催化劑中的銀鹽。為此，可採用連續或逐步加熱方案。在素燒期間，典型地使所述經浸漬的支持體暴露於包含惰性氣體(諸如氮氣)的氣氛。惰性氣體也可包括還原劑。

【0071】 在另一個實施方式中，上述多孔體10，也可以用作過濾器，其中液體或氣體分子可以通過上述的多孔體10的孔隙擴散。在這樣的應用中，多孔體10可以沿著液體或氣體流的任何部分放置。在本發明的另一個實施方式中，多孔體10可以用作膜。

【0072】 在另一方面，本發明涉及一種氣相製備環氧乙烷的方法，此方法是使用上述銀基環氧化催化劑，在氧的存在的條件下將乙烯轉化成環氧乙烷。通常，環氧乙烷製備方法通過以下實施：在催化劑的存在下、在約180°C至約330°C的溫度(更典型的約200°C至約325°C，更典型的約225°C至約270°C)、在可根據所期望的品質流速和生產率在約1大氣壓至約30大氣壓的範圍內變化的壓力下使含氧氣體連續接觸乙烯。通常採用在約大氣壓至約500psi範圍內的壓力。然而，在本發明範圍內可採用更高的壓力。在大型反應器中的停留時間通常近似於約0.1至約5秒。用於將乙烯氧化成環氧乙烷的典型方法包括利用分子氧、在本發明的催化劑存在於固定床管式反應器中的情況下氣相氧化乙烯。傳統商購的固定床環氧乙烷反應器典型地為(在適當的殼體內的)多個平行細長管的形

式。在一實施方式中，管的外徑為大約0.7至2.7英寸，內徑為大約0.5至2.5英寸，長15-45英尺，並填充有催化劑。

【0073】 在一些實施方式中，上述銀基環氧化催化劑在用分子氧將乙烯氧化成環氧乙烷中顯示出高度的選擇性。例如，可達到至少約83 mol%至高達約93 mol%的選擇性值。在一些實施方式中，選擇性為約87 mol%至約93 mol%。用於在如上所述的銀基環氧化催化劑的存在下進行這樣的氧化反應的條件大體上包括那些在現有技術中描述的條件。這適用於例如合適的溫度、壓強、停留時間，稀釋材料(例如，氮氣、二氧化碳、水蒸汽、氬氣和甲烷)，存在或不存在調控催化作用的減速劑(例如，1,2-二氯乙烷、氯乙烯或氯乙烷)，採用迴圈操作或在不同的反應器中應用連續的轉化以增加環氧乙烷的產率的可取性，以及任何其它的可在製備環氧乙烷的製程中選擇的特殊條件。

【0074】 在環氧乙烷的製備中，反應物進料混合物通常包含約0.5%至約45%的乙烯和約3%至約15%的氧氣，餘量包含相對惰性物質，相對惰性物質包括諸如氮氣、二氧化碳、甲烷、乙烷、氬氣等物質。在每次通過催化劑時典型地僅一部分乙烯發生反應。在分離所期望的環氧乙烷產物以及移除適當的清除氣流和二氧化碳以便防止惰性產物和/或副產物不受控制地積聚之後，未反應的材料典型地被送回至氧化反應器。

【0075】 實施例

【0076】 在該實施例中，製備由相同材料組成的各種圓柱形多孔體，並且通過ASTM D4179確定每個圓柱形多孔體10的平板抗碎強度。每個圓柱形多孔體具有相同的外徑和長度。值得注意的是，(使用相同的方法)製成並(使用相同的方法)測試單孔圓柱形多孔體(與本發明不一致)、三孔圓柱形多孔體(與本發明一致)、五孔圓柱形多孔體(與本發明一致)和7孔圓柱形多孔體(與本發明一致)。

【0077】 單孔圓柱形多孔體(比較例)具有55N的平均抗碎強度，而具有7個孔的圓柱形多孔體具有77N的平均抗碎強度，其改善40%。具有5個孔的圓柱形多孔體的平均抗碎強度為82N，其改善接近50%。具有3個孔的圓柱形多孔體的平均抗碎強度為63N，其提高15%。其他材料性能，如BET表面積，孔隙體積，吸水率，總孔隙率，相純度，化學純度和傳輸決定性孔隙結構參數，如孔徑分佈，SEM微觀結構，曲折度，收縮，滲透性等，在發明例和比較例中是相同的。

【0078】 雖然已經針對較佳實施例具體示出和描述本發明，但對於本領域的技術人員而言，應當理解，在不脫離本發明的精神和範圍的情況下可以在形式上和細節上作出上述和其他變化。因此，意圖是，本發明不限於描述和說明的確切形式和細節，而是落入所附請求項的範圍之內。

【符號說明】

【0079】			
10	多孔體	12	孔洞
I.D.	內徑	O.D.	外徑
L	長度		

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種多孔體，其包括：

至少80%重量百分比的 α 氧化鋁；

該多孔體具有：

0.3 mL/g至1.2 mL/g的孔隙體積；

0.3 m²/g至3.0 m²/g的表面積；以及

孔隙結構，具有7或7以下的曲折度、4或4以下的收縮率、和30毫達西或30毫達西以上的滲透率中的至少一種；

其中該多孔體是包括至少兩個彼此間隔的孔洞的圓柱體，該等孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體；

其中該多孔體具有至少60N的平均平板抗碎強度。

【第2項】 如請求項1所述的多孔體，其中該圓柱體包括三個彼此間隔的孔洞，該等孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體。

【第3項】 如請求項1所述的多孔體，其中該圓柱體包括五個彼此間隔的孔洞，該等孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體。

【第4項】 如請求項1所述的多孔體，其中，所述圓柱體包括七個彼此間隔的孔洞，該等孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體。

【第5項】 如請求項1所述的多孔體，其中該圓柱體具有約4毫米至約10毫米的外徑、約與該外徑相同的長度，並且該圓柱體包括三至二十個彼此間隔的孔，該等孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體。

【第6項】 如請求項1所述的多孔體，其中各該孔洞具有從約0.2毫米至約30毫米的內徑。

【第7項】 如請求項6所述的多孔體，其中該圓柱體具有約1毫米至約100毫米的外徑、以及約1毫米至約100毫米的長度。

第 1 頁，共 4 頁(發明申請專利範圍)

【第8項】 如請求項1所述的多孔體，其中該多孔體的平均平板抗碎強度相對於具有單孔且具有相同外徑和長度的多孔體圓柱提高10%以上。

【第9項】 如請求項1所述的多孔體，其中該孔隙結構提供該曲折度和該收縮率。

【第10項】 如請求項1所述的多孔體，其中，所述圓柱體包括五個至二十個彼此間隔的孔洞，該等孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體。

【第11項】 一種銀基環氧化催化劑，其包括：

多孔體，其包含：

至少80%重量百分比的 α 氧化鋁；

該多孔體具有：

0.3 mL/g至1.2 mL/g的孔隙體積；

0.3 m²/g至3.0 m²/g的表面積；以及

孔隙結構，具有7或7以下的曲折度、4或4以下的收縮率和30毫達西或30毫達西以上的滲透率中的至少一種；

該多孔體是包括至少兩個彼此間隔開的孔洞的圓柱體，該孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體；

銀，設置在該多孔體上和/或該多孔體中，並具有催化量；以及

至少一促進劑，設置在該多孔體上，並具有促進量，

其中該多孔體具有至少60N的平均平板抗碎強度。

【第12項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該一種或多種促進劑包括第1族鹼金屬促進劑、一種或多種過渡金屬、一種或多種第2族鹼土金屬或它們的任意組合。

【第13項】 如請求項12所述的銀基環氧化催化劑，其中該至少一過渡金屬選自元素週期表的第4族至第10族所構成之群組。

【第14項】 如請求項13所述的銀基環氧化催化劑，其中該至少一過渡金屬選自鉬、銻、鎢、鉻、鈦、鉛、鋯、釩、鉭和鈮所構成之群組。

【第15項】 如請求項12所述的銀基環氧化催化劑，其中該一種或多種過渡金屬包括銻、鉬、鎢、或它們的任意組合。

【第16項】 如請求項12所述的銀基環氧化催化劑，其中該第1族鹼金屬促進劑選自銣、鋰、鈉、鉀和銨所構成之群組。

【第17項】 如請求項16所述的銀基環氧化催化劑，其中該第1族鹼金屬促進劑包括鋰和銣。

【第18項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該一種或多種促進劑包括銻、銣和鋰的促進劑組合。

【第19項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該銀的該催化量佔總催化劑重量的10wt%至50wt%。

【第20項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該孔隙體積的至少90%來自該等孔洞中孔徑20微米或20微米以下之孔洞。

【第21項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該孔隙體積的至少85%來自該等孔洞中具有1微米至6微米之孔徑尺寸的孔洞。

【第22項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該孔隙體積的小於15%來自該等孔洞中具有小於1微米的尺寸的孔洞。

【第23項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中，所述孔隙體積的至少80%歸因於具有1微米至10微米之孔徑尺寸的孔洞。

【第24項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該多孔體具有以SiO₂計量小於0.2wt%的矽含量，和以Na₂O計量小於0.2wt%的鈉含量。

【第25項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該多孔體具有40 ppm或40 ppm以下的水洗酸滌性的鈉含量。

【第26項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該多孔體具有體積百分比小於20%之片狀形態的氧化鋁微晶。

【第27項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中該孔隙結構提供該曲折度和該收縮率。

【第28項】 如請求項11所述的銀基環氧化催化劑，其中所述該多孔體是包括五個至二十個彼此間隔開的孔洞的圓柱體，該孔洞延伸至該圓柱體的整個長度，並貫穿該圓柱體。

【第29項】 一種催化劑組合物，其包括：
如請求項1-10中任一項所述的多孔體；以及
至少一種催化活性材料，設置在該多孔體上和/或該多孔體內，並具有催化量。

【發明圖式】

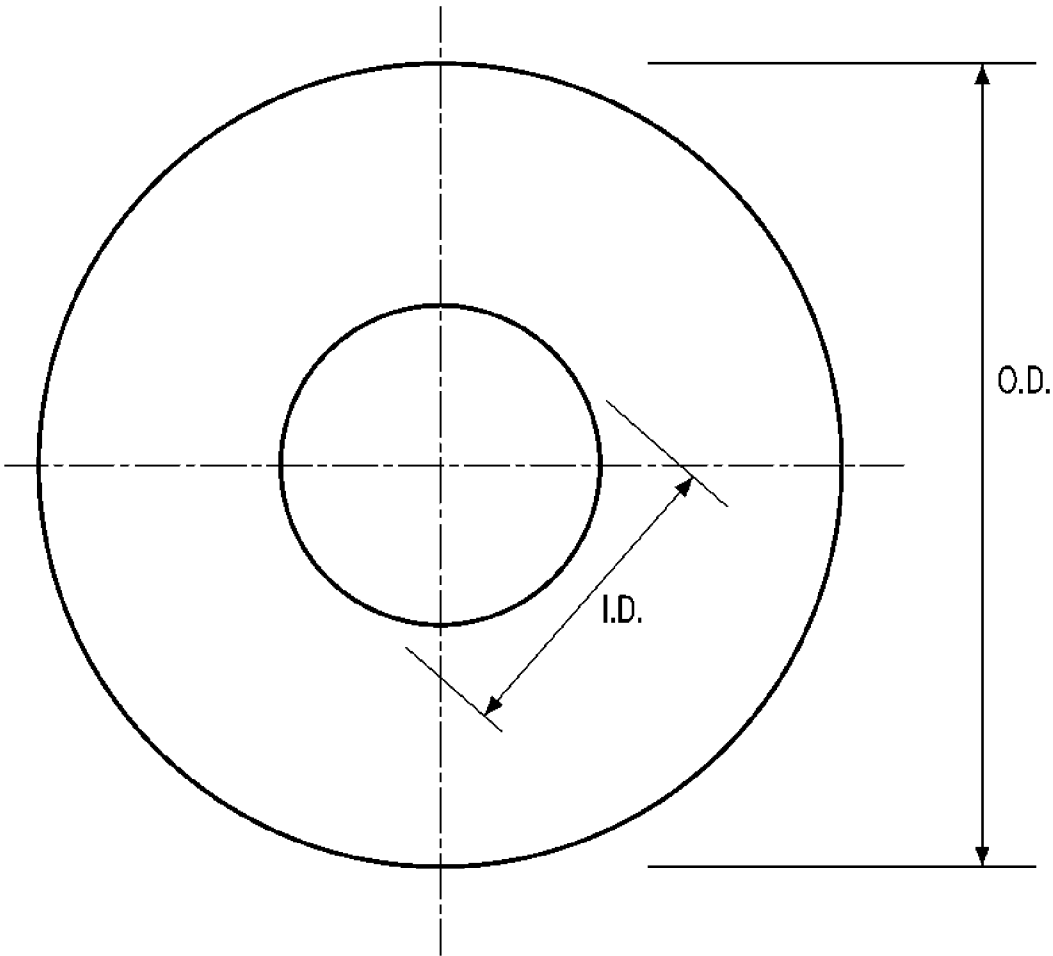


圖 1

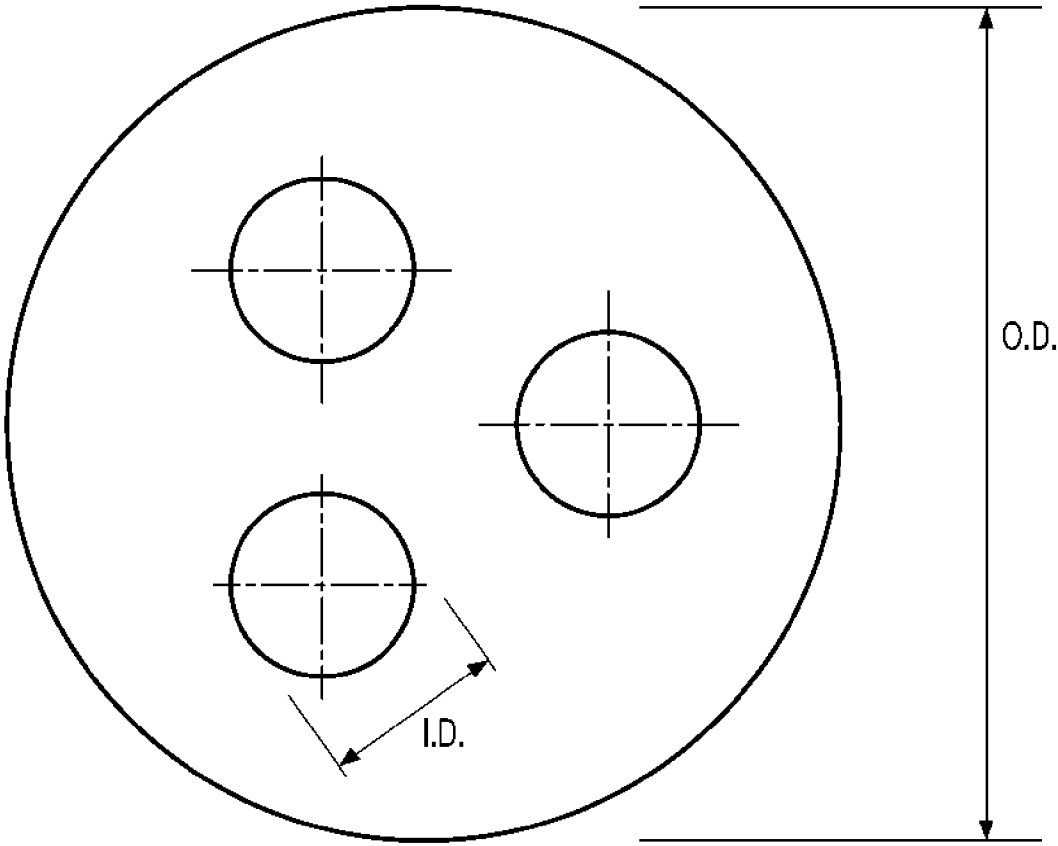


圖2A

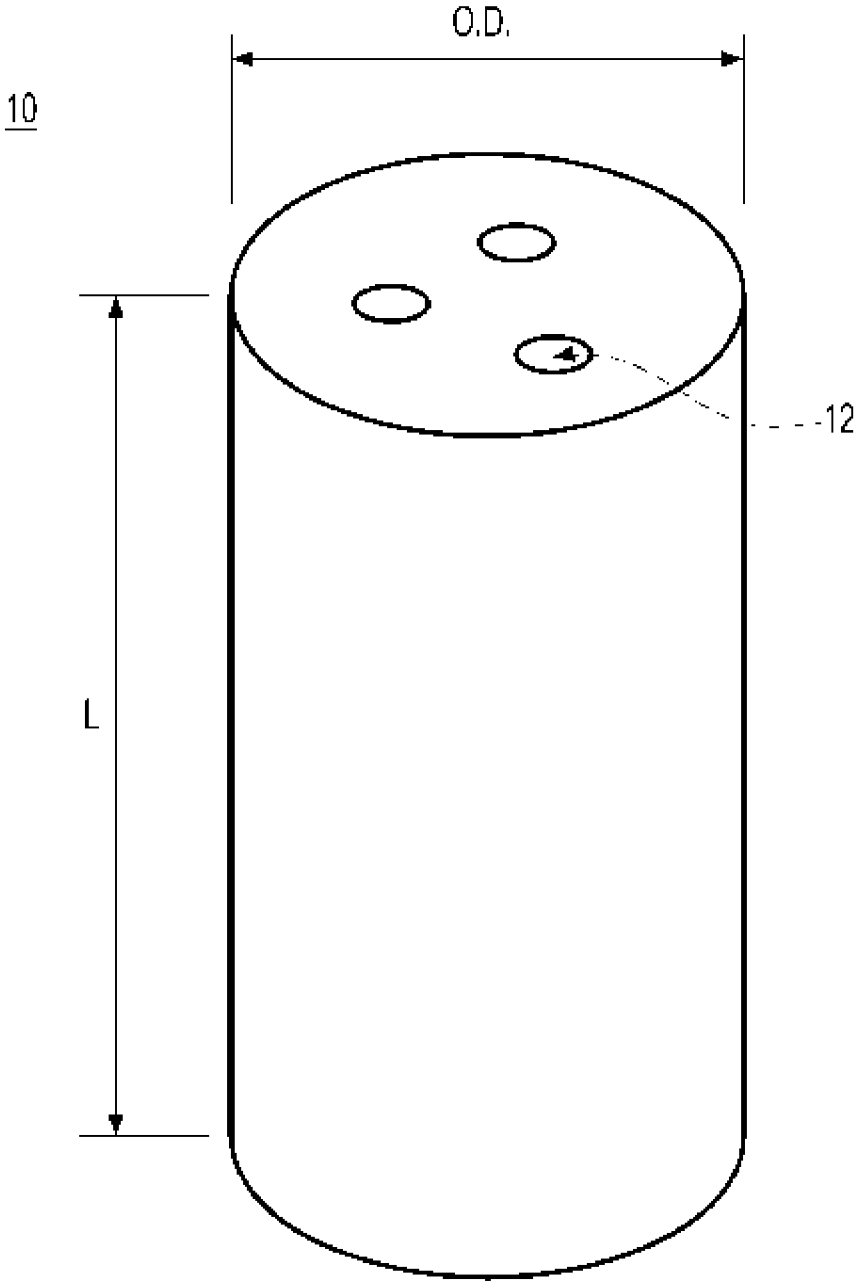


圖 2B

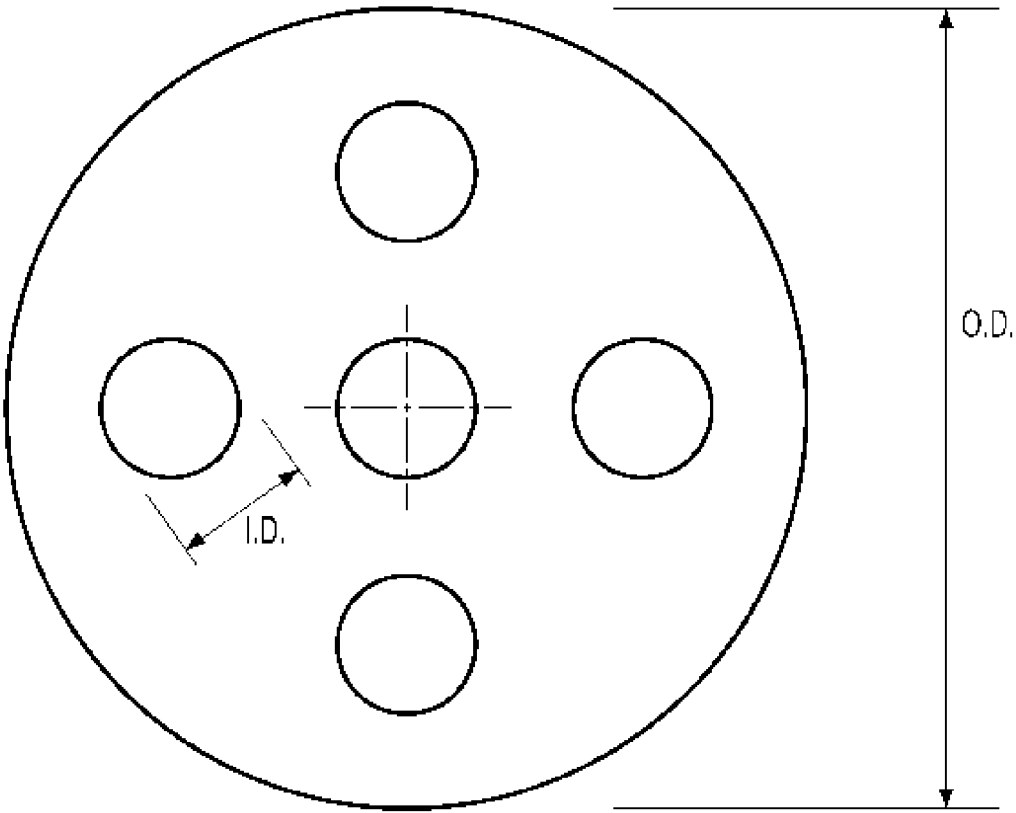


圖 3

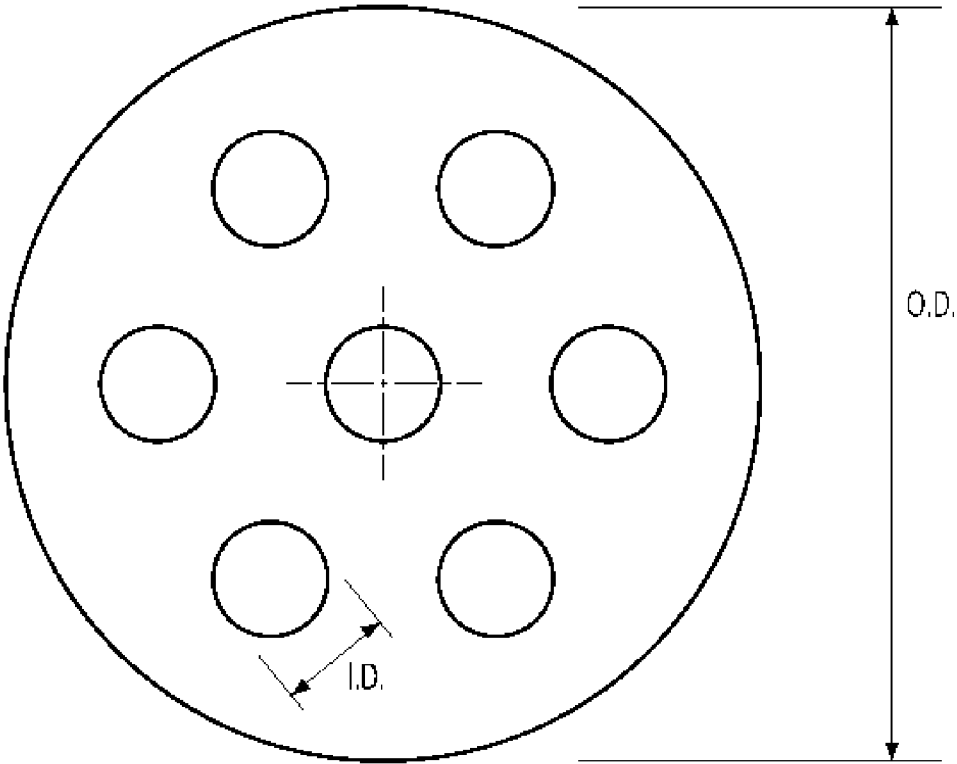


圖 4