

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年4月25日(25.04.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/078225 A1

- (51) 国際特許分類:
F28F 21/04 (2006.01) *F28D 21/00* (2006.01)
C04B 35/569 (2006.01) *F28F 13/02* (2006.01)
F28D 7/00 (2006.01) *F28F 21/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/038573
- (22) 国際出願日: 2018年10月17日(17.10.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願 2017-201114 2017年10月17日(17.10.2017) JP
- (71) 出願人: イビデン株式会社(**IBIDEN CO., LTD.**)
 [JP/JP]; 〒5038604 岐阜県大垣市神田町 2
 丁目 1 番地 Gifu (JP).
- (72) 発明者: 古賀 祥啓(**KOGA Yoshihiro**); 〒5010695
 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデン株

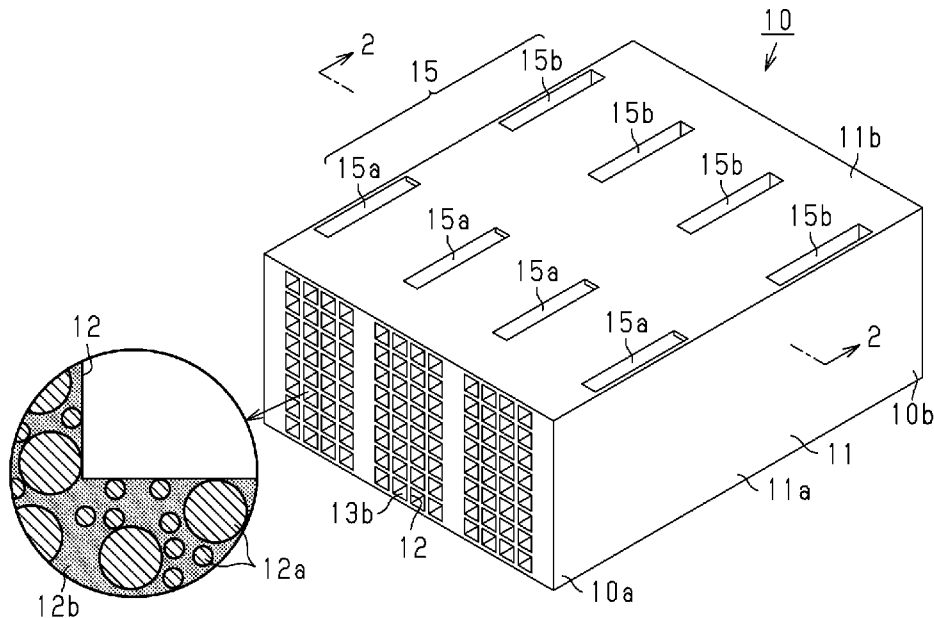
式会社大垣北事業場内 Gifu (JP). 石黒 創之介
(ISHIGURO Sonosuke); 〒5010695 岐阜県揖斐
 郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデン株式会社大垣
 北事業場内 Gifu (JP). 村田 登志朗(**MURATA
 Toshio**); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番
 地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 恩 田 誠, 外 (**ONDA Makoto et al.**);
 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目
 1 2 番地 1 Gifu (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
 護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
 BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
 CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
 DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
 HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
 KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
 MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: HEAT EXCHANGER AND PRODUCTION METHOD FOR HEAT EXCHANGER

(54) 発明の名称: 熱交換器、及び熱交換器の製造方法



(57) Abstract: A heat exchanger 10 comprising first cells that cause a first fluid to flow therethrough, second cells that cause a second fluid to flow therethrough, and partitioning walls 12 that partition the first cells and the second cells. The partitioning walls 12 comprise: skeleton sections 12a having silicon carbide as the main component thereof; and filled sections 12b that comprise metal filled between the gaps of the skeleton sections 12a and covering the surface of the skeleton sections 12a. The partitioning walls 12 have a surface roughness Ra of at least 1.0 μm.



WO 2019/078225 A1

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : 熱交換器 10 は、第 1 流体を流通させる第 1 セルと、第 2 流体を流通させる第 2 セルと、第 1 セル及び第 2 セルを区画する区画壁 12 とを備えている。区画壁 12 は、炭化ケイ素を主成分とする骨格部分 12 a と、骨格部分 12 a の隙間に充填されるとともに骨格部分 12 a の表面を覆う金属からなる充填部分 12 b とを備えている。区画壁 12 の表面粗さ R a は 1.0 μm 以上である。

明 細 書

発明の名称：熱交換器、及び熱交換器の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、熱交換器、及び熱交換器の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、車両等に搭載される熱交換器として、区画壁により区画された複数の第1流路及び複数の第2流路を備え、第1流路を流通する第1流体と第2流路を流通する第2流体との間で、区画壁を介して熱交換を行う熱交換器が知られている。こうした熱交換器の区画壁は、熱伝導率の高い材料により構成されていることが好ましい。例えば、特許文献1には、炭化ケイ素の多孔質体に金属ケイ素を含浸させてなる緻密体構造の区画壁とすることにより、区画壁の熱伝導率を高める技術が開示されている。なお、上記緻密体構造の区画壁は、金属ケイ素雰囲気下に炭化ケイ素の多孔質体を載置して、金属ケイ素を蒸着させることにより形成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-271031号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 炭化ケイ素の多孔質体に金属ケイ素等の金属を含浸させてなる区画壁は、緻密体構造であることから、凹凸の少ない滑らかな表面になりやすい傾向がある。特に、特許文献1に開示されるように、金属ケイ素雰囲気下に炭化ケイ素の多孔質体を載置して、金属ケイ素を蒸着させることによって区画壁を形成した場合には、金属ケイ素が非常に小さい単位で存在するために、蒸着後に凹凸が形成され難く、滑らかな表面の区画壁になりやすい。そのため、区画壁と流路を流れる流体との接触面積が小さくなり、熱交換効率が低いという問題があった。この発明の目的は、炭化ケイ素の多孔質体に金属ケイ素

等の金属を含浸させてなる区画壁を備える熱交換器に関して、その熱交換効率を向上させることにある。

課題を解決するための手段

[0005] 上記課題を解決するための本発明の熱交換器は、第1流体を流通させる第1セルと、第2流体を流通させる第2セルと、上記第1セル及び上記第2セルを区画する区画壁とを備え、上記第1流体と上記第2流体との間で熱交換が行われる熱交換器であって、上記区画壁は、炭化ケイ素を主成分とする骨格部分と、上記骨格部分の隙間に充填されるとともに上記骨格部分の表面を覆う金属からなる充填部分とを備え、上記区画壁の表面粗さ R_a が $1.0\mu\text{m}$ 以上である。

[0006] 区画壁の表面粗さ R_a を $1.0\mu\text{m}$ 以上にすることで、流体と区画壁との接触面積を増やすことができるため、熱交換効率を向上させることができる。

本発明の熱交換器について、上記金属は、金属ケイ素であることが好ましい。金属ケイ素にすることで、区画壁の熱伝導率を高くすることができ、熱交換効率を向上させることができる。また、金属ケイ素は骨格部分をなす炭化ケイ素との熱膨張係数差が小さいため、使用中の熱衝撃による破損を防ぐことができる。

[0007] 本発明の熱交換器について、上記区画壁の表面粗さは、 $5.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。この構成によれば、流体の流通抵抗を下げるができる。

上記課題を解決するための本発明の熱交換器の製造方法は、第1流体を流通させる第1セルと、第2流体を流通させる第2セルと、上記第1セル及び上記第2セルを区画する区画壁とを備え、上記第1流体と上記第2流体との間で熱交換が行われる熱交換器の製造方法であって、炭化ケイ素粒子、有機バインダー、及び分散媒を含有する混合物を成形して成形体を得る成形工程と、上記成形体に含まれる上記有機バインダーを除去して多孔質の脱脂体を得る脱脂工程と、上記脱脂体の内部に金属を含浸させる含浸工程とを有し、

上記含浸工程では、上記脱脂体に金属の塊を接触させた状態で当該金属の融点以上に加熱して、上記脱脂体の気孔容積の1.01～1.1倍の体積に相当する量の上記金属が含浸される。

[0008] 炭化ケイ素の多孔質体に金属を含浸させる際の条件を調整すること、具体的には、多孔質の脱脂体に金属の塊を接触させた状態で当該金属の融点以上に加熱して金属を含浸させること、及び含浸させる金属の量を所定量とすることにより、区画壁の表面粗さを大きくすることができる。その結果、流体から区画壁への熱伝導効率、及び区画壁から流体への熱伝導効率が向上し、熱交換器の熱交換効率が向上する。

[0009] 本発明の熱交換器の製造方法について、上記金属は、金属ケイ素であることが好ましい。金属ケイ素は骨格部分をなす炭化ケイ素との濡れ性がよいため、炭化ケイ素粒子間を隙間なく埋めることができる。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、炭化ケイ素の多孔質体に金属を含浸させてなる区画壁を備える熱交換器の熱交換効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]熱交換器の斜視図。

[図2]図1の2-2線断面図。

[図3]図2の3-3線断面図。

[図4]図2の4-4線断面図。

[図5]成形工程の説明図。

[図6]加工工程の説明図（第1加工の加工治具が成形体に挿入された状態の説明図）。

[図7]加工工程の説明図（第1加工の加工治具を成形体に挿入して引き抜いた後の説明図）。

[図8]加工工程の説明図（第2加工の説明図）。

[図9]脱脂工程の説明図。

[図10]含浸工程の説明図。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、熱交換器の一実施形態を説明する。

図1、2に示すように、本実施形態の熱交換器10は、矩形筒状の周壁11と、周壁11の内部を周壁11の軸方向に延びる複数の第1セル13a及び複数の第2セル13bに区画する区画壁12とを備えている。矩形筒状の周壁11は、互いに対向する一对の縦側壁11aと、互いに対向する一对の横側壁11bとを有し、周壁11の軸方向に直交する断面形状が横長の長方形をなすように構成されている。

[0013] 図2に示すように、区画壁12は、周壁11の軸方向に直交する断面において、縦側壁11aに平行な区画壁12と、横側壁11bに平行な区画壁12とを含み、格子状のセル構造を構成している。区画壁12が構成するセル構造は特に限定されるものではないが、例えば、区画壁12の壁厚が0.1～0.5mmであり、セル密度が、周壁11の軸方向に直交する断面1cm²あたり15～93セルであるセル構造とすることができる。

[0014] 図3に示すように、第1セル13aは、第1流体を流通させるセルであり、その両端部が共に封止部22によって封止されている。図4に示すように、第2セル13bは、第2流体を流通させるセルであり、その両端部が共に開放されている。

[0015] 第1流体としては特に限定されず、例えば、公知の熱媒体を用いることができる。公知の熱媒体としては、例えば、冷却水(Long Life Coolant: L L C)や、エチレングリコール等の有機溶剤が挙げられる。第2流体としては特に限定されず、例えば、内燃機関の排気ガスが挙げられる。

[0016] 図2に示すように、周壁11の軸方向に直交する断面において、第1セル13aの断面形状と第2セル13bの断面形状は、全て同じである。

図2に示すように、熱交換器10は、周壁11の縦側壁11aに平行に第1セル13aのみが配列した複数の第1セル列14aと、縦側壁11aに平行に第2セル13bのみが配列した第2セル列14bとを備える。本実施形態においては、隣り合う第1セル列14a同士の間、4列の第2セル列1

4 b が配置され、この配置が繰り返された配置パターンが形成されている。

[0017] 図 1、3 に示すように、熱交換器 10 において、第 1 セル列 14 a には、縦側壁 11 a に沿った方向である縦方向に延びるように形成された連通部 15 が設けられており、連通部 15 は、縦方向に隣接する第 1 セル 13 a 同士を区画する区画壁 12 を貫通して、第 1 セル列 14 a を構成するセル同士を相互に連通させる。連通部 15 における縦方向の一方側（図 3 の上側）の端部は、周壁 11（横側壁 11 b）に開口するとともに、同他方側（図 3 の下側）の端部は、縦方向において最も他方側に位置する第 1 セル 13 a にまで達している。すなわち、連通部 15 はいずれも周壁 11 の同一面に開口し、各連通部 15 は当該連通部 15 の開口から最も離れて位置する第 1 セル 13 a にまで延びている。熱交換器 10 は、連通部 15 として、熱交換器 10 の軸方向の一方の端部である第 1 端部 10 a 側に設けられた第 1 連通部 15 a と、熱交換器 10 の軸方向の他方の端部である第 2 端部 10 b 側に設けられた第 2 連通部 15 b とを有している。

[0018] 図 3 に示すように、熱交換器 10 の内部には、第 1 セル 13 a、第 1 連通部 15 a 及び第 2 連通部 15 b により構成される第 1 流路 16 が形成されており、熱交換器 10 の周壁 11 に形成された第 1 連通部 15 a の開口及び第 2 連通部 15 b の開口がそれぞれ第 1 流路 16 の流入口又は流出口として機能する。また、図 4 に示すように、熱交換器 10 の内部には、第 2 セル 13 b により構成される第 2 流路 17 が形成されており、周壁 11 の第 1 端部 10 a 及び第 2 端部 10 b がそれぞれ第 2 流路 17 の流入口又は流出口として機能する。上記構成の熱交換器 10 は、第 1 流路 16 を流れる第 1 流体と、第 2 流路 17 を流れる第 2 流体との間で、区画壁 12 を介して熱交換を行うことができる。

[0019] 次に、熱交換器 10 の周壁 11 及び区画壁 12 を構成する材料、並びに周壁 11 及び区画壁 12 の表面形状について説明する。なお、本実施形態の周壁 11 及び区画壁 12 は、構成する材料及び表面形状が同じであることから、以下では、区画壁 12 について具体的に説明し、周壁 11 についての説明

を省略する。

- [0020] 図1に示すように、区画壁12は、多孔質構造の骨格部分12aと、骨格部分12aの隙間に充填されるとともに骨格部分12aの表面を覆う金属からなる充填部分12bとを備えている。骨格部分12aは、炭化ケイ素を主成分として含有する。ここで、「主成分」とは、50質量%以上を意味するものとする。骨格部分12aは、炭化ケイ素以外の成分を含有してもよい。炭化ケイ素以外の成分としては、例えば、炭化タンタル、炭化タングステン等の炭化物、窒化ケイ素、窒化ホウ素等の窒化物等のセラミック材料が挙げられる。炭化ケイ素以外の成分を含有する場合、当該成分を1種のみ含有していてもよいし、2種以上含有していてもよい。
- [0021] 充填部分12bを構成する金属としては、例えば、金属ケイ素、アルミニウム、鉄、銅が挙げられる。これらのなかでも、金属ケイ素が特に好ましい。また、充填部分12bを構成する金属は、上記金属のうちの1種のみからなるものであってもよいし、2種以上からなるものであってもよい。
- [0022] 区画壁12における骨格部分12aと充填部分12bとの体積比（骨格部分：充填部分）は、例えば、60：40～40：60であることが好ましい。充填部分12bを構成する金属の体積は、上記気孔容積よりも多いことが好ましく、上記気孔容積の1.01～1.1倍であることがより好ましい。1.01倍以上にすることで、区画壁の表面粗さを大きくすることができ、1.1倍以下にすることで、区画壁および周壁の表面に金属が堆積することを防ぐことができる。
- [0023] 区画壁12の表面は、充填部分12bにより構成されている。そして、区画壁12の表面粗さ（算術平均粗さ：Ra）は、1.0 μ m以上であり、1.2 μ m以上であることが好ましい。また、区画壁12の表面粗さは、5.0 μ m以下であることが好ましい。なお、区画壁12の表面粗さは、多孔質構造の骨格部分12aに金属を含浸させて充填部分12bを形成する際の変更に伴って調整することができる。
- [0024] なお、表面粗さRaの測定方法は以下の通りである。

熱交換器から区画壁を10mm×10mmの板状に切り出し、サンプルとする。表面粗さ測定器（例えば、東京精密製のSurfcom1400d）を用いて、測定スパン2mmで流路の長手方向に沿ってサンプルの表面粗さRaを測定する。同様の測定を3回行い、その平均値を求める。

[0025] 次に、図5～10に基づいて、本実施形態の熱交換器の一製造方法について説明する。熱交換器は、以下に記載する成形工程、加工工程、脱脂工程、含浸工程を順に経ることにより製造される。

[0026] （成形工程）

熱交換器の成形に用いる原料として、炭化ケイ素の粒子と、有機バインダーと、分散媒とを含有する粘土状の混合物を調製する。この際、必要に応じて、セラミック粒子等の炭化ケイ素以外の粒子を混合してもよい。

[0027] 炭化ケイ素の粒子、及び炭化ケイ素以外の粒子の平均粒子径（50%粒子径）は、例えば、0.5～50μmであることが好ましい。

有機バインダーとしては、例えば、ポリビニルアルコール、メチルセルロース、エチルセルロース、カルボキシメチルセルロースが挙げられる。これらの有機バインダーの中でも、メチルセルロース、カルボキシメチルセルロースが特に好ましい。また、上記の有機バインダーのうちの一つのみを用いてもよいし、二種以上を併用してもよい。

[0028] 分散媒としては、例えば、水、有機溶剤が挙げられる。有機溶剤としては、例えば、エタノールが挙げられる。また、上記の分散媒のうちの一つのみを用いてもよいし、二種以上を併用してもよい。

[0029] また、混合物中にその他の成分を更に含有させてもよい。その他の成分としては、例えば、可塑剤、潤滑剤が挙げられる。可塑剤としては、例えば、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシプロピレンアルキルエーテル等のポリオキシアリレン系化合物が挙げられる。潤滑剤としては、例えば、グリセリンが挙げられる。

[0030] この粘土状の混合物を用いて、図5に示す成形体20を成形する。成形体20は、矩形筒状の周壁11と、周壁11の内部を周壁11の軸方向に延び

る複数のセル13に区画する区画壁12とを備える。この成形体20に含まれる全てのセル13について、その両端が開放された状態となっている。成形体20は、例えば、押し出し成形により成形することができる。得られた成形体20に対して、成形体20を乾燥させる乾燥処理を行う。

[0031] (加工工程)

加工工程では、成形体に第1連通部及び第2連通部を形成する第1加工と、成形体における一部のセルの両端部を封止する第2加工とを行う。

[0032] 図6に示すように、第1加工では、例えば、加熱された加工具21を成形体に接触させる方法を用いて、成形体20における周壁11及び区画壁12の一部を除去して、第1連通部15a及び第2連通部15bを形成する。

[0033] 具体的には、図6に示すように、加工具21として、第1連通部15a及び第2連通部15bに対応する外形状を有するブレードを用意する。このブレードは、耐熱性の金属（例えば、ステンレス鋼）により形成され、その厚さは、第1セル13aの幅を超えない厚さに設定されている。次に、成形体20に含まれる有機バインダーが焼失する温度となるようにブレードを加熱する。例えば、有機バインダーがメチルセルロースである場合には、ブレードを400℃以上に加熱する。

[0034] 図7に示すように、加熱されたブレードを周方向外方から成形体20に差し込んだ後、これを引き抜くことによって、第1連通部15a及び第2連通部15bを形成する。このとき、加熱されたブレードと成形体20とが接触すると、その接触部分において成形体20に含まれる有機バインダーが燃焼して焼失する。そのため、成形体20に対するブレードの挿入抵抗は非常に小さく、ブレードの挿入時に、挿入された部分の周辺部分に変形や破壊が生じ難い。また、有機バインダーが焼失することによって、発生する加工屑の量が減少する。

[0035] 図8に示すように、第2加工では、成形体20に形成される複数のセル13のうち、第1セル13aを構成するセル13の両端部に対して、成形工程において用いた粘土状の混合物を充填して、当該セル13の両端部を封止す

る封止部 22 を形成する。その後、成形体 20 に対して、封止部 22 を乾燥させる乾燥処理を行う。

[0036] 上記の第 1 加工及び第 2 加工を含む加工工程を経ることにより、加工成形体を得られる。第 1 加工と第 2 加工の順序は特に限定されず、第 2 加工を行った後、第 1 加工を行ってもよい。

[0037] (脱脂工程)

脱脂工程では、加工成形体を加熱することによって、加工成形体に含まれる有機バインダーを焼失させる。これにより、加工成形体から有機バインダーが除去された脱脂体を得られる。図 9 に示すように、脱脂工程を経ることによって加工成形体から有機バインダーを除去して得られる脱脂体 30 は、炭化ケイ素の粒子間に隙間のある多孔質構造を有する。ここで、脱脂体 30 における隙間の容積 (気孔容積) は、40~60 体積%であることが好ましい。脱脂体 30 の気孔容積は、成形工程において用いられる混合物中の炭化ケイ素の粒子の含有率を変更することにより調整できる。

[0038] (含浸工程)

含浸工程では、脱脂体を構成する各壁の内部に金属ケイ素等の金属を含浸させる。含浸工程においては、脱脂体に対して金属の塊を接触させた状態で、アルゴンや窒素等の不活性ガス雰囲気下、又は真空下にて、金属の融点以上 (例えば、金属ケイ素である場合、1450℃以上) に加熱する。これにより、図 10 に示すように、溶融した金属が毛細管現象によって、脱脂体を構成する粒子間の隙間へ入り込み、同隙間に金属が含浸される。脱脂体における金属の塊を接触させる部位は特に限定されるものではないが、効率化の観点においては、脱脂体の上部に金属の塊を接触させることが好ましい。

[0039] 金属ケイ素を用いる場合には、その純度が 98%未満の金属ケイ素を用いることが好ましい。金属ケイ素 (金属ケイ素の塊) は、その純度が低くなるにしたがって融点が低くなる傾向がある。そのため、低純度の金属ケイ素を用いることにより、含浸工程に要する加熱温度を低く抑えることができる。その結果、製造コストを抑制することができる。なお、金属ケイ素の純度は

、例えば、95%以上である。

[0040] ここで、脱脂体に接触させる金属の塊の量（脱脂体に充填される金属の仕込み量）を、脱脂体30の気孔容積に相当する量よりも多くする、又は脱脂体30の気孔容積に相当する量よりも少なくする。具体的には、金属の仕込み量を、脱脂体30の気孔容積の1.01~1.1倍の体積に相当する量とする。

[0041] 金属の仕込み量を、脱脂体30の気孔容積に相当する量よりも多くした場合には、含浸された金属の一部が脱脂体30の気孔から溢れて表面に凸部を形成する。その結果、形成される周壁及び区画壁の表面粗さが大きくなる。また、金属の仕込み量を、脱脂体30の気孔容積に相当する量よりも少なくした場合には、形成される周壁及び区画壁の表面に脱脂体30の気孔に基づく凹凸形状が浮き出る。その結果、形成される周壁及び区画壁の表面粗さが大きくなる。

[0042] なお、含浸工程の加熱処理は、脱脂工程の加熱処理から連続して行ってもよい。例えば、加工成形体に対して金属ケイ素の塊を接触させた状態で、金属ケイ素の融点未満の温度で加熱することにより有機バインダーを除去して脱脂体とした後、加熱温度を金属ケイ素の融点以上に上昇させ、溶融した金属ケイ素を脱脂体に含浸させてもよい。

[0043] 上記の含浸工程を経ることにより、熱交換器が得られる。

ここで、本実施形態においては、脱脂工程以降の工程において特別な温度管理を行っている。すなわち、脱脂工程以降の工程は、成形工程に用いた混合物に含まれる炭化ケイ素の焼結温度未満の温度下で実施され、加工成形体及び脱脂体を上記焼結温度以上の温度に曝さないようにしている。したがって、脱脂工程においては、有機バインダーが焼失可能な温度以上、かつ上記焼結温度未満の温度で加熱を行う。同様に、含浸工程においては、金属の融点以上、かつ上記焼結温度未満の温度で加熱を行う。

[0044] 次に、本実施形態の作用及び効果について記載する。

(1) 熱交換器は、第1流体を流通させる第1セルと、第2流体を流通さ

せる第2セルと、第1セル及び第2セルを区画する区画壁とを備えている。区画壁は、炭化ケイ素を主成分とする骨格部分と、骨格部の隙間に充填されるとともに骨格部の表面を覆う金属からなる充填部分とを備えている。区画壁の表面粗さ R_a が $1.0 \mu\text{m}$ 以上である。

[0045] 上記構成によれば、第1流体及び第2流体が流通する際における流体と区画壁との接触面積が大きくなる。その結果、流体から区画壁への熱伝導効率、及び区画壁から流体への熱伝導効率が向上し、熱交換器の熱交換効率が向上する。

[0046] (2) 充填部分は、金属ケイ素である。

金属ケイ素からなる充填部分とすることで、区画壁の熱伝導率を高くすることができ、熱交換効率を向上させることができる。また、金属ケイ素は骨格部分をなす炭化ケイ素との熱膨張係数差が小さいため、使用中の熱衝撃による破損を防ぐことができる。

[0047] (3) 区画壁の表面粗さ R_a が $5.0 \mu\text{m}$ 以下である。

上記構成によれば、区画壁の表面形状に起因して、区画壁に沿って流れる第1流体及び第2流体が乱流となって流通抵抗が大きくなることを抑制できる。

[0048] (4) 第1流体を流通させる第1セルと、第2流体を流通させる第2セルと、第1セル及び第2セルを区画する区画壁とを備える熱交換器の製造方法は、炭化ケイ素粒子、有機バインダー、及び分散媒を含有する混合物を成形して成形体を得る成形工程と、成形体に含まれる有機バインダーを除去して多孔質の脱脂体を得る脱脂工程と、脱脂体の内部に金属を含浸させる含浸工程とを有する。含浸工程では、脱脂体に金属の塊を接触させた状態で当該金属の融点以上に加熱して、脱脂体の気孔容積の $1.01 \sim 1.1$ 倍の体積に相当する量の金属が含浸される。

[0049] 通常、炭化ケイ素の多孔質体に金属ケイ素等の金属を含浸させてなる区画壁は、緻密体構造であることから、凹凸の少ない滑らかな表面になりやすい傾向がある。特に、特許文献1に開示されるように、金属ケイ素雰囲気下に

炭化ケイ素の多孔質体を載置して、金属ケイ素を蒸着させることによって区画壁を形成した場合には、金属ケイ素が非常に小さい単位で存在するために、蒸着後に凹凸が形成され難く、滑らかな表面の区画壁になりやすい。これに対して、上記構成によれば、炭化ケイ素の多孔質体に金属を含浸させることにより区画壁を形成した場合にも、区画壁の表面粗さを大きくすることができる。

[0050] (5) 脱脂体の内部に含浸される金属は、金属ケイ素である。

金属ケイ素は骨格部分をなす炭化ケイ素との濡れ性がよいため、炭化ケイ素粒子間を隙間なく埋めることができる。

[0051] (6) 含浸工程において、脱脂体の上に金属の塊を載せた状態で加熱を行っている。

上記構成によれば、溶融した金属が脱脂体の各壁をつたって下方へと流れる作用を利用することで、効率的に金属を含浸させることができる。

[0052] (7) 本実施形態の熱交換器は、上記のような温度管理下で製造されることにより、炭化ケイ素の粒子同士が接触した状態で配置されて骨格部分が形成され、この骨格部分の隙間に金属ケイ素が充填されて形状が保持されたものとなる。すなわち、炭化ケイ素の粒子同士は、焼結による結合部（ネック）を有していない状態となっている。これにより、熱交換器の使用中に、内部の温度差に起因して区画壁の内部にひずみが生じても、炭化ケイ素の粒子間のネックに亀裂が生じることを抑制することができる。また、ネックを介して亀裂が伸展することを抑制することができる。

[0053] 本実施形態は、次のように変更して実施することも可能である。また、上記実施形態の構成や以下の変更例に示す構成を適宜組み合わせることも可能である。

・熱交換器の形状（例えば、熱交換器体の外形やセル形状）は、上記実施形態に限定されるものではなく、適宜、変更することができる。

[0054] ・上記実施形態では、区画壁と同様に周壁についても、骨格部分及び充填部分を備え、表面粗さ R_a が $1.0 \mu\text{m}$ 以上となるように構成していたが、

周壁の材料及び周壁の表面形状は特に限定されるものではない。

[0055] ・熱交換器の製造方法に関して、加工工程の一部又は全部を省略してもよい。加工工程は、成形工程により得られる成形体の形状を、製造される熱交換器の形状に近づけるための工程である。そのため、加工工程においては、製造される熱交換器の形状、及び成形体の形状に応じて、必要な加工のみを行えばよい。また、加工工程において、上記第1加工及び第2加工以外の加工を行ってもよい。ただし、成形体の一部を除去することを含む加工については、有機バインダーが焼失する温度に加熱された加工具を成形体に接触させる操作によって行うことが好ましい。

[0056] ・熱交換器の製造方法に関して、成形工程、加工工程、脱脂工程、含浸工程以外の工程を更に行ってもよい。例えば、含浸工程後に、研磨等の表面加工を行ってもよい。ただし、脱脂工程以降に行う処理については、含浸工程と同様に所定温度以下にて行うことが好ましい。

実施例

[0057] 以下、上記実施形態をさらに具体化した実施例について説明する。

(実施例1)

まず、下記組成の混合物を調製した。

[0058] 平均粒子径 $15 \mu\text{m}$ の炭化ケイ素の粒子 (大粒子) : 52.5 質量部
平均粒子径 $0.5 \mu\text{m}$ の炭化ケイ素の粒子 (小粒子) : 23.6 質量部
メチルセルロース (有機バインダー) : 5.4 質量部
グリセリン (潤滑剤) : 1.1 質量部
ポリオキシアルキレン系化合物 (可塑剤) : 3.2 質量部
水 (分散媒) : 11.5 質量部

この混合物を用いて、図5に示したものと同様の形状を有し、縦50mm、横100mm、長さ100mm、周壁の厚さ0.3mm、区画壁の厚さ0.25mm、セル幅1.2mmの成形体を成形した。

[0059] 次に、成形体の周壁に400℃に加熱した板状の治具を挿入して、第1連通部及び第2連通部を形成した。また、上記混合物と同じ組成を有する粘土

状の混合物を用いて、所定のセルを封止して第1セル及び第2セルを有する加工成形体を作成した。次に、加工成形体を450℃で5時間加熱することにより、有機バインダーが除去された脱脂体を得た。その後、脱脂体の上に金属ケイ素の板材153g（仕込み量：脱脂体の気孔容積の1.05倍の体積に相当する量）を載置した状態で、真空下、1550℃で7時間、加熱することにより、金属ケイ素を含浸させて、実施例1の熱交換器を得た。

[0060] （実施例2）

金属ケイ素の板材の量（仕込み量）を、147.2g（脱脂体の気孔容積の1.01倍の体積に相当する量）とした点を除いて、実施例1と同様にして実施例2の熱交換器を得た。

[0061] （実施例3）

金属ケイ素の板材の量（仕込み量）を、160.3g（脱脂体の気孔容積の1.1倍の体積に相当する量）とした点を除いて、実施例1と同様にして実施例3の熱交換器を得た。

[0062] （比較例）

金属ケイ素の板材の量（仕込み量）を、145.7g（脱脂体の気孔容積の1.0倍の体積に相当する量）とした点を除いて、実施例1と同様にして比較例の熱交換器を得た。

[0063] （表面粗さの測定）

測定用サンプルとして、各実施例及び比較例の熱交換器から横10mm×長さ10mmの区画壁を切り出した。表面粗さ測定器を用いて測定用サンプルの表面粗さ（算術平均粗さ：Ra）を測定した。表面粗さ測定器としては、東京精密社製Surfcom1400dを使用した。その結果を表1に示す。

[0064] （排熱回収量の測定）

各実施例及び比較例の熱交換器に対して、流入口から第1セルに40℃の冷却水を10L/minの流量で導入するとともに、第2セルに400℃の高温ガスを10g/secの流量で導入し、冷却水の流入時と排出時の温度

差を測定して、それぞれの熱交換器の排熱回収量を算出した。その結果を表 1 に示す。

[0065] [表1]

	金属ケイ素の仕込み量 (脱脂体の気孔容積 に対する体積比)	表面粗さ R a	排熱回収量
実施例 1	1.05 倍	2.0 μ m	3.4kW
実施例 2	1.01 倍	1.0 μ m	3.1kW
実施例 3	1.1 倍	4.5 μ m	3.3kW
比較例	1.0 倍	0.5 μ m	2.9kW

表 1 に示すように、脱脂体の気孔容積の 1 倍に相当する量とした比較例における区画壁の表面粗さは 0.5 μ m であった。これに対して、含浸工程における金属ケイ素の仕込み量を、脱脂体の気孔容積よりも多くした実施例 1～3 における区画壁の表面粗さは 1.0～4.5 μ m であった。この結果から、脱脂体の気孔容積に対して、金属ケイ素の仕込み量を多くすることにより、区画壁の表面粗さを大きくできることが分かる。

[0066] また、実施例 1～3 の結果から、区画壁の表面粗さ R a を大きくすることで、流体と区画壁との接触面積を大きくすることができ、排熱回収量が大きくなることが確認できた。したがって、区画壁の表面粗さ R a を大きくすることで、熱交換効率を向上させることができることが分かる。

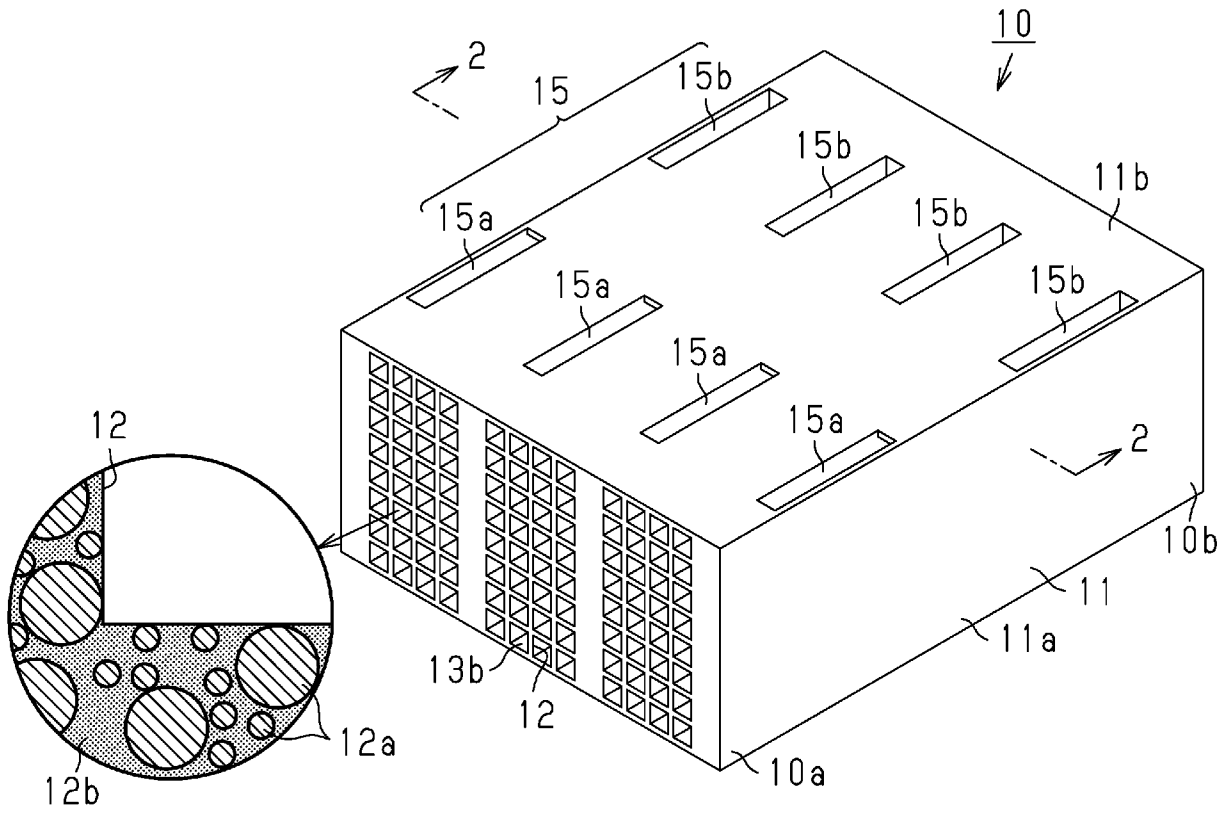
符号の説明

[0067] 10…熱交換器、11…周壁、12…区画壁、12a…骨格部分、12b…充填部分、13a…第 1 セル、13b…第 2 セル、20…成形体、30…脱脂体。

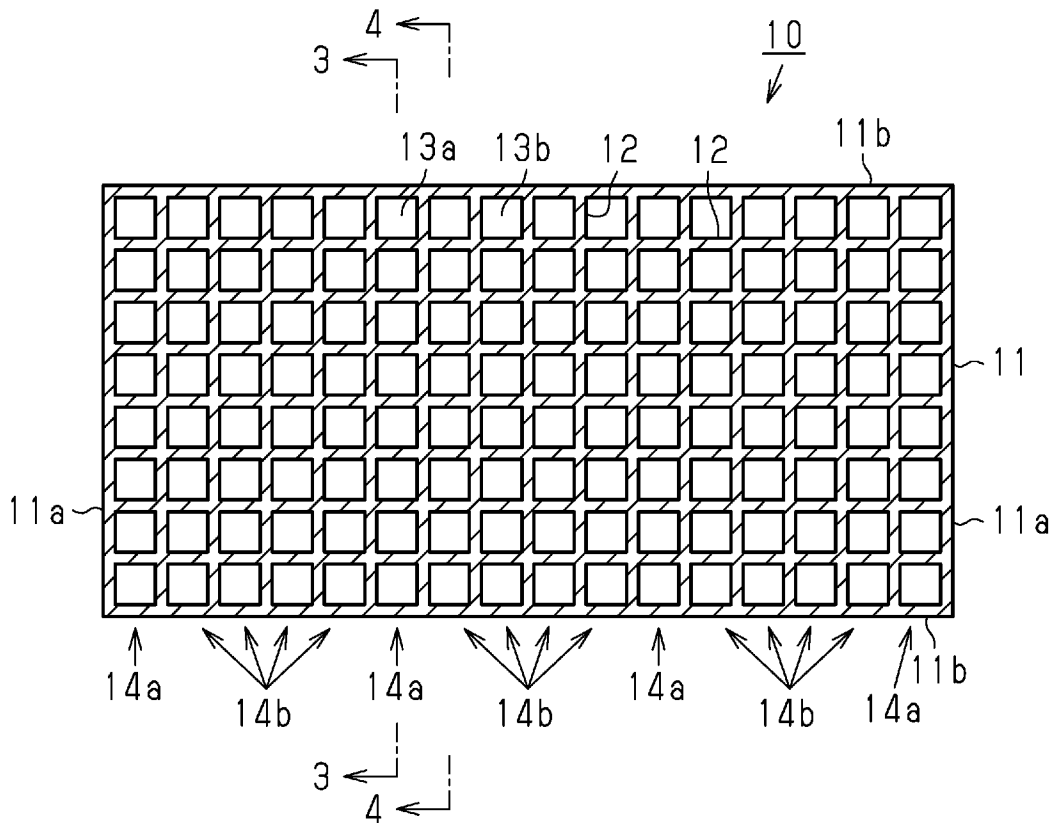
請求の範囲

- [請求項1] 第1流体を流通させる第1セルと、第2流体を流通させる第2セルと、前記第1セル及び前記第2セルを区画する区画壁とを備え、前記第1流体と前記第2流体との間で熱交換が行われる熱交換器であって、
- 前記区画壁は、炭化ケイ素を主成分とする骨格部分と、前記骨格部分の隙間に充填されるとともに前記骨格部分の表面を覆う金属からなる充填部分とを備え、
- 前記区画壁の表面粗さ R_a が $1.0 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする熱交換器。
- [請求項2] 前記金属は、金属ケイ素である請求項1に記載の熱交換器。
- [請求項3] 前記区画壁の表面粗さ R_a が $5.0 \mu\text{m}$ 以下である請求項1又は請求項2に記載の熱交換器。
- [請求項4] 第1流体を流通させる第1セルと、第2流体を流通させる第2セルと、前記第1セル及び前記第2セルを区画する区画壁とを備え、前記第1流体と前記第2流体との間で熱交換が行われる熱交換器の製造方法であって、
- 炭化ケイ素粒子、有機バインダー、及び分散媒を含有する混合物を成形して成形体を得る成形工程と、
- 前記成形体に含まれる前記有機バインダーを除去して多孔質の脱脂体を得る脱脂工程と、
- 前記脱脂体の内部に金属を含浸させる含浸工程とを有し、
- 前記含浸工程では、前記脱脂体に金属の塊を接触させた状態で当該金属の融点以上に加熱して、前記脱脂体の気孔容積の $1.01 \sim 1.1$ 倍の体積に相当する量の前記金属が含浸されることを特徴とする熱交換器の製造方法。
- [請求項5] 前記金属は、金属ケイ素である請求項4に記載の熱交換器の製造方法。

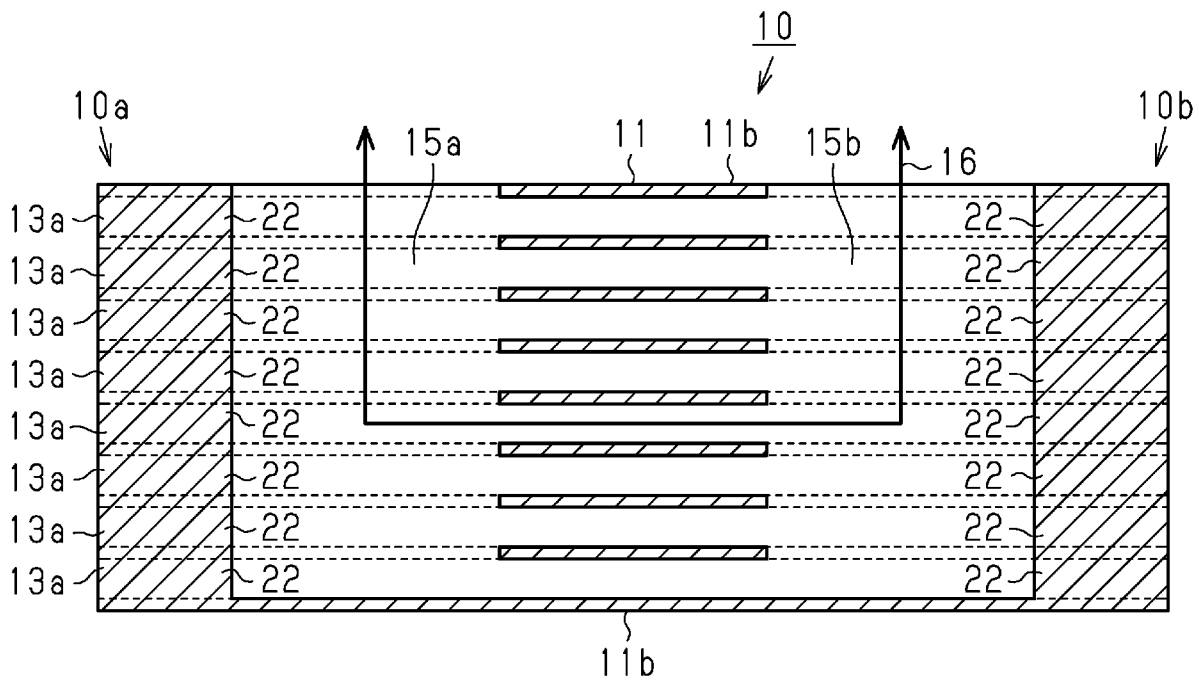
[図1]



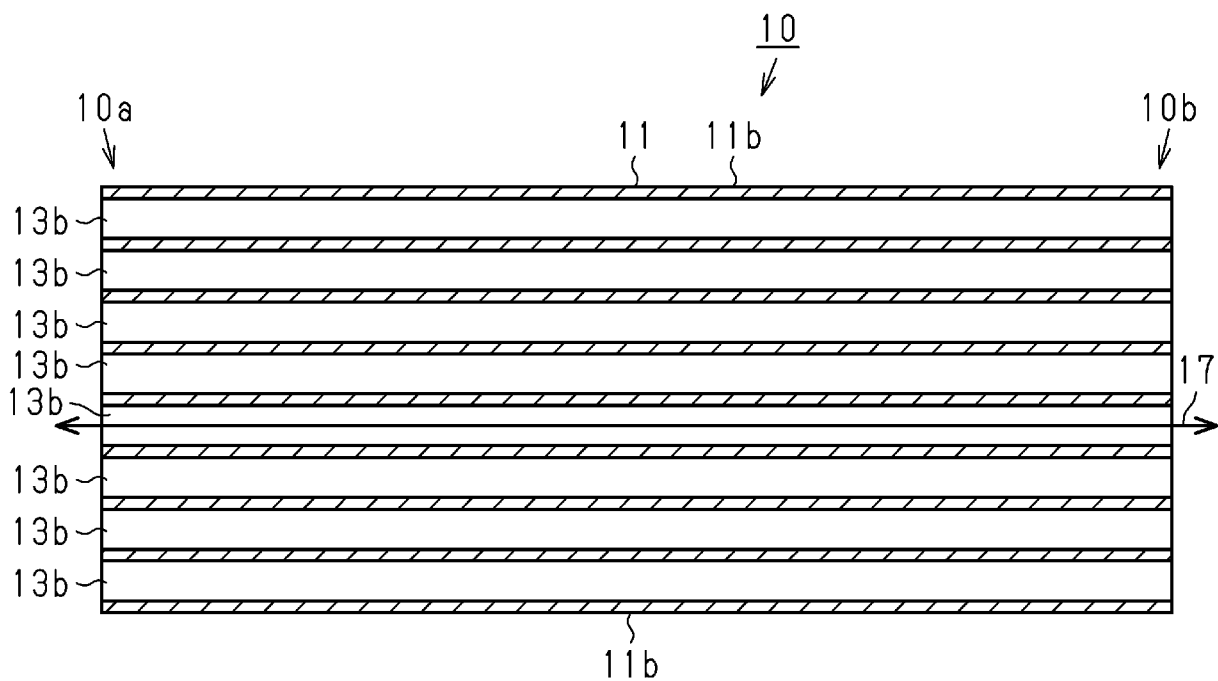
[図2]



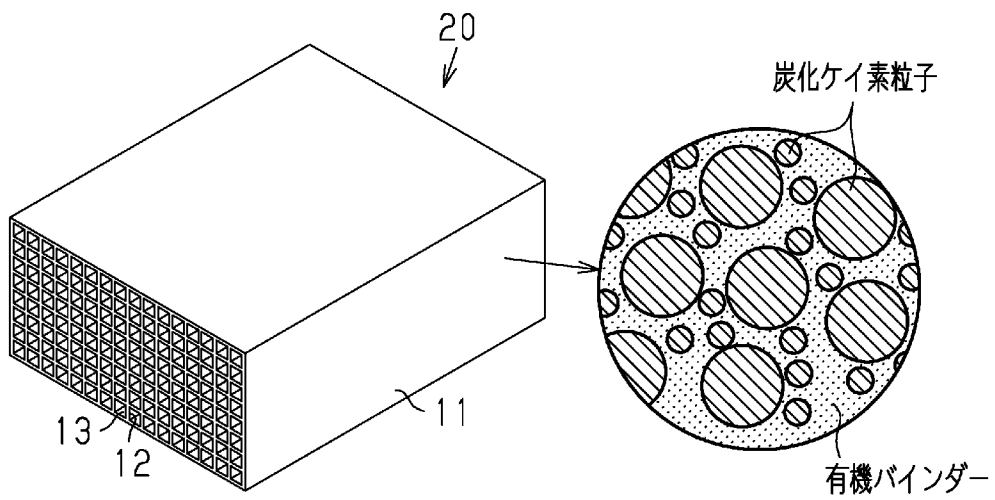
[図3]



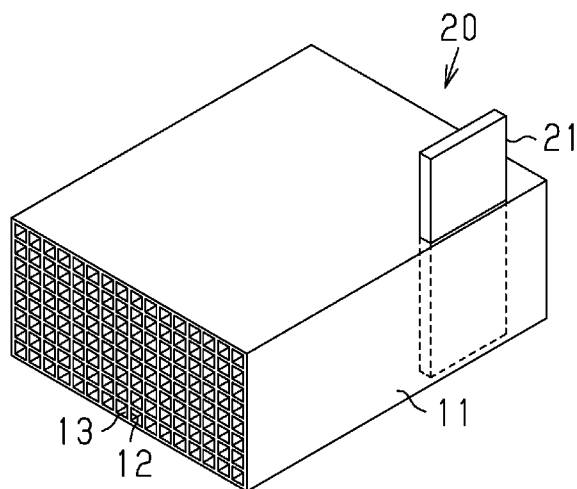
[図4]



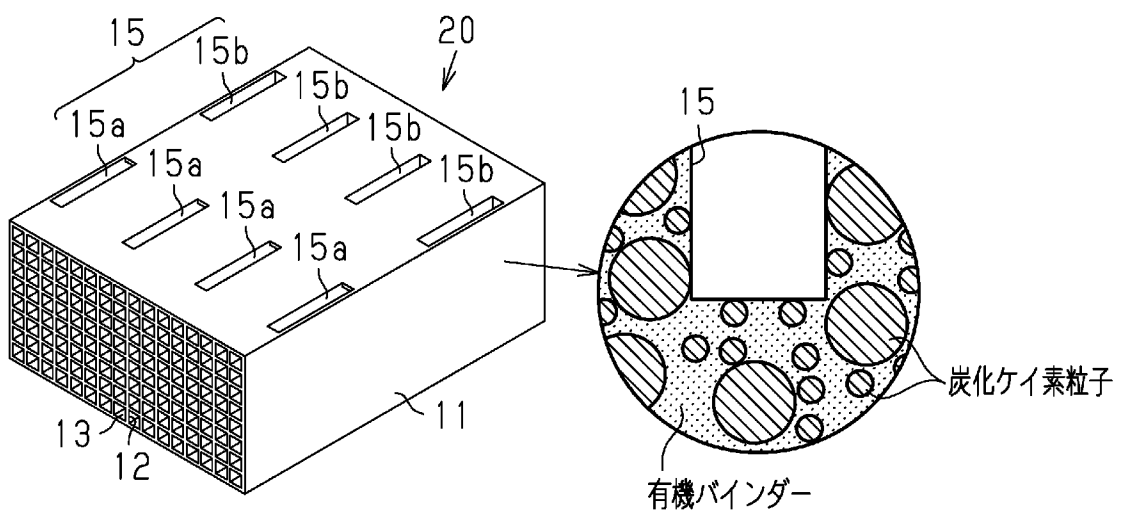
[図5]



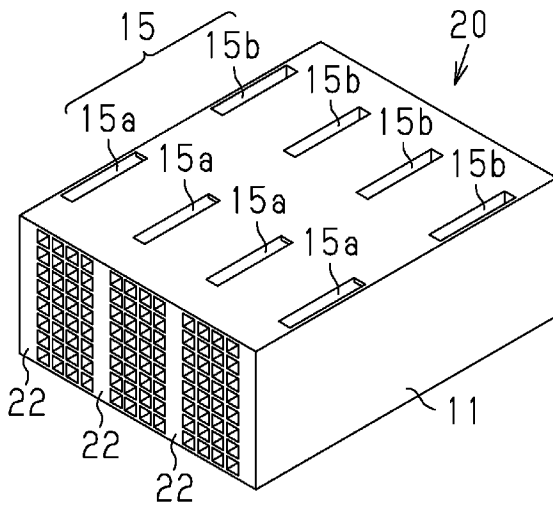
[図6]



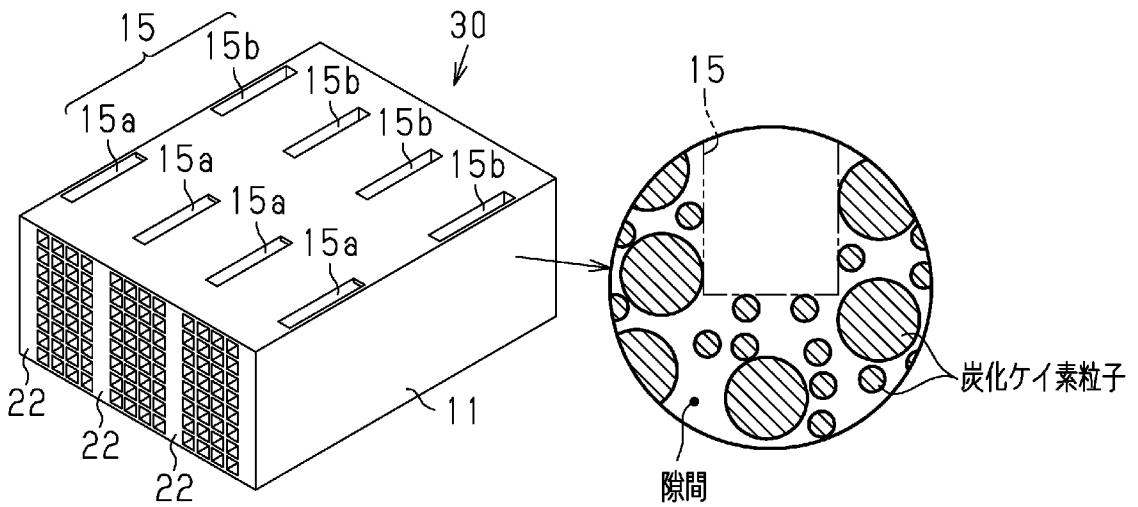
[図7]



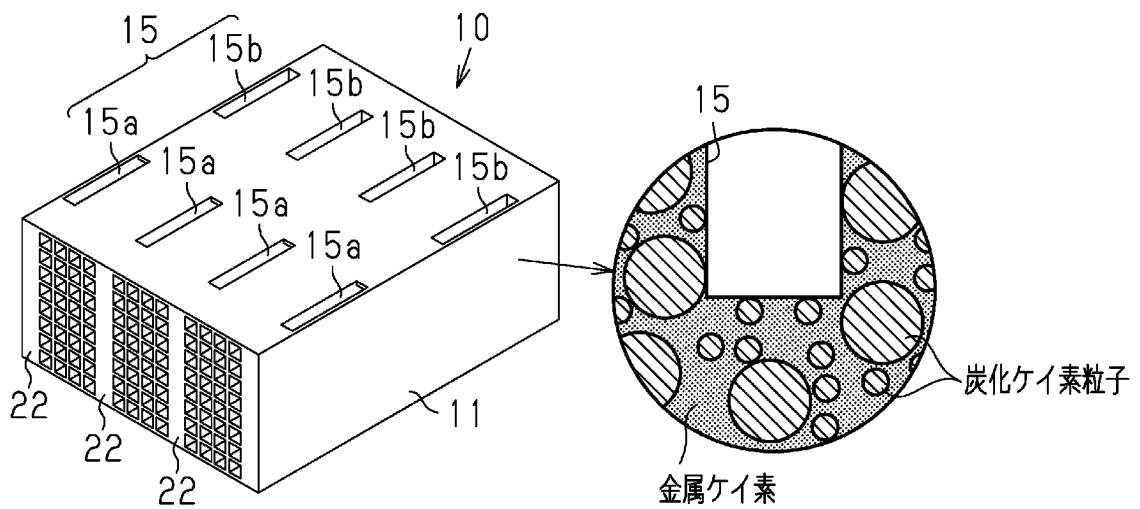
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/038573

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F28F21/04(2006.01)i, C04B35/569(2006.01)i, F28D7/00(2006.01)i,
F28D21/00(2006.01)i, F28F13/02(2006.01)i, F28F21/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F28F21/04, C04B35/569, F28D7/00, F28D21/00, F28F13/02, F28F21/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-170645 A (IBIDEN CO., LTD.) 28 September 2017, paragraphs [0056]-[0087], fig. 1-5 & WO 2017/159306 A1	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
- “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- “I” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 November 2018 (27.11.2018)

Date of mailing of the international search report
18 December 2018 (18.12.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F28F21/04(2006.01)i, C04B35/569(2006.01)i, F28D7/00(2006.01)i, F28D21/00(2006.01)i, F28F13/02(2006.01)i, F28F21/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F28F21/04, C04B35/569, F28D7/00, F28D21/00, F28F13/02, F28F21/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2017-170645 A（イビデン株式会社）2017.09.28, [0056]-[0087], 第1-5図 & WO 2017/159306 A1	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- | | |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの | 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの |
| 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの | 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの |
| 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） | 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | 「&」同一パテントファミリー文献 |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | |

国際調査を完了した日

27.11.2018

国際調査報告の発送日

18.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山田 裕介

3M

3422

電話番号 03-3581-1101 内線 3377