

(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  
2024年4月4日(04.04.2024)



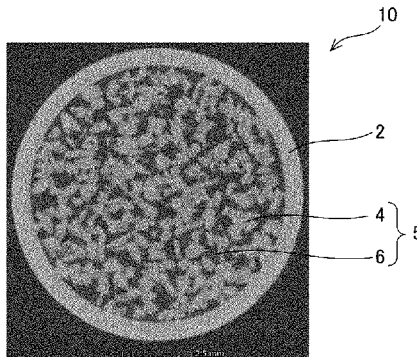
(10) 国際公開番号

WO 2024/070496 A1

- (51) 国際特許分類:  
C04B 38/00 (2006.01) F01N 13/14 (2010.01)  
C04B 35/111 (2006.01) F16L 9/153 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/032052
- (22) 国際出願日: 2023年9月1日(01.09.2023)
- (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 2022-156179 2022年9月29日(29.09.2022) JP
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP). エヌジーケー・アドレック株式会社(NGK ADREX CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5050112 岐阜県可児郡御嵩町美佐野3040 Gifu (JP).
- (72) 発明者: 古宮山 常夫 (KOMIYAMA Tsuneo); 〒5050112 岐阜県可児郡御嵩町美佐野3040 エヌジーケー・アドレック株式会社内 Gifu (JP). 松葉 浩臣 (MATSUBA Hiroomi); 〒5050112 岐阜県可児郡御嵩町美佐野3040 エヌジーケー・アドレック株式会社内 Gifu (JP). 臼杵 裕樹 (USUKI Hiroki); 〒5050112 岐阜県可児郡御嵩町美佐野3040 エヌジーケー・アドレック株式会社内 Gifu (JP). 各
- 務 欣哉 (KAKAMU Kinya); 〒5050112 岐阜県可児郡御嵩町美佐野3040 エヌジーケー・アドレック株式会社内 Gifu (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 快友国際特許事務所 (KAI-U PATENT LAW FIRM); 〒4516009 愛知県名古屋市西区牛島町6番1号 名古屋ルーセントタワー9階 Aichi (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

(54) Title: CERAMIC POROUS BODY AND GAS PIPE

(54) 発明の名称: セラミックス多孔体及びガス配管



(57) Abstract: This ceramic porous body is used in a gas pipe in which a ceramic porous body is filled in an outer pipe. The ceramic porous body has a porosity of 20% to 60% inclusive.

(57) 要約: セラミックス多孔体は、外管内にセラミックス多孔体が充填されているガス配管で用いられる。このセラミックス多孔体は、気孔率が20%以上60%以下である。



WO 2024/070496 A1

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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

## 明 細 書

**発明の名称**：セラミックス多孔体及びガス配管

### 技術分野

[0001] 本出願は、2022年9月29日に出願された日本国特許出願第2022-156179号に基づく優先権を主張する。その出願の全ての内容は、この明細書中に参照により援用されている。本明細書は、セラミックス多孔体及びガス配管に関する技術を開示する。

### 背景技術

[0002] 特開2016-135996号公報（以下、特許文献1と称する）に、高圧ガス（ブローバイガス）が通過するガス配管が開示されている。特許文献1には、ガス配管の材料としてラバー、合成樹脂、金属が挙げられている。

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0003] 特許文献1に開示されているように、一般的に、ガス配管はラバー、合成樹脂、金属等で形成されている。しかしながら、これらの材料は熱による変形等に弱く、ガス配管を高温環境下で使用する場合、熱によるガス配管の変形等を防止するため、ガス配管の外部に断熱材を設けることが必要となる。例えば、ガス配管の材料としてセラミックスを利用すると、高温環境下で用いる場合であっても、ガス配管の外部に断熱材を設ける必要はない。高温環境下で用いられるガス配管は、高温の真空空間にArガス等の気体を供給する用途で用いられることがある。この場合、真空空間で電圧が印加されると、電子が加速し、放電が発生することが起こり得る。放電の発生を抑制するためには、外管内にセラミックス多孔体を充填し、外管内の電子加速距離を制御することが必要である。本明細書は、放電の発生が抑制されたガス配管を実現するためのセラミックス多孔体を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0004] 本明細書で開示する第1技術は、外管内にセラミックス多孔体が充填され

ているガス配管で用いられるセラミックス多孔体である。このセラミックス多孔体は、気孔率が20%以上60%以下であってよい。

- [0005] 本明細書で開示する第2技術は、上記第1技術のセラミックス多孔体であって、気孔率が30%以上45%以下であってよい。
- [0006] 本明細書で開示する第3技術は、上記第2技術のセラミックス多孔体であって、気孔率が30%以上40%以下であってよい。
- [0007] 本明細書で開示する第4技術は、上記第1から第3技術のいずれかのセラミックス多孔体であって、セラミックス多孔体を構成している骨材の平均粒子径が、80 $\mu$ m以上600 $\mu$ m以下であってよい。
- [0008] 本明細書で開示する第5技術は、上記第1から第3技術のいずれかのセラミックス多孔体であって、SiO<sub>2</sub>を5~20質量%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を80~95質量%含んでいてよい。
- [0009] 本明細書で開示する第6技術は、上記第4技術のセラミックス多孔体であって、SiO<sub>2</sub>を5~20質量%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を80~95質量%含んでいてよい。
- [0010] 本明細書で開示する第7技術は、上記第1から第6技術のいずれかのセラミックス多孔体であって、セラミックス多孔体を構成している骨材の平均粒子径が、80 $\mu$ m以上600 $\mu$ m以下であってよい。
- [0011] 本明細書で開示する第8技術は、上記第7技術のセラミックス多孔体であって、骨材の平均粒子径が、100 $\mu$ m以上500 $\mu$ m以下であってよい。
- [0012] 本明細書で開示する第9技術は、上記第1から第8技術のいずれかのセラミックス多孔体であって、セラミックス多孔体を外管に充填したガス配管にガスを流通させたときの1分当たりの通気量が、420ml/cm<sup>2</sup>以上1680ml/cm<sup>2</sup>以下であってよい。
- [0013] 本明細書で開示する第10技術は、上記第9技術のセラミックス多孔体であって、1分当たりの通気量が、420ml/cm<sup>2</sup>以上1050ml/cm<sup>2</sup>以下であってよい。
- [0014] 本明細書で開示する第11技術は、上記第1から第10技術のいずれかの

セラミックス多孔体であって、セラミックス多孔体を構成している主骨材の材料が、アルミナ、シリカ、炭化ケイ素、ムライト、ジルコニア又はコージエライトであってよい。

[0015] 本明細書で開示する第12技術は、上記第11技術のセラミックス多孔体であって、セラミックス多孔体が、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ から選択される化合物の少なくとも1つを微量成分として含んでいてよい。

[0016] 本明細書で開示する第13技術は、上記第12技術のセラミックス多孔体であって、上記微量成分が、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ：0.01～5%、 $\text{CaO}$ ：0.1～5%、 $\text{MgO}$ ：0.1～5%、 $\text{Na}_2\text{O}$ ：0.5～4%の割合で含まれていてよい。

[0017] 本明細書で開示する第14技術は、上記第11から第13技術のセラミックス多孔体であって、上記骨材がガラスボンドで結合されていてよい。

[0018] 本明細書で開示する第15技術は、ガス配管である。このガス配管は、上記第1から第14技術のセラミックス多孔体が、上記外管内に充填されていてよい。

[0019] 本明細書で開示する第16技術は、上記第15技術のガス配管であって、上記外管がセラミックス製であってよい。

[0020] 本明細書で開示する第17技術は、上記第15または第16技術のガス配管であって、上記外管の気孔率が5%以下であってよい。

### 図面の簡単な説明

[0021] [図1]外管内にセラミックス多孔体が充填されたガス配管の径方向断面のSEM写真を示す。

[図2]外管内にセラミックス多孔体が充填されたガス配管の長手方向断面のSEM写真を示す。

[図3]セラミックス多孔体のSEM写真を示す。

[図4]実験例1の結果を示す。

[図5]実験例2の結果を示す。

[図6]実験例3の結果を示す。

### 発明を実施するための形態

[0022] 本明細書で開示するセラミックス多孔体は、ガス配管内を充填する材料として用いられる。すなわち、ガス配管は、外管と、外管内に充填されているセラミックス多孔体を備えている。ガス配管は、例えば、高温の真空空間にArガス等の気体を供給する用途で用いられる。例えば、供給する気体は、Arの他に、He、Ne、Kr等であってもよい。外管の材料は、セラミックス、金属、ガラス、樹脂等を用いることができる。なお、外管がセラミックス製であれば、外管とセラミックス多孔体（セラミックス多孔体を構成している粒子）を、焼成を行うことによって一体化（焼結）することができるという利点が得られる。外管（外管の内壁）とセラミックス多孔体が焼結していると、ガス配管内を移動するガスの圧力に起因してセラミックス多孔体が破損することを抑制できる。

[0023] セラミックス多孔体の主骨材の材料として、アルミナ（ $Al_2O_3$ ）、シリカ（ $SiO_2$ ）、炭化ケイ素（ $SiC$ ）、ムライト（ $Al_6O_{13}Si_2$ ）、ジルコニア（ $ZrO_2$ ）、コージェライト（ $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ ）等を用いることができる。なお、「主骨材」とは、セラミックス多孔体の質量に占める割合が最も高い材料（粒子）のことを意味する。セラミックス多孔体は、主骨材の他にも骨材を有していてもよい。主骨材以外の骨材として、上述したアルミナ、シリカ、炭化ケイ素、ムライト、ジルコニア、コージェライト等を用いることができる。セラミックス多孔体の質量に占める主骨材の質量割合は、50wt%以上であってよい。主骨材の質量割合が50wt%以上であれば、セラミックス多孔体の強度が十分に維持され、セラミックス多孔体が破損することを抑制することができる。なお、セラミックス多孔体の質量に占める主骨材の質量割合は、60wt%以上であってよく、70wt%以上であってよく、80wt%以上であってもよい。また、セラミックス多孔体の質量に占める主骨材の質量割合は、95wt%以下であってよい。主骨材の質量割合が95wt%以下であれば、セラミックス多孔体の

原料として主骨材以外の骨材を添加する余地を十分に確保することができる。セラミックス多孔体の質量に占める主骨材の質量割合は、90wt%以下であってよく、85wt%以下であってもよい。

[0024] セラミックス多孔体は、微量成分として、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ から選択される化合物の少なくとも1つの材料を含んでいてもよい。なお、微量成分とは、セラミックス多孔体の質量に占める割合が5wt%以下の材料のことを意味する。これらの微量成分を含むことにより、セラミックス多孔体の特性（耐熱性、強度等）を目的に合わせて調整することができる。一例として、セラミックス多孔体の化学組成は、 $\text{SiO}_2$ ：5～20%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ：80～95%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ：0.01～5%、 $\text{CaO}$ ：0.1～5%、 $\text{MgO}$ ：0.1～5%、 $\text{Na}_2\text{O}$ ：0.5～4%であってよい。

[0025] 上記骨材は、ガラスボンドで結合されていてよい。ガラスボンドで骨材同士を結合することにより、骨材間が強固に結合され、セラミックス多孔体の強度を向上させることができる。なお、ガラスボンドは、上述した $\text{SiO}_2$ が焼成の際にガラス化したものであってよい。また、ガラスボンドは、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を含んでいてよい。一例として、ガラスボンドの質量に占める $\text{SiO}_2$ の質量割合は70～96wt%であり、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の質量割合は4～18wt%であってよい。さらに、ガラスボンドは、上述した微量成分を含んでいてよい。ガラスボンドに $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 以外の微量成分が含まれることにより、ガラスボンドの強度、ガラス化する際の温度等を調整することができる。なお、セラミックス多孔体の質量に占めるガラスボンドの質量割合は5wt%以上20wt%以下であってよい。

[0026] 上記ガス配管は、セラミックス多孔体を構成するセラミックス粒子の粒径等を調整することにより、外管内（セラミックス多孔体）の気孔率を調整することができる。セラミックス多孔体の気孔率を調整することにより、外管内の電子加速距離を制御することができる。セラミックス多孔体の気孔率は、30%以上45%以下であってよい。セラミックス多孔体の気孔率が30%以上であれば、外管内に確実にガス流路を確保することができる。また、

セラミックス多孔体の気孔率が45%以下であれば、例えば高温の真空空間にArガス等の気体を供給する際、真空空間に電圧が印加されても、外管内に十分な電子加速距離が確保され、電子の加速が抑制され、放電の発生を抑制することができる。セラミックス多孔体の気孔率は、35%以上であってよく、40%以上であってよい。また、セラミックス多孔体の気孔率は、40%以下であってよく、35%以下であってよい。なお、外管の気孔率は、セラミックス多孔体より小さく、例えば5%以下であってよい。外管の気孔率を5%以下に調整することにより、ガス配管内のガスが外管を通過してガス配管外に漏れることを防止することができる。

[0027] セラミックス多孔体が外管に充填されたガス配管において、ガス配管にガスを流通させたときの1分当たりの通気量は、 $420\text{ ml/cm}^2$ 以上 $1680\text{ ml/cm}^2$ 以下であってよい。1分当たりの通気量が $420\text{ ml/cm}^2$ 以上であれば、外管内に十分なガス流路を確保することができる。また、1分当たりの通気量が $1680\text{ ml/cm}^2$ 以下であれば、電子加速距離が十分に抑制され、放電の発生を抑制することができる。なお、セラミックス多孔体の気孔率が一定（例えば、気孔率30%以上45%以下）であっても、ガス圧を調整することにより、通気量は変化する。すなわち、セラミックス多孔体の気孔率が同一であっても、ガス圧を高くすると、通気量が上昇する。しかしながら、ガス圧が高くなりすぎると、外管又はセラミックス多孔体が破損しやすくなる。そのため、ガス配管の破損を抑制するという観点からも、1分当たりの通気量は $1680\text{ ml/cm}^2$ 以下であることが好ましい。なお、1分当たりの通気量は、 $600\text{ ml/cm}^2$ 以上であってよく、 $800\text{ ml/cm}^2$ 以上であってよく、 $1050\text{ ml/cm}^2$ 以上であってよい。また、1分当たりの通気量は、 $1050\text{ ml/cm}^2$ 以下であってよく、 $800\text{ ml/cm}^2$ 以下であってよく、 $600\text{ ml/cm}^2$ 以下であってよい。

[0028] セラミックス多孔体を構成するセラミックス粒子（骨材）の平均粒子径は、 $80\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $600\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってよい。セラミックス粒子の平均粒子径が $80\text{ }\mu\text{m}$ 以上であれば、粒子間に隙間が確保され、ガス流路を確実に確

保することができる。また、セラミックス粒子の平均粒子径が $80\mu\text{m}$ 以上であれば、ガス配管の製造歩留（焼成歩留）を向上させることができる。セラミックス粒子の平均粒子径が $600\mu\text{m}$ 以下であれば、セラミックス粒子同士の接触面積、及び、セラミックス粒子と外管の内壁の接触面積が増大し、両者を安定して結合させることができる。また、セラミックス粒子の平均粒子径が $600\mu\text{m}$ 以下であれば、ガス配管の成形性（セラミックス多孔体の外管への充填性）を向上させることができる。セラミックス粒子の平均粒子径は、 $100\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $150\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $200\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $300\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $400\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $500\mu\text{m}$ 以上であってよい。また、セラミックス粒子の平均粒子径は、 $500\mu\text{m}$ 以下であってよく、 $400\mu\text{m}$ 以下であってよく、 $300\mu\text{m}$ 以下であってよく、 $200\mu\text{m}$ 以下であってよく、 $150\mu\text{m}$ 以下であってよく、 $100\mu\text{m}$ 以下であってよい。なお、セラミックス粒子間の平均距離（平均気孔径）は、 $10\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であってよい。

[0029] なお、上記ガス配管は、外管の内部をセラミックス多孔体が充填しているので、マクロ的にみると中実構造である。そのため、外管の材料がセラミックス製であっても、外管の内部にセラミックス多孔体が充填されていない中空構造の形態と比較して、物理的・熱的衝撃による「割れ」が生じにくいという利点も得られる。

### 実施例

[0030] 図1から図3を参照し、ガス配管10について説明する。図1はガス配管10の径方向断面を示し、図2はガス配管10の長手方向断面を示している。図1、2に示すように、外管2の内側に、セラミックス多孔体5が設けられている。セラミックス多孔体5は、複数の粒子4を外管2内に充填することにより形成されている。粒子4、4間には空隙6が存在することが確認される。空隙6は、外管2内の全体に分散して設けられている。

[0031] 外管2の材料はアルミナであり、厚みは $10\text{mm}$ であり、気孔率は5%で

ある。また、セラミックス多孔体5は、アルミナ粗粒とアルミナ微粒とガラスを焼成することにより形成されている。粒子4の平均粒子径は100~500 $\mu\text{m}$ であり、セラミックス多孔体5の骨材を形成している。多孔質部5の気孔率は30%である。なお、セラミックス多孔体5の化学組成は、SiO<sub>2</sub>:12%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:91%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.08%, CaO:0.29%, MgO:0.30%, Na<sub>2</sub>O:0.95%である。

[0032] ガス配管10は、押出成形により外管2を形成した後、外管2内にセラミックス多孔体5を形成して作製した。具体的には、まず、アルミナとバインダーの混合物を押出成形機を用いて外径 $\phi$ 30mm、内径 $\phi$ 10mmに形成し、60 $^{\circ}\text{C}$ で乾燥させた。その後、大気雰囲気にて1300~1600 $^{\circ}\text{C}$ で5時間焼成した。

[0033] 次に、アルミナとシリカとバインダーの混合物を用意し、焼成後の外管内に充填し、大気雰囲気にて1100~1300 $^{\circ}\text{C}$ で4時間焼成した。焼成により、アルミナ粒子が焼結してセラミックス多孔体5が形成されるとともに、外管2の内壁とセラミックス多孔体5が焼結し、外管2とセラミックス多孔体5が一体化されたガス配管10が得られた。

[0034] 図3は、セラミックス多孔体5の断面図を示している。図3に示すように、粒子（アルミナ粒子）4同士はガラスボンド6で結合されている。ガラスボンド6は、焼成の際にシリカがガラス化したものである。

[0035] (実験例1)

平均粒子径300 $\mu\text{m}$ のアルミナ粒子を利用し、配合量及び焼成条件を変化させ、セラミックス多孔体5の気孔率の異なる複数のガス配管10（試料1~9）を作製した。得られたガス配管10について、通気量の測定及びArガス流通試験を行った。なお、通気量の測定は30mmのガス配管10を用い、Arガス流通試験は100mmのガス配管10を用いて行った。結果を図4に示す。

[0036] 気孔率は、アルキメデス法によって測定した。また、通気量は、ガス配管10に流量を増加させながらArガスを流通させ、圧力損失が0.49kP

aとなったときの1分当たりのガス流量 ( $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ ) を測定した。通気量が400 ( $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ ) 以上の試料を「A」、通気量が200 ( $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ ) 以上400 ( $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ ) 未満の試料を「B」、通気量が200 ( $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ ) 未満の試料を「C」とした。通気量が200 ( $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ ) 以上であれば、ガス配管として十分にガス流路が確保されていると評価できる。

[0037] Arガス流通試験は、ガス配管10に圧力損失が0.49kPaとなる条件でArガスを流通させ、放電の発生の有無を目視で測定した。放電が発生しなかった試料を「A」、放電が1～3か所で発生した試料を「B」、放電が4か所以上で発生した試料を「C」とした。高温の真空空間で電圧が印加される環境にArガスを供給するガス配管としては、「A」評価または「B」評価であれば十分に合格レベルである。また、Arガス流通試験後のガス配管10について、目視で観察し、多孔質部の端面の割れの発生の有無を観察した。割れが確認されなかった試料を「○」とし、割れが確認された試料を「×」とした。

[0038] 図4に示すように、通気量は、試料1～9の全てにおいて良好な結果が得られた(評価「A」又は「B」)。特に、気孔率が30%以上の試料(試料3～7)は、400 ( $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ ) 以上の通気量(評価「A」)が得られ、ガス配管として良好な通気量が得られることが確認された。また、気孔率が45%以下の試料(試料1～6)は、Arガス流通試験の結果が「A」又は「B」であり、放電の発生が抑制されることが確認された。特に、気孔率が40%以下の試料(試料1～5)は、放電が発生せず、良好な結果が得られることが確認された。ガス配管の通気量、Arガス流通試験の結果を考慮すると、ガス配管(セラミックス多孔体)の気孔率が30%以上45%以下であれば、通気性に優れ、放電の発生が抑制されたガス配管が得られることが確認された。

[0039] (実験例2)

平均粒子径の異なるアルミナ粒子(骨材)を用意し、配合量及び焼成条件

を変化させ、セラミックス多孔体5の気孔率が35%のガス配管10（試料11～23）を作製した。試料11～22について、ガス配管10の成形性及び焼成歩留について評価した。結果を図5に示す。

[0040] 成形性については、外管2内にセラミックス多孔体5の原料を充填する際、セラミックス多孔体5の形が保たれたものを○、セラミックス多孔体5の形が崩壊したものを×とした。また、焼成歩留については、セラミックス多孔体5の断面をSEM観察し、80%以上のアルミナ粒子がガラスボンドで結合されている試料を「A」、60%以上80%未満のアルミナ粒子がガラスボンドで結合されている試料を「B」、40%以上60%未満のアルミナ粒子がガラスボンドで結合されている試料を「C」、40%未満のアルミナ粒子がガラスボンドで結合されている試料を「D」とした。

[0041] 図5に示すように、アルミナ粒子の平均粒子径が600 $\mu\text{m}$ 以下の試料（試料11～21）は、成形性が良好であり、外管2内にセラミックス多孔体5の原料を確実に充填できることが確認された。また、アルミナ粒子の平均粒子径が80 $\mu\text{m}$ 以上の試料（試料14～23）は、焼成歩留の結果が「A」又は「B」であり、アルミナ粒子間がガラスボンドで十分に結合されていることが確認された。特に、アルミナ粒子の平均粒子径が100 $\mu\text{m}$ 以上500 $\mu\text{m}$ 以下の試料は、80%以上のアルミナ粒子がガラスボンドで結合されており、焼成歩留が特に良好であることが確認された。ガス配管の成形性、焼成歩留を考慮すると、アルミナ粒子（骨材）の平均粒子径が50 $\mu\text{m}$ 以上600 $\mu\text{m}$ 以下であれば、安定してガス配管を製造できることが確認された。

[0042] （実験例3）

平均粒子径の異なるアルミナ粒子（骨材）を用いて、セラミックス多孔体5の気孔率が30%であり、通気量が異なるガス配管10（試料31～40）を作製した。試料31～40について、実験例1と同様のArガス流通試験を行った。図6にArガス流通試験の結果を示す。

[0043] 図6に示すように、試料31～40の全てにおいて良好な結果が得られた

(評価「A」又は「B」)。特に、通気量が $1200\text{ ml/cm}^2/\text{分}$ 以下の試料(試料31~39)は放電が発生せず、特に良好な結果が得られることが確認された。なお、本実験例の結果と実験例1の結果を併せて考慮すると、ガス配管10の通気量( $\text{ml/cm}^2/\text{分}$ )は、420以上1050以下であることが特に好ましい。

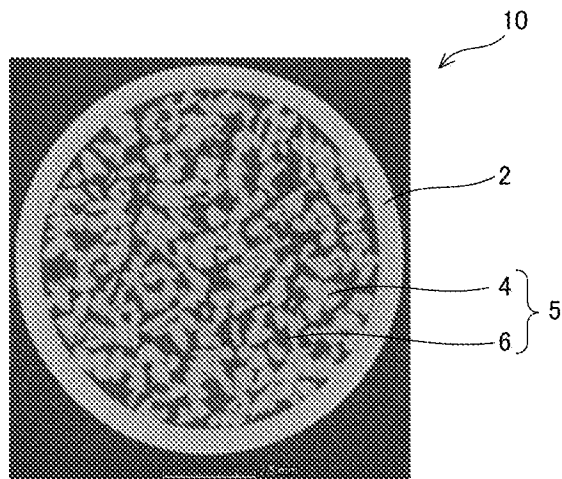
[0044] 以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、請求の範囲を限定するものではない。請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

## 請求の範囲

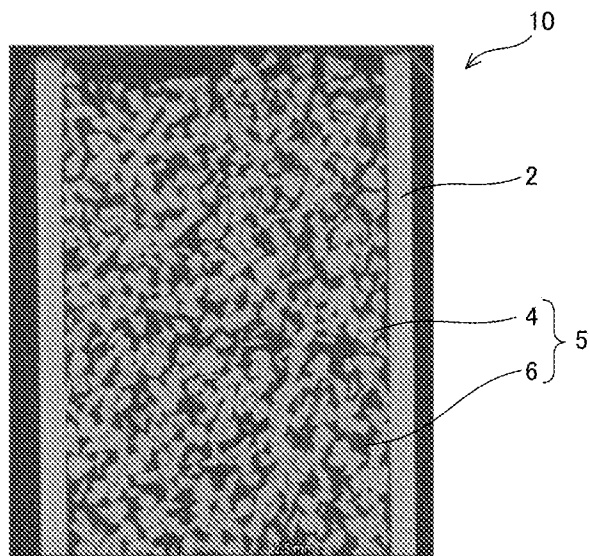
- [請求項1] 外管内にセラミックス多孔体が充填されているガス配管で用いられるセラミックス多孔体であって、  
気孔率が20%以上60%以下である、セラミックス多孔体。
- [請求項2] 気孔率が30%以上45%以下である、請求項1に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項3] 気孔率が30%以上40%以下である、請求項2に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項4] セラミックス多孔体を構成している骨材の平均粒子径が、45 $\mu\text{m}$ 以上600 $\mu\text{m}$ 以下である、請求項1から3のいずれか一項に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項5] セラミックス多孔体が、 $\text{SiO}_2$ を5~20質量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を80~95質量%含む、請求項1から3のいずれか一項に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項6] セラミックス多孔体が、 $\text{SiO}_2$ を5~20質量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を80~95質量%含む、請求項4に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項7] セラミックス多孔体を構成している骨材の平均粒子径が、80 $\mu\text{m}$ 以上600 $\mu\text{m}$ 以下である、請求項4に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項8] 骨材の平均粒子径が、100 $\mu\text{m}$ 以上500 $\mu\text{m}$ 以下である、請求項7に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項9] セラミックス多孔体を外管に充填したガス配管にガスを流通させたときの1分当たりの通気量が、420 $\text{ml}/\text{cm}^2$ 以上1680 $\text{ml}/\text{cm}^2$ 以下である、請求項1に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項10] 1分当たりの通気量が、420 $\text{ml}/\text{cm}^2$ 以上1050 $\text{ml}/\text{cm}^2$ 以下である、請求項9に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項11] セラミックス多孔体を構成している主骨材の材料が、アルミナ、シリカ、炭化ケイ素、ムライト、ジルコニア又はコーゼライトである請求項1に記載のセラミックス多孔体。

- [請求項12] セラミックス多孔体が、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ から選択される化合物の少なくとも1つを微量成分として含む請求項11に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項13] 前記微量成分が、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ：0.01～5%、 $\text{CaO}$ ：0.1～5%、 $\text{MgO}$ ：0.1～5%、 $\text{Na}_2\text{O}$ ：0.5～4%の割合で含まれている請求項12に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項14] 前記骨材がガラスボンドで結合されている請求項11から13のいずれか一項に記載のセラミックス多孔体。
- [請求項15] 外管と、  
前記外管の内部に充填されているセラミックス多孔体と、を有し、  
前記セラミックス多孔体の気孔率が、20%以上60%以下である、  
ガス配管。
- [請求項16] 前記外管がセラミックス製である請求項15に記載のガス配管。
- [請求項17] 前記外管の気孔率が5%以下である請求項15に記載のガス配管。
- [請求項18] 前記セラミックス多孔体を構成しているセラミックス粒子の平均粒子径が $45\mu\text{m}$ 以上 $600\mu\text{m}$ 以下である請求項15から17のいずれか一項に記載のガス配管。
- [請求項19] 前記セラミックス粒子が、 $\text{SiO}_2$ を5～20質量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を80～95質量%含む、請求項18に記載のガス配管。

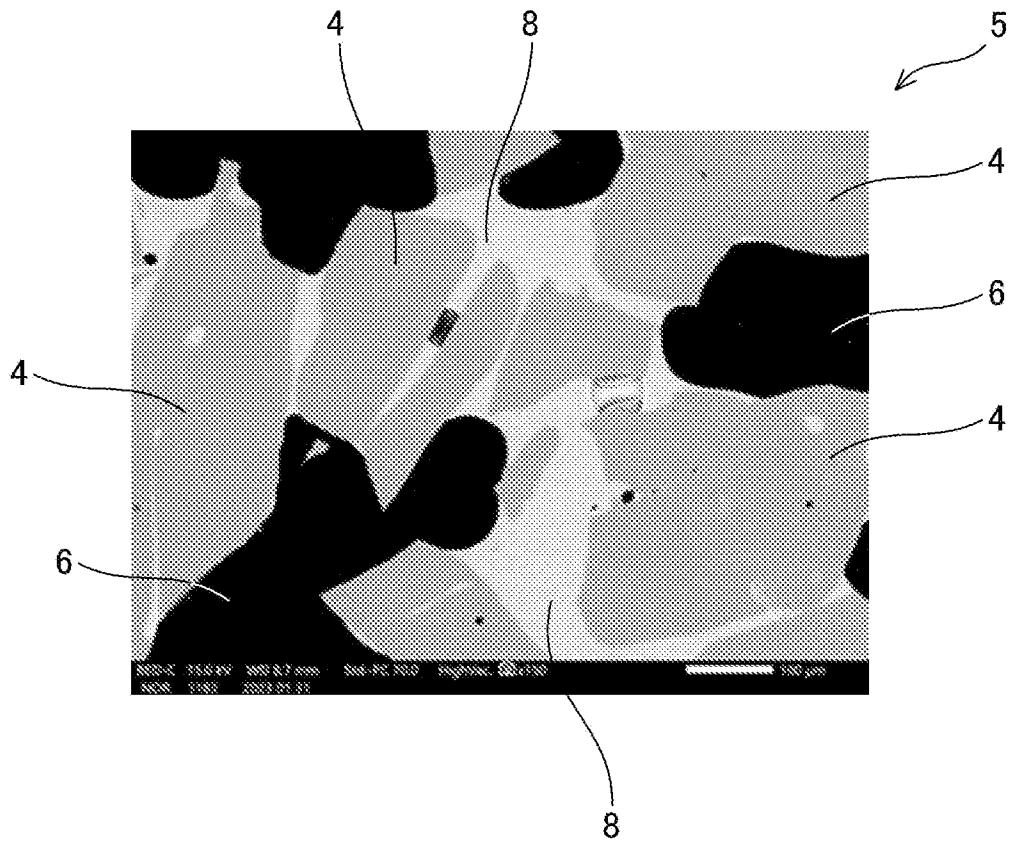
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

|     | 気孔率 | 通気量                   | 通気性 | 放電発生 | 割れ |
|-----|-----|-----------------------|-----|------|----|
|     | %   | ml/cm <sup>2</sup> /分 |     |      |    |
| 試料1 | 20  | 230                   | B   | A    | ○  |
| 試料2 | 25  | 340                   | B   | A    | ○  |
| 試料3 | 30  | 420                   | A   | A    | ○  |
| 試料4 | 35  | 800                   | A   | A    | ○  |
| 試料5 | 40  | 1050                  | A   | A    | ○  |
| 試料6 | 45  | 1680                  | A   | B    | ○  |
| 試料7 | 50  | 2400                  | A   | C    | ○  |
| 試料8 | 60  | 2800                  | A   | C    | ○  |
| 試料9 | 65  | 3500                  | A   | C    | ×  |

[図5]

|      | 骨材粒径          | 成形性 | 焼成歩留 |
|------|---------------|-----|------|
|      | $\mu\text{m}$ |     |      |
| 試料11 | 20            | ○   | D    |
| 試料12 | 40            | ○   | D    |
| 試料13 | 50            | ○   | C    |
| 試料14 | 80            | ○   | B    |
| 試料15 | 100           | ○   | A    |
| 試料16 | 150           | ○   | A    |
| 試料17 | 200           | ○   | A    |
| 試料18 | 300           | ○   | A    |
| 試料19 | 400           | ○   | A    |
| 試料20 | 500           | ○   | A    |
| 試料21 | 600           | ○   | B    |
| 試料22 | 700           | ×   | B    |
| 試料23 | 800           | ×   | B    |

[図6]

|      | 通気量                              | 放電発生 |
|------|----------------------------------|------|
|      | $\text{ml}/\text{cm}^2/\text{分}$ |      |
| 試料31 | 290                              | A    |
| 試料32 | 390                              | A    |
| 試料33 | 400                              | A    |
| 試料34 | 500                              | A    |
| 試料35 | 600                              | A    |
| 試料36 | 800                              | A    |
| 試料37 | 1050                             | A    |
| 試料38 | 1100                             | A    |
| 試料39 | 1200                             | A    |
| 試料40 | 1800                             | B    |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/032052

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>   |   |  |
|--|---|--|
| <i>C04B 38/00</i> (2006.01)i; <i>C04B 35/111</i> (2006.01)i; <i>F01N 13/14</i> (2010.01)i; <i>F16L 9/153</i> (2006.01)i<br>FI: C04B38/00 303Z; C04B35/111; F16L9/153; F01N13/14  |   |  |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |   |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>  |   |  |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>F01N13/14; C04B38/00; C04B35/111; F16L9/153   |   |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996<br>Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023<br>Registered utility model specifications of Japan 1996-2023<br>Published registered utility model applications of Japan 1994-2023  |   |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)   |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |  |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.  |
| X<br>A   | JP 2018-525574 A (BASF SE) 06 September 2018 (2018-09-06)<br>paragraphs [0050]-[0057], [0064]-[0065], [0102]-[0103], [0114], fig. 3 | 4, 6-8, 13, 18-19<br>4, 6-8, 13, 18-19                                       |
| X<br>A   | JP 2012-167543 A (IBIDEN CO LTD) 06 September 2012 (2012-09-06)<br>paragraphs [0008], [0030], [0074]-[0080], [0089], fig. 3(b)      | 1-3, 9-11, 15<br>4-8, 12-14, 16-19   |
| A  | WO 2022/014613 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 20 January 2022 (2022-01-20)<br>entire text, all drawings                                  | 1-19   |
| A  | JP 8-319582 A (ISUZU CERAMICS KENKYUSHO KK) 03 December 1996 (1996-12-03)<br>entire text, all drawings                              | 1-19   |
| A  | JP 2004-57028 A (TOSHIBA CERAMICS CO LTD) 26 February 2004 (2004-02-26)<br>entire text, all drawings                                | 1-19   |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.   |   |  |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" 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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |   |  |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>12 October 2023</b>  |   | Date of mailing of the international search report<br><b>24 October 2023</b> |
| Name and mailing address of the ISA/JP<br><b>Japan Patent Office (ISA/JP)<br/>3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915<br/>Japan</b>   |   | Authorized officer<br><br>Telephone No.                                      |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/032052**

| Patent document cited in search report |             |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s)   | Publication date (day/month/year) |
|--|-------------|----|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| JP                                     | 2018-525574 | A  | 06 September 2018                 | US 2018/0134629 A1<br>paragraphs [0046]-[0054],<br>[0061]-[0062], [0100]-[0101],<br>[0112]-[0117], fig. 3 |                                   |
|  |             |    |                                   | WO 2016/184776 A1   |                                   |
|  |             |    |                                   | EP 3297971 A1   |                                   |
|  |             |    |                                   | KR 10-2018-0009764 A  |                                   |
|  |             |    |                                   | CN 107683384 A  |                                   |
| JP                                     | 2012-167543 | A  | 06 September 2012                 | US 2012/0202045 A1<br>paragraphs [0021], [0088]-<br>[0089], [0203]-[0229], table 1,<br>fig. 3B            |                                   |
|  |             |    |                                   | EP 2487028 A1   |                                   |
|  |             |    |                                   | CN 102635430 A  |                                   |
| WO                                     | 2022/014613 | A1 | 20 January 2022                   | (Family: none)  |                                   |
| JP                                     | 8-319582    | A  | 03 December 1996                  | (Family: none)  |                                   |
| JP                                     | 2004-57028  | A  | 26 February 2004                  | (Family: none)  |                                   |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>C04B 38/00(2006.01)i; C04B 35/111(2006.01)i; F01N 13/14(2010.01)i; F16L 9/153(2006.01)i<br>FI: C04B38/00 303Z; C04B35/111; F16L9/153; F01N13/14  |  |  |
|---|--|--|
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>F01N13/14; C04B38/00; C04B35/111; F16L9/153<br>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<br>日本国実用新案公報 1922 - 1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年<br>日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年<br>日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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<br>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<br>請求項の番号                           |
| X<br>A  | JP 2018-525574 A (ピーエーエスエフ ソシエタス・ヨーロッパ) 06.09.2018 (2018 - 09 - 06)<br>段落[0050]-[0057], [0064]-[0065], [0102]-[0103], [0114], 図3 | 1-3, 5, 9-12, 14-17<br>4, 6-8, 13, 18-19 |
| X<br>A  | JP 2012-167543 A (イビデン株式会社) 06.09.2012 (2012 - 09 - 06)<br>段落[0008], [0030], [0074]-[0080], [0089], 図3(b)                        | 1-3, 9-11, 15<br>4-8, 12-14, 16-19       |
| A   | WO 2022/014613 A1 (日本碍子株式会社) 20.01.2022 (2022 - 01 - 20)<br>全文, 全図   | 1-19                                     |
| A   | JP 8-319582 A (株式会社いすゞセラミックス研究所) 03.12.1996 (1996 - 12 - 03)<br>全文, 全図   | 1-19                                     |
| A   | JP 2004-57028 A (東芝セラミックス株式会社) 26.02.2004 (2004 - 02 - 26)<br>全文, 全図   | 1-19                                     |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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<br>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献<br>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |  |  |
| 国際調査を完了した日<br>12.10.2023  | 国際調査報告の発送日<br>24.10.2023   |  |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号  | 権限のある職員（特許庁審査官）<br>田中 永一 4T 9539<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3465  |  |

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
 PCT/JP2023/032052

| 引用文献              | 公表日        | パテントファミリー文献   | 公表日 |
|-------------------|------------|---|-----|
| JP 2018-525574 A  | 06.09.2018 | US 2018/0134629 A1<br>[0046]-[0054], [0061]-<br>[0062], [0100]-[0101],<br>[0112]-[0117], Fig. 3<br>WO 2016/184776 A1<br>EP 3297971 A1<br>KR 10-2018-0009764 A<br>CN 107683384 A |     |
| JP 2012-167543 A  | 06.09.2012 | US 2012/0202045 A1<br>[0021], [0088]-[0089],<br>[0203]-[0229], TABLE1,<br>FIG. 3B<br>EP 2487028 A1<br>CN 102635430 A  |     |
| WO 2022/014613 A1 | 20.01.2022 | (ファミリーなし)   |     |
| JP 8-319582 A     | 03.12.1996 | (ファミリーなし)   |     |
| JP 2004-57028 A   | 26.02.2004 | (ファミリーなし)   |     |