

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6714433号  
(P6714433)

(45) 発行日 令和2年6月24日 (2020.6.24)

(24) 登録日 令和2年6月9日 (2020.6.9)

(51) Int.Cl.	F I
<b>B 3 2 B 3/16 (2006.01)</b>	B 3 2 B 3/16
<b>B 3 2 B 18/00 (2006.01)</b>	B 3 2 B 18/00 C
<b>C O 4 B 38/00 (2006.01)</b>	C O 4 B 38/00 3 O 4 Z

請求項の数 16 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2016-111136 (P2016-111136)	(73) 特許権者	000004064
(22) 出願日	平成28年6月2日 (2016.6.2)		日本碍子株式会社
(65) 公開番号	特開2017-213836 (P2017-213836A)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(43) 公開日	平成29年12月7日 (2017.12.7)	(74) 代理人	100077665
審査請求日	平成31年4月9日 (2019.4.9)		弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治
		(74) 代理人	100136548
			弁理士 仲宗根 康晴
		(74) 代理人	100136641
			弁理士 坂井 志郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多孔質セラミック構造体及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1つのシートと、  
 前記シート上に貼着された多孔質セラミック集合体とを有し、  
 前記多孔質セラミック集合体は、複数の多孔質セラミック板状体を有し、  
前記複数の多孔質セラミック板状体のそれぞれの平面形状の大きさが異なり、  
前記平面形状の大きさの最大値と最小値との比（最大値／最小値）が1.2より大きい  
 ことを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 2】

請求項1記載の多孔質セラミック構造体において、  
 前記多孔質セラミック集合体は対象物上に設置される部材であって、  
 前記多孔質セラミック集合体を上面から見た平面形状は、前記対象物のうち、前記多孔質セラミック集合体が設置されるべき領域を上面から見た平面形状と相似の関係にあることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 3】

請求項1又は2記載の多孔質セラミック構造体において、  
 前記多孔質セラミック集合体に含まれる前記複数の多孔質セラミック板状体のうち、上面から見た平面形状が複数の直線で囲まれた多角形状である多孔質セラミック板状体が少なくとも1つ存在することを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 4】

10

20

請求項 3 記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック集合体に含まれる前記複数の多孔質セラミック板状体のうち、上面から見た平面形状に曲線を含む多孔質セラミック板状体の割合が 50 % 以下であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック集合体は、5 つ以上の前記多孔質セラミック板状体がそれぞれ 1 つの頂点を対峙させて配置された部分を有することを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 6】

10

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

隣接する前記多孔質セラミック板状体同士の隙間が  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $10 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

隣接する前記多孔質セラミック板状体の側面同士が平行に対向し、前記隣接する多孔質セラミック板状体の一つの側面の傾斜角は、前記シートの法線に対して 45 度以下である部分を含むことを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

20

前記多孔質セラミック集合体内での前記多孔質セラミック板状体の個数密度が異なり、前記個数密度の最大値と最小値との比（最大個数密度 / 最小個数密度）が 1.2 より大きいことを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック集合体に含まれる前記複数の多孔質セラミック板状体の厚みが  $1000 \mu\text{m}$  以下であり、厚みのばらつきが 10 % 以下であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

30

前記多孔質セラミック板状体の気孔率が 20 ~ 99 % であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック板状体の平均気孔径が  $500 \text{nm}$  以下であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック板状体の熱伝導率が  $1.5 \text{W/mK}$  未満であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

40

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック板状体の熱容量が  $1000 \text{kJ/m}^3\text{K}$  以下であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の多孔質セラミック構造体を製造する多孔質セラミック構造体の製造方法において、

成形体を作製する成形体作製工程と、

前記成形体を焼成して焼結体を作製する焼成工程と、

前記焼結体をシートに貼着する貼着工程と、

50

前記焼結体を複数の多孔質セラミック板状体に分割する分割工程とを有することを特徴とする多孔質セラミック構造体の製造方法。

【請求項 15】

請求項 14 記載の多孔質セラミック構造体の製造方法において、

前記成形体を焼成する前に、前記成形体に複数の切り込みを形成する工程を有することを特徴とする多孔質セラミック構造体の製造方法。

【請求項 16】

請求項 14 又は 15 記載の多孔質セラミック構造体の製造方法において、前記成形体作製工程は、フィルム上にスラリーを塗布し、前記スラリーをテープ成形することによって前記成形体を作製することを特徴とする多孔質セラミック構造体の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多孔質セラミック構造体に関し、該多孔質セラミック構造体を含有する構成部材の低熱伝導率化を図る上で好適な多孔質セラミック構造体及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

断熱材や膜等に充填されるフィラーとして、特許文献 1～3 に記載された組成物や中空粒子等がある。

20

【0003】

特許文献 1 には、熱伝導率の低い多孔質オルガノポリシロキサン硬化物を形成することができる硬化性オルガノポリシロキサン組成物が記載されている。

【0004】

特許文献 2 には、低熱伝導率の中空粒子を用いた塗料を使用して、低熱伝導率の膜を形成することが記載されている。

【0005】

特許文献 3 には、静電相互作用で母材粒子表面に添加物粒子を吸着させることで、ナノコートされた複合粒子を製造し、さらに、これを用いて通常の粉末冶金プロセスを経由して、複合材料を製造することが記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2010 - 155946 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 10903 号公報

【特許文献 3】特開 2010 - 64945 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

40

特許文献 1 及び 2 に記載の技術では、低熱伝導率化が不十分であった。特許文献 3 に記載の技術では、粉末冶金での複合材料の作製を意図しているため、母材粒子に粒径が nm オーダーの微粒子をコーティングすることを念頭においている。そのため、母材粒子間の距離が短くなり、この場合も、低熱伝導率化が不十分である。

【0008】

接着剤に添加する粒子が小さいと、接着剤に粒子を均一に分散させることが困難である。また、予め粒子が添加された接着剤を焼成してバルク体としてから、例えば対象物上に設置する必要があることから、対象物の一部の領域に設置したり、複雑な形状に沿って設置することが困難である。

【0009】

50

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、低熱伝導率化を図ることができると共に、対象物等に直接接着剤等を用いて設置することができ、バルク体の設置を容易にすることができる多孔質セラミック構造体及びその製造方法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】

【0010】

〔1〕 第1の本発明に係る多孔質セラミック構造体は、1つのシートと、前記シート上に貼着された多孔質セラミック集合体とを有し、前記多孔質セラミック集合体は、複数の多孔質セラミック板状体を有し、前記複数の多孔質セラミック板状体のそれぞれの平面形状の大きさが異なり、前記平面形状の大きさの最大値と最小値との比（最大値／最小値）が1.2より大きいことを特徴とする。

10

【0011】

〔2〕 第1の本発明において、前記多孔質セラミック集合体は対象物上に設置される部材であって、前記多孔質セラミック集合体を上面から見た平面形状は、前記対象物のうち、前記多孔質セラミック集合体が設置されるべき領域を上面から見た平面形状と相似の関係にあることが好ましい。

【0012】

〔3〕 第1の本発明において、前記多孔質セラミック集合体に含まれる前記複数の多孔質セラミック板状体のうち、上面から見た平面形状が複数の直線で囲まれた多角形状である多孔質セラミック板状体が少なくとも1つ存在してもよい。

20

【0013】

〔4〕 この場合、前記多孔質セラミック集合体に含まれる前記複数の多孔質セラミック板状体のうち、上面から見た平面形状に曲線を含む多孔質セラミック板状体の割合が50%以下であることが好ましい。

【0014】

〔5〕 また、前記多孔質セラミック集合体は、5つ以上の前記多孔質セラミック板状体がそれぞれ1つの頂点を対峙させて配置された部分を有してもよい。

【0015】

〔6〕 第1の本発明において、隣接する前記多孔質セラミック板状体同士の隙間が0.1  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

30

【0016】

〔7〕 第1の本発明において、隣接する前記多孔質セラミック板状体の側面同士が平行に対向し、前記隣接する多孔質セラミック板状体の一つの側面の傾斜角は、前記シートの法線に対して45度以下である部分を含むことが好ましい。

【0017】

〔8〕 第1の本発明において、前記多孔質セラミック集合体内での前記多孔質セラミック板状体の個数密度が異なり、前記個数密度の最大値と最小値との比（最大個数密度／最小個数密度）が1.2より大きいことが好ましい。

【0019】

〔9〕 第1の本発明において、前記多孔質セラミック集合体に含まれる前記複数の多孔質セラミック板状体の厚みが1000  $\mu\text{m}$ 以下であり、厚みのばらつきが10%以下であることが好ましい。

40

【0020】

〔10〕 第1の本発明において、前記多孔質セラミック板状体の気孔率が20～99%であることが好ましい。

【0021】

〔11〕 第1の本発明において、前記多孔質セラミック板状体の平均気孔径が500 nm以下であることが好ましい。

【0022】

〔12〕 第1の本発明において、前記多孔質セラミック板状体の熱伝導率が1.5 W /

50

m K 未満であることが好ましい。

【0023】

【13】 第1の本発明において、前記多孔質セラミック板状体の熱容量が  $1000 \text{ kJ} / \text{m}^3 \text{ K}$  以下であることが好ましい。

【0024】

【14】 第2の本発明に係る多孔質セラミック構造体の製造方法は、1つのシートと、前記シート上に貼着された多孔質セラミック集合体とを有し、前記多孔質セラミック集合体が、複数の多孔質セラミック板状体を有する多孔質セラミック構造体の製造方法において、成形体を作製する成形体作製工程と、前記成形体を焼成して焼結体を作製する焼成工程と、前記焼結体をシートに貼着する貼着工程と、前記焼結体を複数の多孔質セラミック板状体に分割する分割工程とを有することを特徴とする。

10

【0025】

【15】 第2の本発明において、前記成形体を焼成する前に、前記成形体に複数の切り込みを形成する工程を有してもよい。

【0026】

【16】 第2の本発明において、前記成形体作製工程は、フィルム上にスラリーを塗布し、前記スラリーをテープ成形することによって前記成形体を作製することが好ましい。

【発明の効果】

【0027】

本発明に係る多孔質セラミック構造体によれば、低熱伝導率化を図ることができると共に、対象物等に直接接着剤等を用いて設置することができ、バルク体の設置を容易にすることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】 本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体を示す斜視図である。

【図2】 図2Aは多孔質セラミック集合体を1種類の平面形状で構成した例を示す平面図であり、図2Bは多孔質セラミック集合体を2種類の平面形状で構成した例を示す平面図であり、図2Cは多孔質セラミック集合体を3種類の平面形状で構成した例を示す平面図である。

【図3】 図3Aは2つの多孔質セラミック板状体の平面形状にそれぞれ曲線が含まれている例を示す平面図であり、図3Bは6つの多孔質セラミック板状体の平面形状にそれぞれ曲線が含まれている例を示す平面図である。

30

【図4】 図4Aは多孔質セラミック板状体間の隙間が狭い場合を示す断面図であり、図4Bは多孔質セラミック板状体間の隙間が広い場合を示す断面図であり、図4Cは多孔質セラミック板状体間に狭い隙間と広い隙間が混在している場合を示す断面図である。

【図5】 図5Aは多孔質セラミック板状体の側面の傾斜角が45度以下の場合を示す断面図であり、図5Bは多孔質セラミック板状体の側面の傾斜角が45度を越えた場合の問題点を示す説明図であり、図5Cは多孔質セラミック板状体の側面が屈曲している場合の傾斜角の定義を示す説明図である。

【図6】 本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体の第1製造方法を示す工程図である。

40

【図7】 ドクターブレード装置の一例を示す模式図である。

【図8】 本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体の第2製造方法を示す工程図である。

【図9】 図9Aは対象物上に多孔質セラミック構造体を設置する状態を示す工程図であり、図9Bは多孔質セラミック構造体からシートを剥離した状態を示す工程図であり、図9Cは対象物上の多孔質セラミック集合体に樹脂材をコーティングした状態を示す工程図である。

【図10】 バルク体を対象物と共に一部省略して示す断面図である。

【図11】 図11Aは従来例において複数の粒子をスラリーに分散させた状態を一部省略

50

して示す説明図であり、図 1 1 B はスラリーを乾燥、焼成、固化してバルク体とした状態を一部省略して示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明に係る多孔質セラミック構造体の実施の形態例を図 1 ~ 図 1 1 B を参照しながら説明する。なお、本明細書において、数値範囲を示す「~」は、その前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む意味として使用される。

【0030】

本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体 1 0 は、例えば図 1 に示すように、1 つのシート 1 2 と、該シート 1 2 上に貼着された多孔質セラミック集合体 1 4 とを有する。多孔質セラミック集合体 1 4 は、複数の多孔質セラミック板状体 1 6 を有する。ここで、貼着とは、剥離可能な状態で固定されていることであり、経時変化や外的要因が加わることで固定状態が解除され、貼着対象物が分離する状態をいう。従い、粘着力によって固定されている状態を含むし、また、貼着界面で一時的に強固に固定されている状態も含む。シート 1 2 と多孔質セラミック集合体 1 4 の間に粘着剤等の特別なものを用いて貼着してもよい。

【0031】

多孔質とは、緻密でも中空でもない状態をいい、複数の気孔又は粒子で構成された状態をいう。なお、緻密とは、複数の微粒子が隙間なく結合した状態であって、気孔を有しない。中空とは、内部が中空であって、外殻部分が緻密である状態をいう。

【0032】

多孔質セラミック板状体 1 6 は、アスペクト比が 3 以上であることが好ましい。さらに好ましくは 5 以上、より好ましくは 7 以上である。この場合、アスペクト比は最大長  $L_a$  / 最小長  $L_b$  をいう。ここで、最大長  $L_a$  とは、多孔質セラミック板状体 1 6 を構成する複数の面のうち、最も広い面（ここでは、一主面 1 6 a）における最大長をいう。広い面が正方形、長方形、台形、平行四辺形、多角形（五角形、六角形等）であれば、最も長い対角線の長さが該当し、円形であれば直径が該当し、楕円であれば、長軸の長さが該当する。一方、最小長  $L_b$  とは、図 1 に示すように、多孔質セラミック板状体 1 6 の厚み  $t_a$  をいう。

【0033】

最小長  $L_b$  は、50 ~ 500  $\mu\text{m}$  が好ましく、さらに好ましくは 55 ~ 400  $\mu\text{m}$  であり、より好ましくは 60 ~ 300  $\mu\text{m}$  であり、特に好ましくは 70 ~ 200  $\mu\text{m}$  である。

【0034】

シート 1 2 は、例えば粘着力がある樹脂製シートもしくはフィルム等を用いることができ、熱、電気、外力等の外的要因や経時変化で剥離することが可能なものが好ましい。

【0035】

多孔質セラミック集合体 1 4 は、後述するように（図 9 C 及び図 1 0 参照）、接着剤等の樹脂材 1 8（マトリックス）でコートされることでバルク体 2 0 として対象物 2 2 上に設置される。

【0036】

この場合、個々の多孔質セラミック板状体 1 6 を対象物 2 2 上に設置するよりも、複数の多孔質セラミック板状体 1 6 をまとめて対象物 2 2 上に転写し易く、多孔質セラミック板状体 1 6 間の隙間も制御し易い。

【0037】

多孔質セラミック集合体 1 4 を上面から見た平面形状は、対象物 2 2 における多孔質セラミック集合体 1 4 が設置されるべき領域（以下、対象物 2 2 の設置領域と記す）を上面から見た平面形状と同じであることが好ましい。ここで、対象物 2 2 の設置領域は、対象物 2 2 の一部を含む概念である。「同じ」とは、完全に同一である場合や、対象物 2 2 の設置領域の平面形状と相似の関係にある形状を含む。ここで、相似の関係とは、対象物 2 2 の設置領域の平面形状を 1 . 1 倍 ~ 2 . 0 倍に拡大した形状あるいは、1 . 1 倍 ~ 2 .

10

20

30

40

50

0 倍に縮小した形状をいう。これにより、材料の損失（多孔質セラミック板状体 1 6 の損失）を招来することなく、様々な形状の対象物 2 2 上に複数の多孔質セラミック板状体 1 6 を転写することができる。

【0038】

また、多孔質セラミック集合体 1 4 に含まれる複数の多孔質セラミック板状体 1 6 のうち、上面から見た平面形状が複数の直線 2 4（図 2 A～図 3 B 参照）で囲まれた多角形状である多孔質セラミック板状体 1 6 が少なくとも 1 つ存在してもよい。もちろん、全ての多孔質セラミック板状体 1 6 の平面形状が複数の直線 2 4 で囲まれた多角形状であってもよい。

【0039】

例えば図 2 A に示すように、1 種類の平面形状で構成してもよいし、図 2 B に示すように、2 種類の平面形状で構成してもよい。また、図 2 C に示すように、3 種類の平面形状で構成してもよい。

【0040】

図 2 A の例では、全ての多孔質セラミック板状体 1 6 の平面形状を四角形状とした場合を示す。図 2 B の例では、多孔質セラミック集合体 1 4 を四角形状と三角形形状との組み合わせで構成した場合を示し、内側に 6 つの三角形形状、外側に 6 つの四角形状を配列させた例を示す。図 2 C では、多孔質セラミック集合体 1 4 を三角形形状と、四角形状と、五角形状との組み合わせで構成した場合を示し、1 つの五角形状、2 つの三角形形状、5 つの四角形状を配列させた例を示す。

【0041】

また、図 3 A 及び図 3 B に示すように、多孔質セラミック集合体 1 4 に含まれる複数の多孔質セラミック板状体 1 6 のうち、上面から見た平面形状に曲線 2 6 を含む多孔質セラミック板状体 1 6 の割合が 0 % より大きく 5 0 % 以下であってもよい。

【0042】

平面形状が直線状のみであると、対象物 2 2 上に複数の多孔質セラミック板状体 1 6 を転写する際に、多孔質セラミック板状体 1 6 がずれやすくなるが、多孔質セラミック集合体 1 4 に、曲線 2 6 が部分的に存在することで、ずれにくくなり、対象物 2 2 上に複数の多孔質セラミック板状体 1 6 を均一に転写することも可能となる。

【0043】

上面から見た平面形状に曲線 2 6 を含む多孔質セラミック板状体 1 6 の割合を求める場合は、シート 1 2 上の多孔質セラミック板状体 1 6 の全個数  $N_z$  と、平面形状に曲線 2 6 を含む多孔質セラミック板状体 1 6 の個数  $N_w$  を数えて、 $(\text{個数 } N_w / \text{個数 } N_z) \times 100 (\%)$  を算出すればよい。

【0044】

図 3 A では、9 つの多孔質セラミック板状体 1 6 のうち、7 つの多孔質セラミック板状体 1 6（図 3 A において（1）～（7）で示す多孔質セラミック板状体 1 6）の平面形状が四角形状であり、残りの 2 つの多孔質セラミック板状体 1 6（図 3 A において（8）、（9）で示す多孔質セラミック板状体 1 6）の平面形状にそれぞれ曲線 2 6 が含まれている。図 3 B では、24 個の多孔質セラミック板状体 1 6 のうち、18 個の多孔質セラミック板状体 1 6（図 3 B において（3）～（14）、（16）～（18）、（20）～（22）で示す多孔質セラミック板状体 1 6）の平面形状が四角形状であり、残りの 6 つの多孔質セラミック板状体 1 6（図 3 B において（1）、（2）、（15）、（19）、（23）及び（24）で示す多孔質セラミック板状体 1 6）の平面形状にそれぞれ曲線 2 6 が含まれている。

【0045】

また、図 2 B に示すように、多孔質セラミック集合体 1 4 は、5 つ以上の多孔質セラミック板状体 1 6 がそれぞれ 1 つの頂点を対峙させて配置された部分 2 7 を有してもよい。これにより、対象物 2 2 の表面に局所的に曲面や凹凸があっても、対象物 2 2 の表面形状に沿って複数の多孔質セラミック板状体 1 6 を配置することが容易になる。

10

20

30

40

50

## 【0046】

隣接する多孔質セラミック板状体16同士の隙間d(図4A~図4C参照)は0.1 $\mu$ m以上10 $\mu$ m以下であることが好ましい。これにより、対象物22上に複数の多孔質セラミック板状体16を転写し易く、しかも、複数の多孔質セラミック板状体16を対象物22上に均一に転写することが可能となる。ここで、隙間dとは、隣接する多孔質セラミック板状体16間の隙間のうち、最も狭い隙間を指す。すなわち、図4Aに示す隙間dと図4Bに示す隙間dとでは、図4Aに示す隙間dが狭く、図4Bに示す隙間dが広い。一方、図4Cに示す隙間dのように、広い隙間dbと狭い隙間daとが混在する場合は、狭い隙間daを多孔質セラミック板状体16間の隙間dとする。なお、隙間dは、シート12上に貼着された多孔質セラミック集合体14において、隣接する多孔質セラミック板状体16間を光学顕微鏡で測定することで得られる。

10

## 【0047】

さらに、図5Aに示すように、隣接する多孔質セラミック板状体16のうち、一つの多孔質セラミック板状体16の側面の傾斜角 $\theta$ が、シート12の法線28に対して45度以下、すなわち、0度以上45度以下であることが好ましく、0度より大きく45度以下であるとさらに好ましい。隣接する多孔質セラミック板状体16の側面同士が平行である場合に、傾斜角 $\theta$ が45度よりも大きいと、図5Bに示すように、多孔質セラミック板状体16の周囲が欠け、破片17が飛び散る場合がある。すなわち、傾斜角 $\theta$ を0度以上45度以下にすることで、対象物22上に複数の多孔質セラミック板状体16を転写する際、あるいは、多孔質セラミック構造体10をハンドリングする際に、多孔質セラミック板状体16が欠けにくく、パルク体20とした場合に欠陥が少ない。なお、ここでいう傾斜角 $\theta$ は、垂直面も含む意味である。傾斜角 $\theta$ は、シート12上に貼着された多孔質セラミック集合体14において、隣接する多孔質セラミック板状体16間の傾斜角 $\theta$ を光学顕微鏡で測定することで得られる。

20

## 【0048】

なお、隣接する多孔質セラミック板状体16の間は、必ずしも直線状の隙間になるとは限らない。例えば図5Cに示すように、一部で屈曲(凸状に屈曲又は凹状に屈曲)している場合もある。このような場合は、多孔質セラミック板状体16の縦断面において、多孔質セラミック板状体16の側面の上端と下端とを結ぶ直線Lxとシート12の法線28とのなす角を傾斜角 $\theta$ として定義する。

30

## 【0049】

また、多孔質セラミック集合体14内での多孔質セラミック板状体16の個数密度が部分的に異なることが好ましい。また、複数の多孔質セラミック板状体16のそれぞれの平面形状の大きさが異なることが好ましい。

## 【0050】

例えば対象物22の表面が平坦である部分では、個数密度を小さく(多孔質セラミック板状体16のサイズが大きめ)、対象物22の表面が曲面である部分及びその周辺では、個数密度を大きく(多孔質セラミック板状体16のサイズが小さめ)にすることで、複数の多孔質セラミック板状体16を対象物22上に転写する際に、対象物22の表面に追従させて複数の多孔質セラミック板状体16を配置することができる。

40

## 【0051】

個数密度の最大値と最小値との比(最大個数密度/最小個数密度)は1.2より大きいことが好ましい。

## 【0052】

個数密度は以下のように算出することができる。すなわち、シート12上に貼着された多孔質セラミック集合体14において、10箇所の任意の視野を光学顕微鏡で観察し、各視野に含まれる多孔質セラミック板状体16の個数を計測する。各視野は例えば3mm $\times$ 3mmの正方形の領域等を採用することができる。

## 【0053】

そして、計測した各視野に含まれる多孔質セラミック板状体16の個数を、それぞれ視

50



野の面積 ( $= 9 \text{ mm}^2$ ) で除することで、単位面積当たりの個数密度 (個 /  $\text{mm}^2$ ) を算出する。これら 10 箇所の視野に対応する個数密度を比較して、最大個数密度と最小個数密度を抽出し、その比 (最大個数密度 / 最小個数密度) を算出する。

【0054】

また、多孔質セラミック板状体 16 の平面形状の大きさの最大値と最小値との比 (最大値 / 最小値) が 1.2 より大きいことが好ましい。

【0055】

多孔質セラミック板状体 16 の平面形状の大きさは以下のように算出することができる。すなわち、シート 12 上に貼着された多孔質セラミック集合体 14 において、10 箇所の任意の視野をそれぞれ光学顕微鏡で観察する。そして、各視野について、それぞれ任意の 5 本の直線を引き、直線と交わる多孔質セラミック板状体 16 内の線分の長さを計測し、その平均値をその視野における多孔質セラミック板状体 16 の大きさとする。これら 10 箇所の視野における多孔質セラミック板状体 16 の大きさを比較して、多孔質セラミック板状体 16 の大きさの最大値と最小値を抽出し、その比 (最大値 / 最小値) を算出する。

10

【0056】

多孔質セラミック集合体 14 に含まれる複数の多孔質セラミック板状体 16 の厚み  $t_a$  (図 5A 参照) が  $1000 \mu\text{m}$  以下であり、厚み  $t_a$  のばらつきが 10% 以下であることが好ましい。厚み  $t_a$  は、定圧厚さ測定器等を使用して測定することができる。

【0057】

これにより、図 9 及び図 10 に示すように、多孔質セラミック集合体 14 を接着剤等の樹脂材 18 (マトリックス) でコートすることでバルク体 20 とした場合に、多孔質セラミック集合体 14 全体を樹脂材 18 でコートし易く、一部の多孔質セラミック板状体 16 上の樹脂材 18 の厚みを均一にすることが容易になる。これは、バルク体 20 の低熱伝導率化に寄与する。

20

【0058】

多孔質セラミック板状体 16 の気孔率は、20 ~ 99% であることが好ましい。気孔とは、閉気孔、開気孔の少なくとも 1 つのことであり、両方を含んでもよい。また、気孔の形状、すなわち、開口の面形状としては、正方形、四角形、三角形、六角形、円形等、不定形のいずれの形状であってもよい。

30

【0059】

平均気孔径は  $500 \text{ nm}$  以下であることが好ましく、さらに好ましくは  $10 \sim 500 \text{ nm}$  である。この寸法は、熱伝導の主因である格子振動 (フォノン) の発生を阻害するのに有効である。

【0060】

多孔質セラミック板状体 16 は、微粒子が三次元に繋がった構造を有する。微粒子の粒径は  $1 \text{ nm} \sim 5 \mu\text{m}$  であることが好ましい。さらに好ましくは  $50 \text{ nm} \sim 1 \mu\text{m}$  である。このような範囲の粒径の微粒子で構成された多孔質セラミック板状体 16 は、熱伝導の主因である格子振動 (フォノン) の発生が阻害されるため、低熱伝導率を図る上で有効となる。微粒子とは、一つの結晶粒からなる粒子 (単結晶粒子) であってもよいし、多数の結晶粒からなる粒子 (多結晶粒子) であってもよい。つまり、多孔質セラミック板状体 16 がこの範囲の粒径の微粒子の集まりであることが好ましい。なお、微粒子の粒径は、多孔質セラミック板状体 16 の骨格を構成する粒子群のうちの 1 つの微粒子の大きさ (球状であれば直径、そうでなければ最大径) を、電子顕微鏡観察の画像から計測したものである。

40

【0061】

多孔質セラミック板状体 16 の熱伝導率は  $1.5 \text{ W/mK}$  未満であることが好ましく、さらに好ましくは  $0.7 \text{ W/mK}$  以下であり、より好ましくは  $0.5 \text{ W/mK}$  以下、特に好ましくは  $0.3 \text{ W/mK}$  以下である。

【0062】

50

多孔質セラミック板状体 16 の熱容量は  $1000 \text{ kJ} / \text{m}^3 \text{ K}$  以下であることが好ましく、さらに好ましくは  $900 \text{ kJ} / \text{m}^3 \text{ K}$  以下であり、より好ましくは  $800 \text{ kJ} / \text{m}^3 \text{ K}$  以下、特に好ましくは  $500 \text{ kJ} / \text{m}^3 \text{ K}$  以下である。

【0063】

多孔質セラミック板状体 16 の構成材料としては、金属酸化物を含むことが好ましく、金属酸化物のみからなることがさらに好ましい。金属酸化物を含むと、金属の非酸化物（例えば、炭化物や窒化物）に比べて金属と酸素の間のイオン結合性が強いために熱伝導率が低くなりやすいためである。

【0064】

金属酸化物が Zr、Y、Al、Si、Ti、Nb、Sr、La、Hf、Ce、Gd、Sm、Mn、Yb、Er、及び Ta からなる群から選ばれる 1 の元素の酸化物あるいは 2 以上の元素の複合酸化物であることが好ましい。金属酸化物がこれらの元素の酸化物、複合酸化物であると、格子振動（フォノン）による熱伝導が起こりにくくなるためである。

【0065】

具体的な材料としては、 $\text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$  に  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Er}_2\text{O}_3$  等を添加したものが挙げられる。さらに具体的には、 $\text{ZrO}_2 - \text{HfO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3 - \text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2 - \text{HfO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3 - \text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{HfO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CeO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Sm}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 、 $\text{LaMnAl}_{11}\text{O}_{19}$ 、 $\text{YT a}_3\text{O}_9$ 、 $\text{Y}_{0.7}\text{La}_{0.3}\text{Ta}_3\text{O}_9$ 、 $\text{Y}_{1.08}\text{Ta}_{2.76}\text{Zr}_{0.24}\text{O}_9$ 、 $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 、 $\text{LaTa}_3\text{O}_9$ 、 $\text{Yb}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Ti}_3\text{O}_5$  等が挙げられる。

【0066】

ここで、多孔質セラミック構造体 10 の第 1 製造方法及び第 2 製造方法について、図 6 ~ 図 8 を参照しながら説明する。

【0067】

最初に、第 1 製造方法について説明する。まず、図 6 のステップ S 1 において、上述した多孔質セラミック板状体 16 の構成材料の粉末に、造孔材、バインダー、可塑剤、溶剤を加えて混合し、成形用スラリー 36（図 7 参照）を調製する。

【0068】

その後、ステップ S 2 において、成形用スラリー 36 に、真空脱泡処理を施すことにより、粘度を調整した後、テープ成形を行って成形体 30（グリーンシート）を作製する（成形体作製工程）。例えば図 7 に示すドクターブレード装置 32 のセラミック離型用のポリエステルフィルム 34 上に成形用スラリー 36 を投入し、ドクターブレード 38 によって焼成後の厚さが規定の厚みとなるように成形体 30（グリーンシート）を作製する。

【0069】

その後、図 6 のステップ S 3 において、成形体 30（グリーンシート）をポリエステルフィルム 34 から剥離して回収する。セラミック離型用のポリエステルフィルム 34 は、表面が鏡面となっているため、成形体 30 の表面のうち、ポリエステルフィルム 34 が剥離された面（以下、剥離面 30a と記す）も鏡面となる。

【0070】

その後、ステップ S 4 において、回収した成形体 30 を焼成して、シート状の焼結体 40 を得る（焼成工程）。次いで、ステップ S 5 において、シート 12 上に焼結体 40 を貼着する（貼着工程）。上述したように、成形体 30 の剥離面 30a が鏡面となっているため、焼成処理後の焼結体 40 の端面 40a（剥離面 30a であった面）も鏡面となっている。従って、シート 12 に焼結体 40 の端面 40a を貼着することで、焼結体 40 はシート 12 に強固に貼着されることになる。

【0071】

その後、ステップ S 6 において、焼結体 40 を複数の多孔質セラミック板状体 16 に分割する（分割工程）。これによって、1 つのシート 12 と、シート 12 上に貼着され、複数の多孔質セラミック板状体 16 による多孔質セラミック集合体 14 とを有する多孔質セラミック構造体 10 を得る。なお、焼成工程後の焼結体 40 あるいは分割工程後の多孔質

10

20

30

40

50

セラミック板状体 16 に対して表面改質処理を行ってもよい。表面改質処理は、多孔質セラミック板状体 16 への接着剤等の樹脂材 18 (マトリックス: 図 9 C 及び図 10 参照) の浸透の程度を制御する処理 (主に、浸透しづらくする処理) である。

【0072】

上述のステップ S6 における分割工程は、焼結体 40 を複数の小片、すなわち、複数の多孔質セラミック板状体 16 に分割する。もちろん、分割工程は、焼結体 40 に刃物を押し当てて切る (割る) ことで複数の多孔質セラミック板状体 16 に分割したり、焼結体 40 をレーザーで切断して複数の多孔質セラミック板状体 16 に分割する等、様々な方法で分割することができる。この場合、焼結体 40 がシート 12 に強固に貼着されていることから、分割の際に、焼結体 40 や多孔質セラミック板状体 16 がシート 12 から剥離することが防止される。

10

【0073】

次に、第 2 製造方法について図 8 を参照しながら説明する。この第 2 製造方法は、ステップ S101 ~ S103 において、上述したステップ S1 ~ S3 と同様に、成形用スラリー 36 の調製、成形体 30 の作製、成形体 30 の回収を行う。

【0074】

その後、ステップ S104 において、レーザ加工やプレス加工を行って、成形体 30 の上面から複数の切り込み 42 を形成する。

【0075】

その後は、ステップ S105 ~ S107 において、上述したステップ S4 ~ S6 と同様に、回収した成形体 30 を焼成して、シート状の焼結体 40 を得、シート 12 への焼結体 40 の貼着、複数の多孔質セラミック板状体 16 への分割を行う。

20

【0076】

これによって、1つのシート 12 と、シート 12 上に貼着され、複数の多孔質セラミック板状体 16 による多孔質セラミック集合体 14 とを有する多孔質セラミック構造体 10 を得る。なお、この第 2 製造方法においても、焼成工程後の焼結体 40 あるいは分割工程後の多孔質セラミック板状体 16 に対して上述した表面改質処理を行ってもよい。

【0077】

次に、多孔質セラミック構造体 10 を用いて 1つのバルク体 20 を構成する方法について図 9 A ~ 図 9 C 及び図 10 を参照しながら説明する。

30

【0078】

まず、図 9 A に示すように、対象物 22 上に接着剤 44 を塗布する。対象物 22 に塗布された接着剤 44 上に、多孔質セラミック構造体 10 を設置する。この場合、対象物 22 上の接着剤 44 と多孔質セラミック集合体 14 とを対向させて多孔質セラミック構造体 10 を設置する。

【0079】

図 9 B に示すように、例えばシート 12 を加熱して、シート 12 を剥がすことで、対象物 22 の接着剤 44 上に多孔質セラミック集合体 14 を転写する。

【0080】

その後、図 9 C 及び図 10 に示すように、多孔質セラミック集合体 14 の全体を接着剤等の樹脂材 18 (マトリックス) でコートすることでバルク体 20 とする。すなわち、対象物 22 上にバルク体 20 が設置されることになる。

40

【0081】

従来は、図 11 A に示すように、スラリー 50 に添加する粒子 52 が小さいため、スラリー 50 に粒子 52 を均一に分散させることが困難である。そのため、図 11 B に示すように、スラリー 50 を固化してバルク体 54 としたとき、スラリー 50 の固化による接着剤 56 中に複数の粒子 52 が均一に分散しないことから、粒子 52 よりも熱伝導率が高い接着剤 56 のみの領域 58 が多く存在することになり、バルク体 54 の低熱伝導率化が不十分となる。

【0082】

50

これに対して、本実施の形態では、シート 12 上に貼着された複数の多孔質セラミック板状体 16 による多孔質セラミック集合体 14 を有する多孔質セラミック構造体 10 を対象物 22 に設置し、その後、シート 12 を剥がして、対象物 22 上に多孔質セラミック集合体 14 を転写し、該多孔質セラミック集合体 14 を接着剤等の樹脂材 18 (マトリックス) でコートすることによってバルク体 20 を構成するようにしている。

【0083】

そのため、樹脂材 18 中に、複数の多孔質セラミック板状体 16 を均一に分散配置することができる。しかも、多孔質セラミック板状体 16 よりも熱伝導率が高い樹脂材 18 のみの領域が狭くなることから、バルク体 20 の熱伝導率を低く抑えることができる。しかも、バルク体 20 間での熱伝導率の均一化も図ることができ、バルク体 20 を配置する箇所に応じてバルク体 20 を変更する必要がなく、配置工程の簡略化、工数の削減化を図ることができる。

10

【0084】

また、シート 12 に貼着された焼結体 40 を複数の多孔質セラミック板状体 16 に分割するようにしたので、従来の場合と異なり、対象物 22 上に複数の多孔質セラミック板状体 16 を均一に配置することができる。しかも、対象物 22 の表面が不定形(反り等)であったり、曲面状であった場合でも、対象物 22 の表面形状に沿って複数の多孔質セラミック板状体 16 を配置することが容易になり、設計の自由度を向上させることができる。また、多孔質セラミック構造体 10 を、シート 12 と、該シート 12 に貼着された複数の多孔質セラミック板状体 16 を有する多孔質セラミック集合体 14 にて構成したので、多孔質セラミック構造体 10 のハンドリングが容易になり、しかも、対象物 22 上に複数の多孔質セラミック板状体 16 を転写する作業も簡単になる。これは、製造工程の簡略化を図る上で有利である。

20

【0085】

シート 12 の粘着力(JIS Z0237)は 1.0 N/10 mm 以上、引張伸度(JIS K7127)は 0.5 % 以上、厚みは 5 mm 以下であることが好ましい。これにより、以下の効果を奏することができる。

(a) 粘着力が高いほど多孔質セラミック板状体 16 を強固に固定することができる。

(b) 引張伸度が高いほど曲面に追従させることができる。

30

(c) 厚みが薄いほど曲面に追従させやすい。

【0086】

シート 12 の粘着力は、より詳しくは、以下の通りである。すなわち、多孔質セラミック板状体 16 の保持時の粘着力は 1.0 N/10 mm 以上、多孔質セラミック板状体 16 の剥離時の粘着力は 0.1 N/10 mm 以下である。

【0087】

シート 12 の粘着力の評価方法は、粘着テープの粘着力の評価方法と同じであり、ステンレス板にシート 12 を貼り付け、シート 12 を 180 度又は 90 度に引っ張り、シート 12 がステンレス板から剥がれるときの力を粘着力とする。

【0088】

また、シート 12 は基材(支持体)に接着剤が塗布されて構成されている。この場合、基材の種類としては、以下のように選択することが好ましい。

40

【0089】

すなわち、平面形状の対象物 22 上に多孔質セラミック板状体 16 を転写する場合は、基材としてフィルム、金属箔、紙等を用いることが好ましい。シート 12 の基材が硬めなので、平面形状の対象物 22 に対してシート 12 を皺なく成膜することが可能となる。

【0090】

曲面(凸面、凹面、凹凸面)形状の対象物 22 上に多孔質セラミック板状体 16 を転写する場合は、基材として布、ゴムシート、発泡体等を用いることが好ましい。シート 12 の基材が柔らかく伸縮性があるので、シート 12 を曲面形状に追従して成膜することが可

50

能となる。

#### 【0091】

また、このシート12は、熱や水、溶剤、光（紫外光）、マイクロ波を作用させることで、粘着力が弱くなり、容易に剥がすことが可能である。このとき、シート12の粘着力は、対象物22と多孔質セラミック構造体10間に用いた接着剤44よりも弱いことが好ましい。

#### 【実施例】

#### 【0092】

実施例1～8に係る多孔質セラミック構造体10、並びに比較例1及び2に係る多孔質セラミック構造体を使用してそれぞれバルク体20を構成した場合の各バルク体20の熱伝導率、材料の損失の少なさ、多孔質セラミック板状体16のずれの小ささ、曲面への追従のし易さ、対象物22への転写時における多孔質セラミック板状体16の欠け易さを確認した。

#### 【0093】

##### （実施例1）

多孔質セラミック構造体10を構成する複数の多孔質セラミック板状体16として、それぞれ気孔率が60%、厚みが60μmの多孔質セラミック板状体16を使用し、上述した第1製造方法に準じて実施例1に係るバルク体20を作製した。すなわち、先ず、シート12と、該シート12の1つの面に貼着された複数の多孔質セラミック板状体16とを有する多孔質セラミック構造体10を使用した。そして、対象物22に接着剤44（熱伝導率2W/mK）を塗布した後、上記シート12を使って、対象物22の接着剤44上に複数の多孔質セラミック板状体16を転写し、熱をかけることでシート12を剥がした。その上から樹脂材18（マトリックス）を塗布した後、樹脂材18を固化して、対象物22の表面にバルク体20を設置した。

#### 【0094】

##### <多孔質セラミック構造体10の作製>

実施例1において、気孔率測定用の多孔質セラミック構造体10とバルク体用の多孔質セラミック構造体10を以下のようにして作製した。これは、後述する実施例2～8及び比較例2についても同様である。

#### 【0095】

先ず、イットリア部分安定化ジルコニア粉末に、造孔材（ラテックス粒子あるいはメラミン樹脂粒子）、バインダーとしてのポリビニルブチラール樹脂（PVB）、可塑剤としてのDOP（フタル酸ジオクチル）、溶剤としてのキシレン及び1-ブタノールを加え、ボールミルにて30時間混合し、成形用スラリー36を調製した。この成形用スラリー36に、真空脱泡処理を施すことにより、粘度を4000cpsに調整した後、ドクターブレード装置32によって焼成後の厚さが60μmとなるように成形体30（グリーンシート）を作製した。その後、この成形体30を1100℃、1時間にて焼成して焼結体40とした。その後、シート12の上面に焼結体40を貼着した。さらに、焼結体40を分割して複数の多孔質セラミック板状体16を作製した。すなわち、シート12上に複数の多孔質セラミック板状体16からなる多孔質セラミック集合体14が貼着された多孔質セラミック構造体10を作製した。

#### 【0096】

シート12上の多孔質セラミック集合体14の平面形状は、縦100mm、横100mmの正方形で、1つの多孔質セラミック板状体16の面積は約0.25mm<sup>2</sup>である。すなわち、多孔質セラミック構造体10は、シート12上に約40000個の多孔質セラミック板状体16が配列された形態となっている。

#### 【0097】

実施例1に係る多孔質セラミック構造体10は、複数の多孔質セラミック板状体16からなる多孔質セラミック集合体14を上面から見た平面形状が、対象物22のうち、多孔質セラミック集合体14が設置されるべき領域を上面から見た平面形状と異なっていた。

多孔質セラミック構造体 10 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の平面形状は、全て直線 24 で囲まれた多角形状であった。各多孔質セラミック板状体 16 の側面の傾斜角は、それぞれシート 12 の法線 28 に対して 45 度を超え、50 度以下であった。また、複数の多孔質セラミック板状体 16 の厚み  $t_a$  は 45 ~ 55  $\mu\text{m}$  であり、厚みばらつきは 10 % であった。多孔質セラミック板状体 16 間の隙間  $d$  は 5 ~ 10  $\mu\text{m}$ 、最大個数密度と最小個数密度の比（最大個数密度 / 最小個数密度）は 1.15、平面形状の大きさの最大値と最小値との比（最大値 / 最小値）は 1.15 であった。また、最大で 4 つの多孔質セラミック板状体 16 がそれぞれ 1 つの頂点を対峙させて配置された部分があった。

【0098】

10

（実施例 2）

多孔質セラミック構造体 10 として、複数の多孔質セラミック板状体 16 からなる多孔質セラミック集合体 14 を上面から見た平面形状が、対象物 22 のうち、多孔質セラミック集合体 14 が設置されるべき領域を上面から見た平面形状と同一である多孔質セラミック構造体 10 を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして実施例 2 に係るバルク体 20 を作製した。

【0099】

（実施例 3）

多孔質セラミック構造体 10 として、複数の多孔質セラミック板状体 16 のうち、上面から見た平面形状に曲線 26 を含む多孔質セラミック板状体の割合  $P_a$  が 0 % より大きく 50 % 以下である多孔質セラミック構造体 10 を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして実施例 3 に係るバルク体 20 を作製した。

20

【0100】

（実施例 4）

多孔質セラミック構造体 10 として、5 つの多孔質セラミック板状体 16 がそれぞれ 1 つの頂点を対峙させて配置された部分 27（図 2 B 参照）を有する多孔質セラミック構造体 10 を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして実施例 4 に係るバルク体 20 を作製した。

【0101】

（実施例 5）

30

多孔質セラミック構造体 10 として、多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の側面の傾斜角がシート 12 の法線 28 に対して 0 度以上 45 度以下である多孔質セラミック構造体 10 を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして実施例 5 に係るバルク体 20 を作製した。

【0102】

（実施例 6）

多孔質セラミック構造体 10 として、多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の最大個数密度と最小個数密度の比（最大個数密度 / 最小個数密度）が 1.25 である多孔質セラミック構造体 10 を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして実施例 6 に係るバルク体 20 を作製した。

40

【0103】

（実施例 7）

多孔質セラミック構造体 10 として、多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の平面形状の大きさの最大値と最小値との比（最大値 / 最小値）が 1.25 である多孔質セラミック構造体 10 を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして実施例 7 に係るバルク体 20 を作製した。

【0104】

（実施例 8）

多孔質セラミック構造体 10 として、多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の厚み  $t_a$  が 47.5 ~ 52.5  $\mu\text{m}$  で、厚みばらつきが 5 %

50

である多孔質セラミック構造体 10 を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして実施例 8 に係るバルク体 20 を作製した。

【0105】

(比較例 1)

図 11A に示すように、気孔率が 90%、粒径が 50  $\mu\text{m}$  の粒子 52 (市販の多孔質セラミック板状体) と、ポリスチレン樹脂微粒子及び水を含むスラリー 50 を調製した後、型に流し込み、乾燥後、焼成、固化して比較例 1 に係るバルク体 54 を作製した。

【0106】

(比較例 2)

それぞれ気孔率が 60%、厚み  $t_a$  が 47.5 ~ 52.5  $\mu\text{m}$  の複数の多孔質セラミック板状体 16 を、シート 12 を使用せずに、直接、対象物 22 に接着剤 44 を使用して貼着し、その上から樹脂材 18 (マトリックス) を塗布した後、樹脂材 18 を固化して、比較例 2 に係るバルク体 20 を作製した。

【0107】

下記表 1 に、実施例 1 ~ 8 並びに比較例 1 及び 2 の構成上の内訳を示す。なお、表 1 において、「↑」は、上の実施例と同じであることを示す。

【0108】

【表 1】

	集合体の平面形状	曲線を含む確率 $P_a$	対峙する頂点の数	傾斜角 $\theta$	厚み $t_a$ ( $\mu\text{m}$ )	厚みばらつき	隙間 ( $\mu\text{m}$ )	個数密度の比	大きさの比
実施例 1	基材の平面形状と異なる	0%	4	$45^\circ < \theta \leq 50^\circ$	45 ~ 55	10%	5 ~ 10	1.15	1.15
実施例 2	基材の平面形状と同一	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
実施例 3	基材の平面形状と異なる	$0\% < P_a \leq 50\%$	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
実施例 4	↑	0%	5	↑	↑	↑	↑	↑	↑
実施例 5	↑	↑	↑	$0^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	↑	↑	↑	↑	↑
実施例 6	↑	↑	↑	$45^\circ < \theta \leq 50^\circ$	↑	↑	↑	1.25	↑
実施例 7	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1.15	1.25
実施例 8	↑	↑	↑	↑	47.5 ~ 52.5	5%	↑	↑	1.15
比較例 1	粒径が 50 $\mu\text{m}$ の粒子が接着剤中に分散								
比較例 2	多数の多孔質セラミック粒子を個別に基材上に貼着								

【0109】

[計測方法、測定方法及び評価基準]

<気孔率の計測>

実施例 1 ~ 8 については、気孔率測定用の多孔質セラミック構造体 10 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 から無作為に 10 個の多孔質セラミック板状体 16 を選んで樹脂に埋込み、電子顕微鏡にて多孔質セラミック板状体 16 を観察することができる観察箇所まで研磨して、樹脂埋め研磨面とした。そして、この樹脂埋め研磨面に対して電子顕微鏡観察（画像解析）を行った。画像解析より、10 個の多孔質セラミック板状体 16 の各気孔率を算出し、10 個分の多孔質セラミック板状体 16 の平均値を多孔質セラミック板状体 16 の気孔率とした。比較例 2 については、気孔率測定用の 10 個の多孔質セラミック板状体 16 を選んで、上述と同様の手法で多孔質セラミック板状体 16 の気孔率を求めた。

#### 【0110】

10

< 平均気孔径の計測 >

多孔質セラミック板状体 16 の平均気孔径を、株式会社島津製作所の自動ポロシメータ（商品名「オートポア 9200」）を使用して計測した。

#### 【0111】

< バルク体 20 の熱伝導率測定方法及び評価基準 >

まず、水銀ポロシメータでバルク体 20 の密度を測定した。次に、DSC（Differential Scanning Calorimeter）法でバルク体 20 の比熱を測定した。次に、レーザーフラッシュ法でバルク体 20 の熱拡散率を測定した。その後、熱拡散率 × 比熱 × 密度 = 熱伝導率の関係式から、バルク体 20 の熱伝導率を算出し、以下の評価基準に基づいて、実施例 1 ~ 8、比較例 1 及び 2 を評価した。

20

A : 0.9 W / m K 以下

B : 1.0 W / m K 以上 1.4 W / m K 以下

C : 1.5 W / m K 以上 1.9 W / m K 以下

D : 2.0 W / m K 以上

#### 【0112】

< 多孔質セラミック板状体 16 間の隙間 d の測定方法 >

多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 間の隙間 d をそれぞれ光学顕微鏡で測定した。

#### 【0113】

30

< 多孔質セラミック板状体 16 の厚み t a の測定方法 >

多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の厚み t a をそれぞれ光学顕微鏡で測定した。

#### 【0114】

< 多孔質セラミック板状体 16 の側面の傾斜角 の測定方法 >

多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の傾斜角をそれぞれ光学顕微鏡で測定した。

#### 【0115】

< 平面形状に曲線 26 を含む多孔質セラミック板状体 16 の割合の算出方法 >

多孔質セラミック集合体 14 を構成する複数の多孔質セラミック板状体 16 の総数と、平面形状に曲線 26 を含む多孔質セラミック板状体 16 の個数とを求め、（個数 / 総数）× 100（%）を算出した。

40

#### 【0116】

< 多孔質セラミック板状体 16 の個数密度の割合の求め方 >

シート 12 上に貼着された多孔質セラミック集合体 14 において、10 箇所の任意の視野を光学顕微鏡で観察し、各視野に含まれる多孔質セラミック板状体 16 の個数を計測した。各視野は例えば 3 mm × 3 mm の正方形の領域とした。そして、計測した各視野に含まれる多孔質セラミック板状体 16 の個数を、それぞれ視野の面積（= 9 mm<sup>2</sup>）で除することで、単位面積当たりの個数密度（個 / mm<sup>2</sup>）を算出した。これら 10 箇所の視野に対応する個数密度を比較して、最大個数密度と最小個数密度を抽出し、その比（最大個

50



数密度 / 最小個数密度) を算出した。

【 0 1 1 7 】

< 多孔質セラミック板状体 1 6 の平面形状の大きさの割合の求め方 >

シート 1 2 上に貼着された多孔質セラミック集合体 1 4 において、1 0 箇所の任意の視野をそれぞれ光学顕微鏡で観察した。そして、各視野について、それぞれ任意の 5 本の直線を引き、直線と交わる多孔質セラミック板状体 1 6 内の線分の長さを計測し、その平均値をその視野における多孔質セラミック板状体 1 6 の大きさとした。これら 1 0 箇所の視野における多孔質セラミック板状体 1 6 の大きさを比較して、多孔質セラミック板状体 1 6 の大きさの最大値と最小値を抽出し、その比 ( 最大値 / 最小値 ) を算出した。

【 0 1 1 8 】

10

[ 材料の損失の少なさの評価 ]

対象物 2 2 上に存在する多孔質セラミック板状体 1 6 の個数  $N_a$  を光学顕微鏡で確認し、シート 1 2 上の多孔質セラミック板状体 1 6 の全個数  $N_z$  に対する割合、すなわち、( 個数  $N_a$  / 全個数  $N_z$  )  $\times$  1 0 0 ( % ) を求めた。そして、以下の評価基準に基づいて、実施例 1 ~ 8、比較例 1 及び 2 を評価した。

A : 9 5 % 以上

B : 8 5 % 以上 9 5 % 未満

C : 8 5 % 未満

【 0 1 1 9 】

[ 多孔質セラミック板状体 1 6 のずれの小ささの評価 ]

20

対象物 2 2 上に存在する多孔質セラミック板状体 1 6 のうち、ずれ量が最も大きい多孔質セラミック板状体 1 6 を光学顕微鏡で確認し、そのずれ量を計測した。そして、以下の評価基準に基づいて、実施例 1 ~ 8、比較例 1 及び 2 を評価した。

A : ずれ量が 0 . 5 mm 未満

B : ずれ量が 0 . 5 mm 以上

【 0 1 2 0 】

[ 対象物 2 2 の曲面への追従のし易さの評価 ]

対象物 2 2 上に存在する多孔質セラミック板状体 1 6 のうち、周辺部が浮いている多孔質セラミック板状体 1 6 の個数  $N_b$  を光学顕微鏡で確認し、シート 1 2 上の多孔質セラミック板状体 1 6 の全個数  $N_z$  に対する個数  $N_b$  の割合、すなわち、( 個数  $N_b$  / 全個数  $N_z$  )  $\times$  1 0 0 ( % ) を求めた。そして、以下の評価基準に基づいて、実施例 1 ~ 8、比較例 1 及び 2 を評価した。

30

A : 5 % 未満

B : 5 % 以上

【 0 1 2 1 】

[ 対象物 2 2 への転写時における多孔質セラミック板状体 1 6 の欠け易さの評価 ]

対象物 2 2 上に存在する多孔質セラミック板状体 1 6 のうち、周辺部が欠けていない多孔質セラミック板状体 1 6 の個数  $N_c$  を光学顕微鏡で確認し、シート 1 2 上の多孔質セラミック板状体 1 6 の全個数  $N_z$  に対する個数  $N_c$  の割合、すなわち、( 個数  $N_c$  / 全個数  $N_z$  )  $\times$  1 0 0 ( % ) を求めた。そして、以下の評価基準に基づいて、実施例 1 ~ 8、比較例 1 及び 2 を評価した。

40

A : 5 % 未満

B : 5 % 以上

【 0 1 2 2 】

< 評価結果 >

実施例 1 ~ 8、比較例 1 及び 2 の評価結果を下記表 2 に示す。

【 0 1 2 3 】

【表 2】

	熱伝導率の 低さ	材料の 損失の 少なさ	ずれの 小ささ	曲面への 追従の し易さ	転写時の 欠け易さ
実施例1	B	B	B	B	B
実施例2	B	A	B	B	B
実施例3	B	B	A	B	B
実施例4	B	B	B	A	B
実施例5	A	B	B	B	A
実施例6	B	B	B	A	B
実施例7	B	B	B	A	B
実施例8	A	B	B	B	A
比較例1	D	C	A	A	A
比較例2	C	B	A	B	B

10

20

## 【0124】

表2からわかるように、比較例1は、熱伝導率が $2.0\text{ W/mK}$ 以上と高かった。これは、比較例1に係るバルク体54は、接着剤56のみの領域58が多く存在したことから、熱伝導率が高くなったものと考えられる。比較例2も、熱伝導率が $1.5\text{ W/mK}$ 以上と高かった。これは、比較例2に係るバルク体54は、対象物22に対して個別に多孔質セラミック板状体16を貼着したことから、多孔質セラミック板状体16間の隙間が広い個所が発生し、樹脂材18のみの領域が多く存在したことによるものと考えられる。

## 【0125】

これに対して、実施例1～8は、いずれも熱伝導率が $1.4\text{ W/mK}$ 以下と低く、特に、実施例5及び8は、熱伝導率が $0.9\text{ W/mK}$ と非常に低かった。これは、樹脂材18に複数の多孔質セラミック板状体16が均一に分散し、熱伝導率が高い樹脂材18のみの領域が狭くなったため、バルク体20の熱伝導率を低く抑えることができたものと考えられる。

30

## 【0126】

実施例1～8のうち、材料の損失の少なさでは、実施例2が最も損失が少なかった。ずれの少なさでは、実施例3が最もずれ量が小さかった。対象物22の曲面への追従し易さでは、実施例4、6及び7についての評価が高かった。転写時の欠け易さでは、実施例5が最も欠けが生じ易かった。

## 【0127】

なお、本発明に係る多孔質セラミック構造体及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、本発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

40

## 【0128】

上述の例では、バルク体20を作製する際に、樹脂材18で多孔質セラミック集合体14をコートしたが、その他、樹脂材18で多孔質セラミック集合体14の一部をコートしてバルク体20としてもよいし、樹脂材18を使用せずに、対象物22に多孔質セラミック集合体14を設置しただけでバルク体20としてもよい。

## 【符号の説明】

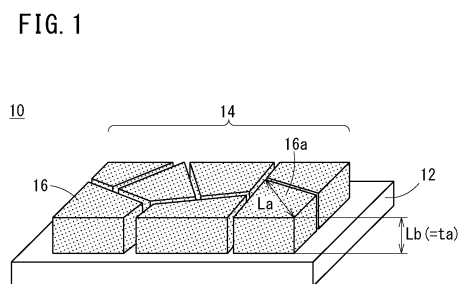
## 【0129】

50

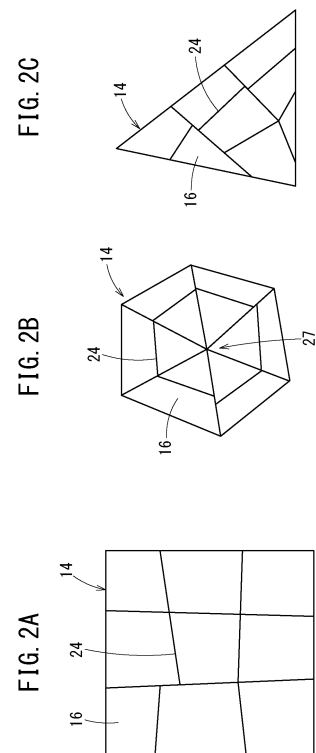
1 0 ...多孔質セラミック構造体  
1 4 ...多孔質セラミック集合体  
1 8 ...樹脂材  
2 2 ...対象物  
2 6 ...曲線  
2 8 ...法線  
4 0 ...焼結体

1 2 ...シート  
1 6 ...多孔質セラミック板状体  
2 0 ...バルク体  
2 4 ...直線  
2 7 ...部分  
3 0 ...成形体

【図 1】



【図 2】



【図 3】

FIG. 3A

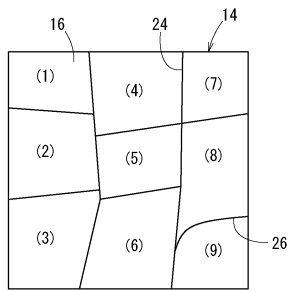
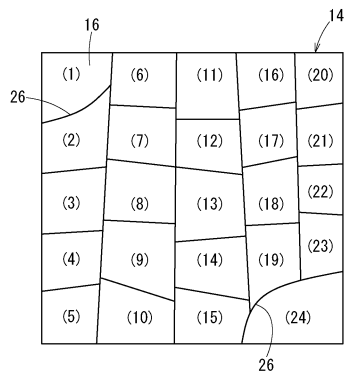


FIG. 3B



【図 4】

FIG. 4A

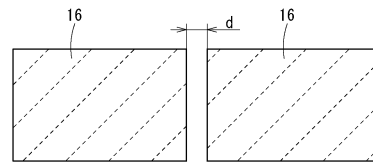


FIG. 4B

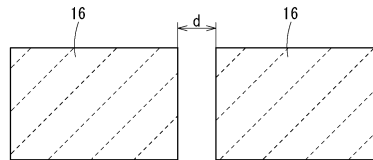
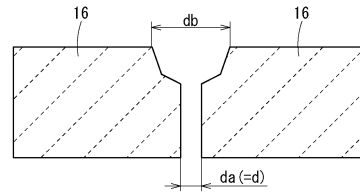


FIG. 4C



【図 5】

FIG. 5A

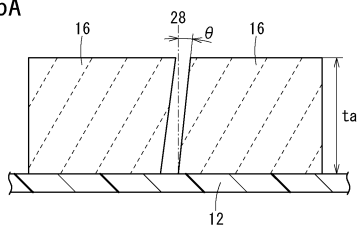


FIG. 5B

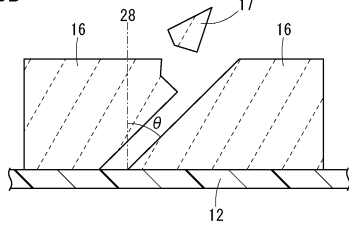
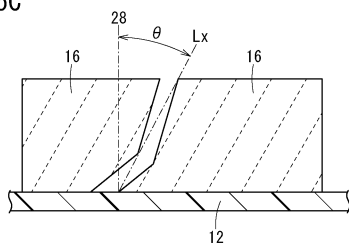
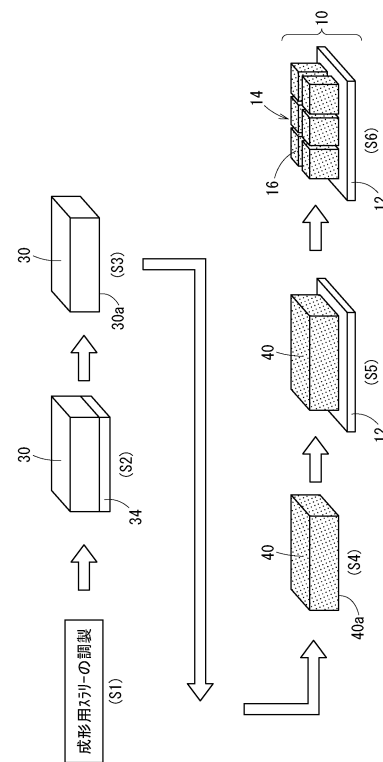


FIG. 5C

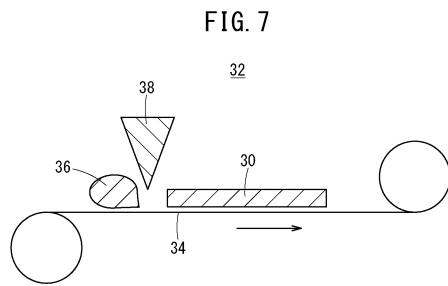


【図 6】

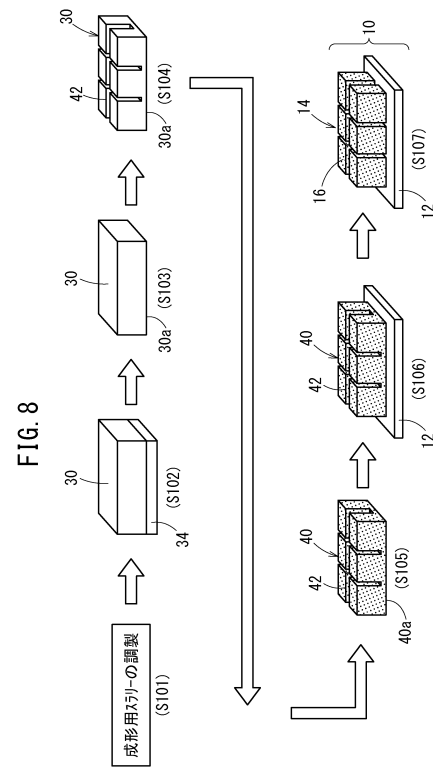
FIG. 6



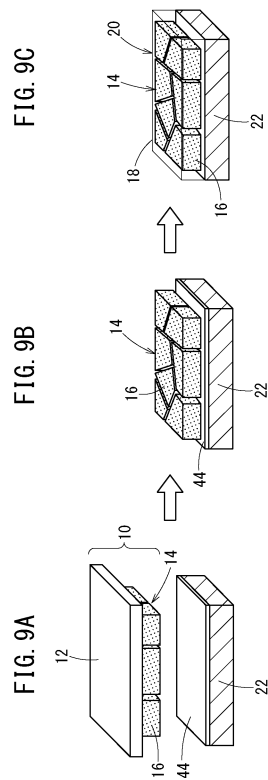
【図 7】



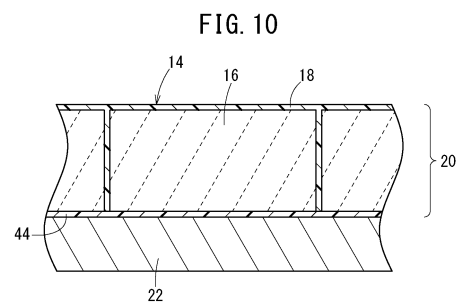
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

FIG. 11A

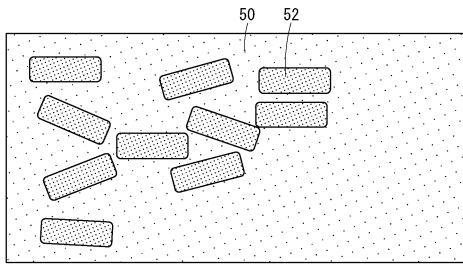
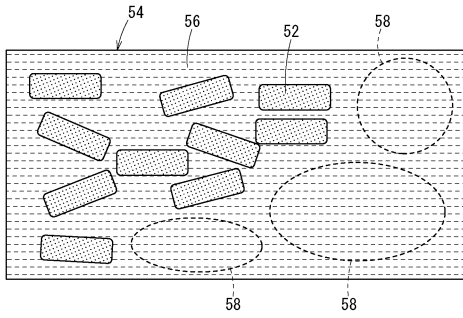


FIG. 11B



---

フロントページの続き

- (72)発明者 織部 晃暢  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
- (72)発明者 富田 崇弘  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
- (72)発明者 小林 博治  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

審査官 岩田 行剛

- (56)参考文献 国際公開第2015/119302(WO, A1)  
特開2006-315368(JP, A)  
特開2014-019163(JP, A)  
特開2008-296431(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B32B 1/00 - 43/00  
C04B 38/00