

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6521683号  
(P6521683)

(45) 発行日 令和1年5月29日 (2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日 (2019.5.10)

(51) Int. Cl.

F I

C O 4 B 37/00 (2006.01)

C O 4 B 37/00 Z A B Z

B O 1 J 35/04 (2006.01)

B O 1 J 35/04 3 O 1 J

B O 1 D 53/94 (2006.01)

B O 1 D 53/94 2 4 1

請求項の数 11 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2015-52489 (P2015-52489)  
 (22) 出願日 平成27年3月16日 (2015.3.16)  
 (65) 公開番号 特開2016-172653 (P2016-172653A)  
 (43) 公開日 平成28年9月29日 (2016.9.29)  
 審査請求日 平成29年11月15日 (2017.11.15)

前置審査

(73) 特許権者 000004064  
 日本碍子株式会社  
 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号  
 (74) 代理人 100088616  
 弁理士 渡邊 一平  
 (74) 代理人 100154829  
 弁理士 小池 成  
 (72) 発明者 山田 敏雄  
 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 平川 敏弘  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハニカム構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の入口側となる入口端面から流体の出口側となる出口端面まで延びる複数のセルを区画形成する多孔質の隔壁と、前記入口端面と前記出口端面とを繋ぐ外周面とを有する複数のハニカムセグメントが、接合材を介して一体的に接合されてなり、

前記複数のハニカムセグメントは、複数の第一ハニカムセグメントと複数の第二ハニカムセグメントとを含み、

前記第一ハニカムセグメントは、前記入口端面と前記出口端面とが四角形であるとともに、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の少なくとも一組の側面が、前記第一ハニカムセグメントの長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面であり、

前記第二ハニカムセグメントは、前記入口端面と前記出口端面とが四角形であるとともに、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の少なくとも一組の側面が、前記第二ハニカムセグメントの長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面であり、

前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な少なくとも1つの方向において、前記凹状側面と前記凸状側面とが対向するように、前記第一ハニカムセグメントと前記第二ハニカムセグメントとが交互に配置されており、

前記凹状側面及び前記凸状側面の湾曲量が、 $2.0 \sim 3.5$  mmであり、且つ、隣接する前記ハニカムセグメントの側面間における前記接合材の厚さが均一であり、

前記複数のセルの前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な断面における形状が、前記ハニカムセグメントの長さ方向において一定であるハニカム構造体。

10

20

## 【請求項 2】

前記第一ハニカムセグメントの二組の側面が何れも凹状に湾曲した凹状側面であり、前記第二ハニカムセグメントの二組の側面が何れも凸状に湾曲した凸状側面であり、前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向において、前記凹状側面と前記凸状側面とが対向するように、前記第一ハニカムセグメントと前記第二ハニカムセグメントとが交互に配置されている請求項1に記載のハニカム構造体。

## 【請求項 3】

流体の入口側となる入口端面から流体の出口側となる出口端面まで延びる複数のセルを区画形成する多孔質の隔壁と、前記入口端面と前記出口端面とを繋ぐ外周面とを有する複数のハニカムセグメントが、接合材を介して一体的に接合されてなり、

10

前記複数のハニカムセグメントは、前記入口端面と前記出口端面とが四角形であるとともに、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面が、その長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面で、他の一組の側面が、その長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面である複数の複合湾曲ハニカムセグメントを含み、

前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向において、前記凹状側面と前記凸状側面とが対向するように、前記複数の複合湾曲ハニカムセグメントが配置されており、

前記凹状側面及び前記凸状側面の湾曲量が、 $2.0 \sim 3.5$  mmであり、且つ、隣接する前記ハニカムセグメントの側面間における前記接合材の厚さが均一であり、

前記複数のセルの前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な断面における形状が、前記ハニカムセグメントの長さ方向において一定であるハニカム構造体。

20

## 【請求項 4】

前記ハニカムセグメントが、所定のセルの前記入口端面側の開口端部及び残余のセルの前記出口端面側の開口端部を目封止する目封止部を有する請求項1～3の何れか一項に記載のハニカム構造体。

## 【請求項 5】

前記隔壁に、触媒成分が担持された請求項1～4の何れか一項に記載のハニカム構造体。

## 【請求項 6】

前記複数のハニカムセグメントが前記接合材を介して一体的に接合された後、外周研削加工が施され、その加工面に外周コート層が形成されている請求項1～5の何れか一項に記載のハニカム構造体。

30

## 【請求項 7】

前記第一ハニカムセグメントの隣り合う2つの凹状側面が交わる角部、及び、前記第二ハニカムセグメントの隣り合う2つの凸状側面が交わる角部の少なくとも一部が面取りされている請求項2に記載のハニカム構造体。

## 【請求項 8】

隣接するハニカムセグメントの側面間における接合材の厚さが均一である請求項1～7の何れか一項に記載のハニカム構造体。

## 【請求項 9】

前記接合材の厚さが、前記凹状側面及び前記凸状側面の湾曲量の2倍以上である請求項1～8の何れか一項に記載のハニカム構造体。

40

## 【請求項 10】

前記ハニカムセグメントのセルが延びる方向に垂直な断面が、直径30 mmの円を包含するような大きさを有する請求項1～9の何れか一項に記載のハニカム構造体。

## 【請求項 11】

前記ハニカム構造体のセルが延びる方向に垂直な断面が、直径200 mmの円を包含するような大きさを有する請求項1～10の何れか一項に記載のハニカム構造体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、ディーゼルエンジンやガソリンエンジンの排ガス中に含まれる粒子状物質を捕集するためのフィルタや触媒を担持して排ガスを浄化するための触媒担体等を使用されるハニカム構造体に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

ディーゼルエンジンやGDI ( Gasoline Direct Injection ) エンジン等のガソリンエンジンの排ガス中には、粒子状物質 ( パティキュレートマター ( PM ) ) が含まれている。このPMは、主にスート ( 煤 ) 等のカーボン微粒子からなるもので、発がん性が認められていることから、大気中に放出されるのを防止する必要がある、厳しい排出規制が課せられている。

10

## 【 0 0 0 3 】

このような厳しい排出規制に対応すべく、PM排出量を低減するための多くの研究が行われているが、PM排出量を燃焼技術の改善によって低減するには限界があり、排気系にフィルタを設置することが、現在、唯一の有効なPM排出量の低減手段となっている。

## 【 0 0 0 4 】

PMを捕集するためのフィルタとしては、圧力損失を許容範囲に抑えつつ、高いPM捕集効率を得られることから、ハニカム構造体を用いたウォールフロー型のものが、広く使用されている。ウォールフロー型フィルタに使用されるハニカム構造体は、排ガスの入口側となる入口端面から排ガスの出口側となる出口端面まで延びる複数のセルを区画形成する多孔質の隔壁を有している。このハニカム構造体に、所定のセルの出口端面側の開口端部及び残余のセルの入口端面側の開口端部を目封止する目封止部を設けることにより、高いPM捕集効率を持ったフィルタが得られる。

20

## 【 0 0 0 5 】

即ち、こうして目封止部を設けたハニカム構造体は、入口端面からセル内に流入した排ガスが、隔壁を透過した後、出口端面からセル外に流出する構造となり、排ガスが隔壁を透過する際に、隔壁が濾過層として機能し、排ガス中に含まれるPMが捕集される。

## 【 0 0 0 6 】

ところで、このようなフィルタを長期間継続して使用するためには、定期的にフィルタに再生処理を施す必要がある。即ち、フィルタ内部に経時的に堆積したPMにより増大した圧力損失を低減させてフィルタ性能を初期状態に戻すため、フィルタ内部に堆積したPMを高温のガスで燃焼させて除去する必要がある。そして、この再生時には、PMの燃焼熱によってフィルタに高い熱応力が発生するため、フィルタが破損することがある。

30

## 【 0 0 0 7 】

また、ハニカム構造体は、触媒を担持して排ガスを浄化するための触媒担体にも広く使用されている。この場合においては、高温の排ガスによる熱衝撃によって高い熱応力が発生するため、触媒担体が破損することがある。

## 【 0 0 0 8 】

従来、こうしたフィルタや触媒担体の破損を防止するための対策として、フィルタや触媒担体全体を1つのハニカム構造体として製造するのではなく、複数個のハニカム形状のセグメント ( ハニカムセグメント ) を接合してフィルタや触媒担体用のハニカム構造体とすることが提案されている。具体的には、複数個のハニカムセグメント間を、弾性率が低く変形し易い接合材で接合一体化したセグメント構造とすることで、再生時にハニカム構造体に作用する熱応力を分散、緩和して、耐熱衝撃性の向上を図っている。

40

## 【 0 0 0 9 】

このようなセグメント構造のハニカム構造体を用いれば、高い耐熱衝撃性を有するフィルタや触媒担体を得られるが、その一方で、セグメント構造のハニカム構造体に特有の新たな問題が生じる。即ち、セグメント構造のハニカム構造体を用いたフィルタや触媒担体には、その使用時における振動や排ガスの圧力 ( 排圧 ) によって、ハニカム構造体を構成しているハニカムセグメントに、移動 ( ずれ ) が生じ易いという問題がある。この問題は

50

、ハニカムセグメントやハニカム構造体のセルが延びる方向に垂直な断面が大きくなればなるほど顕著となる。

【 0 0 1 0 】

この問題を解消するための手段として、特許文献 1 では、長さ方向に対してほぼ垂直な方向に反っているハニカムセグメントを使用することで、排圧に対する抗力を高めることが提案されている。また、特許文献 2 では、ハニカムセグメントの中心軸方向の両端部に位置する箇所における接合材の平均厚さよりも、前記両端部から所定距離だけ離れた地点における接合材の最大厚さを厚くすることが提案されている。この特許文献 2 に記載された手段は、前記問題の解消を目的とするものではないが、接合材の厚さを変化させるためにハニカムセグメントの側面に窪みが形成されており、その結果として、ハニカムセグメントの移動（ずれ）が、ある程度抑制されると考えられる。更に、特許文献 3 では、入口端面の面積が出口端面の面積より小さいハニカムセグメントを使用し、入口端面における接合材の接合幅が、出口端面における接合材の接合幅よりも大きくなるようにすることで、構造強度を高めることが提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 1 】

【特許文献 1】国際公開第 2 0 0 5 / 0 4 7 2 1 0 号

【特許文献 2】国際公開第 2 0 0 6 / 1 2 6 5 0 7 号

【特許文献 3】国際公開第 2 0 0 8 / 0 9 6 5 0 2 号

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

しかし、特許文献 1 ～ 3 で提案された手段によるハニカムセグメント間の接合力の向上には限界があり、厳しい使用条件下で振動や排圧によるハニカムセグメントの移動（ずれ）を十分に抑制できる程の強固な構造を持ったハニカム構造体を得るのは困難であった。また、特許文献 1 ～ 3 で提案された手段は、ハニカム構造体の長さ方向において接合材の厚さ（接合幅）を変化させる必要があるため、組み立てが難しいという問題があった。即ち、ハニカムセグメントの接合工程において、接合材の厚さを均一とするのに比べ、接合材の厚さを部位によって変化するように制御するのは困難であった。

30

【 0 0 1 3 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、組み立て（製造）が容易で、使用時の振動や排圧によるハニカムセグメントの移動（ずれ）を効果的に抑制することが可能なセグメント構造のハニカム構造体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

上記目的を達成するため、本発明によれば、以下のハニカム構造体を提供される。

【 0 0 1 5 】

[ 1 ] 流体の入口側となる入口端面から流体の出口側となる出口端面まで延びる複数のセルを区画形成する多孔質の隔壁と、前記入口端面と前記出口端面とを繋ぐ外周面とを有する複数のハニカムセグメントが、接合材を介して一体的に接合されてなり、前記複数のハニカムセグメントは、複数の第一ハニカムセグメントと複数の第二ハニカムセグメントとを含み、前記第一ハニカムセグメントは、前記入口端面と前記出口端面とが四角形であるとともに、それぞれ対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面の内の少なくとも一組の側面が、前記第一ハニカムセグメントの長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面であり、前記第二ハニカムセグメントは、前記入口端面と前記出口端面とが四角形であるとともに、それぞれ対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面の内の少なくとも一組の側面が、前記第二ハニカムセグメントの長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面であり、前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な少なくとも 1 つの方向において

40

50

、前記凹状側面と前記凸状側面とが対向するように、前記第一ハニカムセグメントと前記第二ハニカムセグメントとが交互に配置されており、前記凹状側面及び前記凸状側面の湾曲量が、 $2.0 \sim 3.5$  mmであり、且つ、隣接する前記ハニカムセグメントの側面間における前記接合材の厚さが均一であり、前記複数のセルの前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な断面における形状が、前記ハニカムセグメントの長さ方向において一定であるハニカム構造体。

【0016】

〔2〕 前記第一ハニカムセグメントの二組の側面が何れも凹状に湾曲した凹状側面であり、前記第二ハニカムセグメントの二組の側面が何れも凸状に湾曲した凸状側面であり、前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向において、前記凹状側面と前記凸状側面とが対向するように、前記第一ハニカムセグメントと前記第二ハニカムセグメントとが交互に配置されている〔1〕に記載のハニカム構造体。

10

【0017】

〔3〕 流体の入口側となる入口端面から流体の出口側となる出口端面まで延びる複数のセルを区画形成する多孔質の隔壁と、前記入口端面と前記出口端面とを繋ぐ外周面とを有する複数のハニカムセグメントが、接合材を介して一体的に接合されてなり、前記複数のハニカムセグメントは、前記入口端面と前記出口端面とが四角形であるとともに、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面が、その長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面で、他の一組の側面が、その長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面である複数の複合湾曲ハニカムセグメントを含み、前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向において、前記凹状側面と前記凸状側面とが対向するように、前記複数の複合湾曲ハニカムセグメントが配置されており、前記凹状側面及び前記凸状側面の湾曲量が、 $2.0 \sim 3.5$  mmであり、且つ、隣接する前記ハニカムセグメントの側面間における前記接合材の厚さが均一であり、前記複数のセルの前記ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な断面における形状が、前記ハニカムセグメントの長さ方向において一定であるハニカム構造体。

20

【0019】

〔4〕 前記ハニカムセグメントが、所定のセルの前記入口端面側の開口端部及び残余のセルの前記出口端面側の開口端部を目封止する目封止部を有する〔1〕～〔3〕の何れかに記載のハニカム構造体。

30

【0020】

〔5〕 前記隔壁に、触媒成分が担持された〔1〕～〔4〕の何れかに記載のハニカム構造体。

【0021】

〔6〕 前記複数のハニカムセグメントが前記接合材を介して一体的に接合された後、外周研削加工が施され、その加工面に外周コート層が形成されている〔1〕～〔5〕の何れかに記載のハニカム構造体。

【0022】

〔7〕 前記第一ハニカムセグメントの隣り合う2つの凹状側面が交わる角部、及び、前記第二ハニカムセグメントの隣り合う2つの凸状側面が交わる角部の少なくとも一部が面取りされている〔2〕に記載のハニカム構造体。

40

【0023】

〔8〕 隣接するハニカムセグメントの側面間における接合材の厚さが均一である〔1〕～〔7〕の何れかに記載のハニカム構造体。

【0024】

〔9〕 前記接合材の厚さが、前記凹状側面及び前記凸状側面の湾曲量の2倍以上である〔1〕～〔8〕の何れかに記載のハニカム構造体。

【0025】

〔10〕 前記ハニカムセグメントのセルが延びる方向に垂直な断面が、直径30 mmの円を包含するような大きさを有する〔1〕～〔9〕の何れかに記載のハニカム構造体。

50

## 【 0 0 2 6 】

[ 1 1 ] 前記ハニカム構造体のセルが延びる方向に垂直な断面が、直径 2 0 0 mm の円を包含するような大きさを有する [ 1 ] ~ [ 1 0 ] の何れかに記載のハニカム構造体。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 7 】

本発明のハニカム構造体は、ハニカムセグメントの形状や配置が特定の条件を満たすように構成されていることにより、強固な構造を有する。このため、このハニカム構造体を、排気系に設置されるフィルタや触媒担体に用いても、フィルタや触媒担体使用時の振動や排圧によるハニカムセグメントの移動（ずれ）が生じ難い。この効果は、特にハニカムセグメントやハニカム構造体のセルが延びる方向に垂直な断面が大きなものであるときに顕著である。また、本発明のハニカム構造体は、その製造に際し、ハニカム構造体の長さ方向において接合材の厚さを変化させるような、組み立てを困難にする工程を要しないため、比較的簡単に製造することができる。

10

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 8 】

【 図 1 】 本発明に係るハニカム構造体の基本構造の一例を示す概略斜視図である。

【 図 2 】 本発明に係るハニカム構造体の実施形態の一例において使用されている第一ハニカムセグメントの概略図であり、（ a ）は正面図、（ b ）は平面図（上面図）、（ c ）は側面図、（ d ）は下面図である。

【 図 3 】 本発明に係るハニカム構造体の実施形態の一例において使用されている第二ハニカムセグメントの概略図であり、（ a ）は正面図、（ b ）は平面図（上面図）、（ c ）は側面図、（ d ）は下面図である。

20

【 図 4 】 本発明に係るハニカム構造体の実施形態の他の一例において使用されている第一ハニカムセグメントの概略図であり、（ a ）は正面図、（ b ）は平面図（上面図）、（ c ）は側面図、（ d ）は下面図である。

【 図 5 】 本発明に係るハニカム構造体の実施形態の他の一例において使用されている第二ハニカムセグメントの概略図であり、（ a ）は正面図、（ b ）は平面図（上面図）、（ c ）は側面図、（ d ）は下面図である。

【 図 6 】 本発明に係るハニカム構造体の実施形態の更に他の一例において使用されている複合湾曲ハニカムセグメントの概略図であり、（ a ）は正面図、（ b ）は平面図（上面図）、（ c ）は側面図、（ d ）は下面図である。

30

【 図 7 】 第一ハニカムセグメントと第二ハニカムセグメントとの配置状態を示す概略断面図である。

【 図 8 】 複合湾曲ハニカムセグメントの配置状態を示す概略断面図である。

【 図 9 】 凹状側面の湾曲量の測定方法を示す概略説明図である。

【 図 1 0 】 凸状側面の湾曲量の測定方法を示す概略説明図である。

【 図 1 1 】 凹状側面を有するハニカムセグメントの概略断面図である。

【 図 1 2 】 凸状側面を有するハニカムセグメントの概略断面図である。

【 図 1 3 】 凹状側面を有するハニカムセグメントに目封止部を形成した状態を示す概略断面図である。

40

【 図 1 4 】 凸状側面を有するハニカムセグメントに目封止部を形成した状態を示す概略断面図である。

【 図 1 5 】 参考例 1 ~ 5、実施例 6 ~ 9 におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。

【 図 1 6 】 参考例 1 0 及び実施例 1 1 におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。

【 図 1 7 】 参考例 1 2 及び実施例 1 3 におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。

【 図 1 8 】 参考例 1 4 ~ 1 8 , 2 3、実施例 1 9 ~ 2 2 , 2 4 ~ 2 7 におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。

50

【図 19】参考例 28 ~ 32、実施例 33 ~ 36 におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明を具体的な実施形態に基づき説明するが、本発明は、それらの実施形態に限定されて解釈されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、適宜設計の変更、改良等を加え得るものである。

【0030】

(1) ハニカム構造体：

図 1 に示すように、本発明に係るハニカム構造体 1 は、複数個のハニカムセグメント 2 が、接合材 12 を介して一体的に接合されたものである。各ハニカムセグメント 2 は、流体の入口側となる入口端面から流体の出口側となる出口端面まで延びる複数のセル 10 を区画形成する多孔質の隔壁 11 と、前記入口端面と前記出口端面とを繋ぐ外周面とを有する。尚、図 1 において、ハニカムセグメントの隔壁部分の描画は、一部のハニカムセグメントを除いて省略してある。

【0031】

本発明に係るハニカム構造体の実施形態の一例（以下、「第一の実施形態」という。）においては、ハニカム構造体 1 を構成する複数個のハニカムセグメント 2 が、複数個の第一ハニカムセグメント 2 a と複数個の第二ハニカムセグメント 2 b とを含む。図 2 及び図 3 は、それぞれ、第一の実施形態において使用される第一ハニカムセグメント 2 a と第二ハニカムセグメント 2 b との概略図である。これら図 2 及び図 3 において、(a) は正面図、(b) は平面図（上面図）、(c) は側面図、(d) は下面図である。図 2 に示すように、第一ハニカムセグメント 2 a は、入口端面 3 と出口端面 4 とが四角形であり、それぞれ対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面（合計 4 つの側面 5 a ~ 5 d）によって外周面が形成されている。そして、この第一ハニカムセグメント 2 a では、これら二組の側面の内の一組の側面 5 a, 5 b が、第一ハニカムセグメント 2 a の長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面 6 となっている。また、図 3 に示すように、第二ハニカムセグメント 2 b も、第一ハニカムセグメント 2 a と同様に、入口端面 3 と出口端面 4 とが四角形であり、それぞれ対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面（合計 4 つの側面 5 a ~ 5 d）によって外周面が形成されている。そして、第二ハニカムセグメント 2 b では、前記二組の側面の内の一組の側面 5 a, 5 b が、前記第二ハニカムセグメント 2 b の長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面 7 となっている。尚、本発明において、「凹状」とは、ハニカムセグメントの内方に窪んだ状態であり、「凸状」とは、ハニカムセグメントの外方に突出した状態である。凹状側面及び凸状側面の具体的な湾曲形状としては、特に制限はないが、円弧状、楕円弧状、放物線状等が好ましく、製作が容易であることから円弧状が特に好ましい。また、ハニカムセグメントの長さ方向は、ハニカムセグメントの両端面を結ぶ方向である。また、凹状側面の曲率と凸状側面の曲率は、同一であることが好ましい。また、側面が「長さ方向において凹状に湾曲する」というときは、側面を、「長さ方向に平行な直線で、側面が湾曲していないと仮定したときの仮の側面に直交するように」切断したときの切断部分の形状が、凹状に湾曲した形状になっていることを意味する。また、側面が「長さ方向において凸状に湾曲する」というときも、同様である。

【0032】

図 7 に示すように、第一ハニカムセグメント 2 a と第二ハニカムセグメント 2 b とは、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な 1 つの方向（図 1 の X 方向又は Y 方向）において、凹状側面 6 と凸状側面 7 とが対向するように、交互に配置されている。このように、第一ハニカムセグメント 2 a の凹状側面 6 と第二ハニカムセグメント 2 b の凸状側面 7 という相補的な形状を有する側面同士が対向するように配置されることにより、両側面が嵌合した状態となる。また、ハニカムセグメント同士の接合面となる側面が湾曲していることにより、側面が平面である場合に比べて接合面積が大きくなる。その結果、隣接する第一ハニカムセグメント 2 a と第二ハニカムセグメント 2 b との固定力が高まり、強固

な構造を有するハニカム構造体が形成される。このため、本発明のハニカム構造体は、ディーゼルエンジンやガソリンエンジン等の排気系に設置されるフィルタや触媒担体に用いても、フィルタや触媒担体使用時の振動や排圧によるハニカムセグメントの移動（ずれ）が生じ難い。

#### 【0033】

また、第一ハニカムセグメント2aの凹状側面6と第二ハニカムセグメント2bの凸状側面7という相補的な形状を有する側面同士が対向するように配置されることにより、接合材12の厚さを均一にすることができる。即ち、特許文献1～3に記載されたハニカム構造体のように、製造に際し、ハニカム構造体の長さ方向において接合材の厚さを変化させるような、組み立てを困難にする工程を要しないため、比較的簡単に製造することができる。

10

#### 【0034】

次に、本発明に係るハニカム構造体の実施形態の他の一例（以下、「第二の実施形態」という。）について説明する。図4及び図5は、それぞれ、第二の実施形態において使用される第一ハニカムセグメント2aと第二ハニカムセグメント2bとの概略図である。これら図4及び図5において、（a）は正面図、（b）は平面図（上面図）、（c）は側面図、（d）は下面図である。図4に示すように、第一ハニカムセグメント2aは、入口端面3と出口端面4とが四角形であり、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面（合計4つの側面5a～5d）によって外周面が形成されている。そして、第一ハニカムセグメント2aでは、これら二組の側面5a、5bと5c、5dとが何れも第一ハニカムセグメント2aの長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面6となっている。また、図5に示すように、第二ハニカムセグメント2bも、第一ハニカムセグメント2aと同様に、入口端面3と出口端面4とが四角形であり、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面（合計4つの側面5a～5d）によって外周面が形成されている。そして、第二ハニカムセグメント2bでは、前記二組の側面5a、5bと5c、5dとが何れも第二ハニカムセグメント2bの長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面7となっている。

20

#### 【0035】

図7に示すように、第一ハニカムセグメント2aと第二ハニカムセグメント2bとは、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向（図1のX方向及びY方向）において、凹状側面6と凸状側面7とが対向するように、交互に配置されている。このように、第一ハニカムセグメント2aの凹状側面6と第二ハニカムセグメント2bの凸状側面7という相補的な形状を有する側面同士が対向するように配置されることにより、両側面が嵌合した状態となる。この第二の実施形態でも、第一の実施形態と基本的に同様の効果が得られる。但し、この第二の実施形態では、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向において、凹状側面6と凸状側面7とが嵌合した状態となるため、第一の実施形態に比べ、更に強固な構造を有するハニカム構造体が形成される。

30

#### 【0036】

尚、第一ハニカムセグメント2aと第二ハニカムセグメント2bとの配置間隔を近づけすぎると、それらハニカムセグメントの端面の対角線方向において隣接する第一ハニカムセグメント2a同士及び第二ハニカムセグメント2b同士が角部で干渉する場合がある。ここで言う「角部」とは、第一ハニカムセグメント2aの場合は、隣り合う（対向していない）2つの凹状側面6が交わる（接する）部位であり、第二ハニカムセグメント2bの場合は、隣り合う（対向していない）2つの凸状側面7が交わる（接する）部位である。このような干渉を防止するため、第二の実施形態においては、第一ハニカムセグメント2aの隣り合う2つの凹状側面6が交わる角部、及び、第二ハニカムセグメント2bの隣り合う2つの凸状側面7が交わる角部の少なくとも一部が面取りされていることが好ましい。角部の面取りは、R面取りでもよいし、C面取りでもよい。

40

#### 【0037】

次いで、本発明に係るハニカム構造体の実施形態の更に他の一例（以下、「第三の実施形態」という。）について説明する。第三の実施形態においては、ハニカム構造体を構成

50



する複数個のハニカムセグメント 2 が、複数個の複合湾曲ハニカムセグメント 2 c を含む。図 6 は、第三の実施形態において使用される複合湾曲ハニカムセグメント 2 c の概略図である。この図 6 において、( a ) は正面図、( b ) は平面図 ( 上面図 )、( c ) は側面図、( d ) は下面図である。図 6 に示すように、複合湾曲ハニカムセグメント 2 c は、入口端面 3 と出口端面 4 とが四角形であり、それぞれ対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面 ( 合計 4 つの側面 5 a ~ 5 d ) によって外周面が形成されている。そして、この複合湾曲ハニカムセグメント 2 c では、これら二組の側面の内の一組の側面 5 a , 5 b が、複合湾曲ハニカムセグメント 2 c の長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面 6 となっている。また、この複合湾曲ハニカムセグメント 2 c では、他の一組の側面 5 c , 5 d が、複合湾曲ハニカムセグメント 2 c の長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面 7 となっている。即ち、この実施形態で使用される複合湾曲ハニカムセグメント 2 c は、凹状側面 6 と凸状側面 7 との両方を有している。

10

#### 【 0 0 3 8 】

図 8 に示すように、複数の複合湾曲ハニカムセグメント 2 c は、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な 2 つの方向 ( 図 1 の X 方向及び Y 方向 ) において、凹状側面 6 と凸状側面 7 とが対向するように配置されている。即ち、隣接する複合湾曲ハニカムセグメント同士の関係において、一方の複合湾曲ハニカムセグメント 2 c の凹状側面 6 と他方の複合湾曲ハニカムセグメント 2 c の凸状側面 7 という相補的な形状を有する側面同士が対向するように配置されている。このように配置されることにより、一方の複合湾曲ハニカムセグメント 2 c の凹状側面 6 と他方の複合湾曲ハニカムセグメント 2 c の凸状側面 7 とが嵌合した状態となる。この第三の実施形態でも、第一の実施形態と基本的に同様の効果が得られる。但し、この第三の実施形態では、第二の実施形態と同様に、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な 2 つの方向において、凹状側面 6 と凸状側面 7 とが嵌合した状態となるため、第一の実施形態に比べ、更に強固な構造を有するハニカム構造体が形成される。また、第三の実施形態では、第一及び第二の実施形態のように、形状の異なるハニカムセグメント ( 第一ハニカムセグメントと第二ハニカムセグメント ) の組み合わせではなく、同一形状のハニカムセグメント ( 複合湾曲ハニカムセグメント ) のみで、同様の効果が得られる。

20

#### 【 0 0 3 9 】

尚、第一及び第二の実施形態において、ハニカム構造体 1 を構成する複数個のハニカムセグメント 2 には、第一ハニカムセグメント 2 a 及び第二ハニカムセグメント 2 b 以外のハニカムセグメントが含まれていてもよい。同様に、第三の実施形態において、ハニカム構造体 1 を構成する複数個のハニカムセグメント 2 には、複合湾曲ハニカムセグメント 2 c 以外のハニカムセグメントが含まれていてもよい。例えば、後述するハニカム構造体の外周研削加工により、加工後のハニカム構造体の最外周に位置するハニカムセグメントは、それ以外のハニカムセグメントとは異なる形状を呈するようになる場合がある。このような場合、最外周に位置するハニカムセグメントは、第一ハニカムセグメント、第二ハニカムセグメント及び複合湾曲ハニカムセグメントの何れとも異なるものとなるが、そのようなハニカムセグメントを含むハニカム構造体も本発明に含まれる。また、ハニカム構造体 1 を構成するハニカムセグメント 2 の一部は、側面が湾曲していない、通常の四角柱状のハニカムセグメントであってもよい。

30

40

#### 【 0 0 4 0 】

本発明のハニカム構造体を排気系に設置されるフィルタや触媒担体に用いた場合において、その使用時の振動や排圧によるハニカムセグメントの移動 ( ずれ ) を抑制する効果は、特にハニカムセグメントやハニカム構造体のセルが延びる方向に垂直な断面が大きなものであるときに顕著である。このため、何れの実施形態においても、ハニカムセグメント 2 のセル 1 0 が延びる方向に垂直な断面が、直径 3 0 mm の円を包含するような大きさを有することが好ましい。また、ハニカム構造体 1 のセル 1 0 が延びる方向に垂直な断面が、直径 2 0 0 mm の円を包含するような大きさを有することが好ましい。

#### 【 0 0 4 1 】

50

また、何れの実施形態においても、隔壁によって区画形成された複数のセルのハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な断面における形状（以下、「セル形状」という。）は、ハニカムセグメントの長さ方向において一定である。即ち、図 11 のような凹状側面 6 を有するハニカムセグメント 2 においても、図 12 のような凸状側面 7 を有するハニカムセグメント 2 においても、隔壁 11 は、湾曲することなく、ハニカムセグメントの長さ方向と平行に延びている。このため、何れのセル 10 も、セル形状がハニカムセグメント 2 の長さ方向において変化することなく、一定である。このように、複数のセル 10 のセル形状が、ハニカムセグメント 2 の長さ方向において一定であることにより、セル 10 内を通過する流体の通気抵抗が抑えられ、ハニカム構造体の圧力損失の上昇を抑制できる。

【0042】

更に、何れの実施形態においても、凹状側面 6 及び凸状側面 7 の湾曲量は、 $2.0 \sim 3.5$  mm であり、 $2.0 \sim 3$  mm であることが好ましい。ここで、「湾曲量」とは、凹状側面及び／又は凸状側面を有するハニカムセグメントを、以下のように平板上に載置して測定される値である。凹状側面の湾曲量については、図 9 のように、ハニカムセグメント 2 の凹状側面 6 が平板 15 の表面と対向するように、ハニカムセグメント 2 を平板 15 上に載置して、平板 15 と凹状側面 6 との最大距離 D を測定し、それを凹状側面 6 の湾曲量とする。また、凸状側面の湾曲量については、図 10 のように、ハニカムセグメント 2 の凸状側面 7 が平板 15 の表面と対向するように、ハニカムセグメント 2 を平板 15 上に載置して、平板 15 と凸状側面 7 との最大距離 D を測定し、それを凸状側面 7 の湾曲量とする。図 9 及び図 10 のようにハニカムセグメント 2 を平板 15 上に載置する時には、ハニカムセグメント 2 のセルが延びる方向と平板 15 の表面とが平行になるようにすることが必要である。尚、隣り合う 2 つの凸状側面が交わる角部が R 面取り又は C 面取りされている場合は、凸状側面と R 面取り部分又は C 面取り部分との境界となる部分で測定する。凹状側面 6 及び凸状側面 7 の湾曲量が、 $2.0$  mm 未満では、振動や排圧によるハニカムセグメントの移動を十分に抑制することができないことがある。また、凹状側面 6 及び凸状側面 7 の湾曲量が、 $3.5$  mm を超えると、ハニカム構造体 1 の圧力損失が増大し、エンジンの排気系に設置される PM 捕集用フィルタとして用いた場合に、エンジンの出力低下を招くことがある。

【0043】

本発明のハニカム構造体 1 を構成するハニカムセグメント 2 の材質は、コージェライト、炭化珪素、ムライト、アルミニウムチタネート、ゼオライト、バナジウム及びアルミナからなる群より選択される少なくとも一種を主成分とするものであることが好ましい。ここで、「主成分」とは、全体の中の 50 質量 % を超える成分を意味する。

【0044】

ハニカムセグメント 2 の隔壁 11 の平均細孔径は、 $5 \sim 100 \mu\text{m}$  であることが好ましく、 $8 \sim 50 \mu\text{m}$  であることが特に好ましい。隔壁 11 の平均細孔径が  $5 \mu\text{m}$  未満では、ハニカム構造体 1 の圧力損失が増大し、エンジンの排気系に設置される PM 捕集用フィルタとして用いた場合に、エンジンの出力低下を招くことがある。また、隔壁 11 の平均細孔径が  $100 \mu\text{m}$  を超えると、十分な強度が得られないことがある。尚、ここで言う「平均細孔径」は、水銀ポロシメータによって測定された値である。

【0045】

ハニカムセグメント 2 の隔壁 11 の気孔率は、 $30 \sim 80 \%$  であることが好ましく、 $35 \sim 75 \%$  であることが特に好ましい。隔壁 11 の気孔率が 30 % 未満では、ハニカム構造体 1 の圧力損失が増大し、エンジンの排気系に設置される PM 捕集用フィルタとして用いた場合に、エンジンの出力低下を招くことがある。また、隔壁 11 の気孔率が 80 % を超えると、十分な強度が得られないことがある。尚、ここで言う「気孔率」は、水銀ポロシメータによって測定された値である。

【0046】

ハニカムセグメント 2 の隔壁 11 の厚さは、 $40 \sim 600 \mu\text{m}$  であることが好ましく、 $100 \sim 400 \mu\text{m}$  であることが特に好ましい。隔壁 11 の厚さが  $40 \mu\text{m}$  未満であると

10

20

30

40

50

、十分な強度が得られないことがある。また、隔壁 11 の厚さが 600  $\mu\text{m}$  を超えると、ハニカム構造体 1 の圧力損失が増大し、エンジンの排気系に設置される PM 捕集用フィルタとして用いた場合に、エンジンの出力低下を招くことがある。

#### 【0047】

本発明において、複数個のハニカムセグメント 2 を一体的に接合している接合材 12 の厚さは、0.05 ~ 8.0 mm であることが好ましい。また、隣接するハニカムセグメントの側面間における接合材 12 の厚さは、均一である。更に、接合材 12 の厚さは、凹状側面及び凸状側面の湾曲量の 2 倍以上であることが好ましい。このように接合材 12 の厚さを、ある程度厚くすることで、前記のような、ハニカムセグメント同士の角部の干渉を生じ難くすることができる。接合材 12 の材質は、特に制限されないが、例えば、炭化珪素、アルミナ、窒化珪素等のセラミック粒子や無機繊維が、コロイダルシリカ、コロイダルアルミナにより結合されたものを好適例として挙げるができる。このような材質の接合材は、ハニカム構造体に熱応力が生じた際に、その熱応力を効果的に緩和することができる。

#### 【0048】

本発明のハニカム構造体 1 の形状（外形）は、特に限定されず、例えば、円柱状、楕円柱状、多角柱状等の形状とすることができる。尚、本発明のハニカム構造体においては、所望の形状を得るために、複数個のハニカムセグメントを接合材で接合した後、外周研削加工を施すことが好ましい。この外周研削加工により、加工後のハニカム構造体の最外周に位置するハニカムセグメントは、それ以外のハニカムセグメント（以下、「完全セグメント」という。）とは異なる形状を呈するようになる。即ち、ハニカム構造体の最外周に位置するハニカムセグメントは、外周研削加工により、その一部が除去されるため、完全ハニカムセグメントから、その除去された部分を欠いた形状となる。外周研削加工後の加工面（ハニカム構造体の外周面）は、セルが露出した状態になっているので、図 1 に示すように、その加工面に外周コート層 13 を形成することが好ましい。外周コート層 13 の形成材料には、接合材の形成材料と同じ材料を用いることが好ましい。

#### 【0049】

本発明においては、ハニカムセグメントのセル形状も特に限定されないが、四角形、六角形、八角形等の多角形あるいはそれらを組み合わせたもの、例えば四角形と八角形を組み合わせたもの等が好ましい。

#### 【0050】

本発明のハニカム構造体を PM 捕集用フィルタに用いる場合には、図 13 及び図 14 に示すように、所定のセル 10a の入口端面 3 側の開口端部及び残余のセル 10b の出口端面 4 側の開口端部を目封止する目封止部 14 を形成することが好ましい。このように、ハニカムセグメント 2 の各セル 10 の一方の開口端部を目封止部 14 にて目封止することにより、ハニカム構造体は、高い PM 捕集効率を持ったウォールフロー型フィルタとなる。このウォールフロー型フィルタにおいては、入口端面 3 からセル 10（10b）内に流入した排ガスが、隔壁 11 を透過した後、出口端面 4 からセル 10（10a）外に流出する。そして、排ガスが隔壁 11 を透過する際に、隔壁 11 が濾過層として機能し、排ガス中に含まれる PM が捕集される。尚、目封止部 14 は、入口端面 3 と出口端面 4 とが、それぞれ、目封止部 14 によって開口端部が目封止されたセル 10 と、目封止部 14 によって開口端部が目封止されていないセル 10 とにより、市松模様を呈するような配置となるように形成されることが好ましい。

#### 【0051】

目封止部 14 の材質は、ハニカムセグメント 2 の材質として好ましいとされた材質であることが好ましい。目封止部 14 の材質とハニカムセグメント 2 の材質とは、同じ材質であってもよいし、異なる材質であってもよい。

#### 【0052】

本発明のハニカム構造体 1 を構成するハニカムセグメント 2 は、隔壁 11 に、触媒成分が担持されたものであってもよい。触媒成分の種類は特に限定されないが、例えば、自動

車排ガス浄化用途に用いる場合、貴金属を用いることが好ましい。貴金属としては、白金、ロジウム若しくはパラジウム、又はこれらを組み合わせたものが好ましい。

【0053】

貴金属等の触媒成分は、隔壁11に高分散状態で担持させるため、予めアルミナのような比表面積の大きな耐熱性無機酸化物に一旦担持させた後、ハニカム構造体1の隔壁11に担持させることが好ましい。尚、触媒成分を担持させる耐熱性無機酸化物としては、アルミナ以外に、用途によってはゼオライト等を用いることもできる。また、貴金属等の触媒成分は、セリア、ジルコニア、あるいはこれらの複合酸化物等からなる助触媒に固定化した上で、ハニカム構造体1の隔壁11に担持させてもよい。

【0054】

10

(2) ハニカム構造体の製造方法：

本発明に係るハニカム構造体の製造方法の一例について説明する。まず、ハニカムセグメントを作製するために、セラミック原料を含有する成形原料を作製する。成形原料に含有されるセラミック原料としては、コーージェライト化原料、コーージェライト、炭化珪素、珪素-炭化珪素系複合材料、ムライト、チタン酸アルミニウム、ゼオライト、バナジウムからなる群から選択される少なくとも1種が好ましい。尚、コーージェライト化原料とは、シリカが42～56質量%、アルミナが30～45質量%、マグネシアが12～16質量%の範囲に入る化学組成となるように配合されたセラミック原料である。コーージェライト化原料は、焼成されることにより、コーージェライトとなる。

【0055】

20

成形原料は、前記のようなセラミック原料に、分散媒、有機バインダ、無機バインダ、造孔材、界面活性剤等を混合して調製することが好ましい。各原料の組成比は、特に限定されず、作製しようとするハニカム構造体の構造、材質等に合わせた組成比とすることが好ましい。

【0056】

次に、成形原料を混練して坯土を形成する。成形原料を混練して坯土を形成する方法には、特に制限はない。好適な方法としては、例えば、ニーダー、真空土練機等を用いる方法を挙げることができる。

【0057】

次いで、坯土を押出成形してハニカム成形体を作製する。ここで、押出成形するハニカム成形体は、両端面が合同な四角形である四角柱状の外形を有するものである。続いて、このハニカム成形体の所定の側面を湾曲させる。例えば、前記第一の実施形態における第一ハニカムセグメントを作製する場合には、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面を、凹状に湾曲させる。前記第一の実施形態における第二ハニカムセグメントを作製する場合には、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面を、凸状に湾曲させる。前記第二の実施形態における第一ハニカムセグメントを作製する場合には、4つの側面すべてを凹状に湾曲させる。前記第二の実施形態における第二ハニカムセグメントを作製する場合には、4つの側面すべてを凸状に湾曲させる。前記第三の実施形態における複合湾曲ハニカムセグメントを作製する場合には、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面を、凹状に湾曲させ、他の一組の側面を、凸状に湾曲させる。

30

40

【0058】

ハニカム成形体の所定の側面を湾曲させる方法は特に限定はされない。但し、本発明においては、前記のとおり、隔壁によって区画形成された複数のセルのセル形状が、ハニカムセグメントの長さ方向において一定である必要がある。このため、セルの断面の形状を変化させずに、側面を湾曲させることが可能な方法、即ち、側面を湾曲させても、隔壁は湾曲しない方法を用いる必要がある。

【0059】

ハニカム成形体の所定の側面を凹状又は凸状に湾曲させる好適な方法としては、ハニカム成形体の所定の側面に、外周コート材を凹状又は凸状になるように塗工する方法が挙げ

50

られる。例えば、ハニカム成形体の所定の側面に、外周コート材をヘラで塗工し、その塗工時のヘラの押し付け加減を調節することにより、外周コート材の表面を凹状又は凸状に湾曲させる。あるいは、ハニカム成形体の所定の側面に、外周コート材を平面状に塗工し、その後、外周コート材の表面にヘラを押し付けて、外周コート材の表面を凹状又は凸状に湾曲させる。また、3Dプリンターを用いて、ハニカム成形体の所定の側面に、外周コート材を凹状又は凸状になるように塗工してもよい。また、ハニカム成形体の外壁を、目標とする湾曲量よりも厚くなるように形成しておき、その後、回転砥石やサンドブラストにより、その外壁の表面を凹状又は凸状になるように研削する方法を用いてもよい。あるいは、カッターの刃や細い（例えば直径0.5mm程度）ステンレス製の針金などでハニカム成形体の外壁の一部を切断することにより、その外壁の表面を凹状又は凸状になるようにしてもよい。

10

#### 【0060】

こうして所定の側面を凹状又は凸状に湾曲させた後、ハニカム成形体を乾燥する。乾燥方法は、特に限定されるものではない。好適な乾燥方法としては、例えば、熱風乾燥、マイクロ波乾燥、誘電乾燥、減圧乾燥、真空乾燥、凍結乾燥等を挙げることができる。これらの内でも、誘電乾燥、マイクロ波乾燥、熱風乾燥を単独で又は組合せて行うことが好ましい。尚、側面が湾曲していないハニカム成形体を、これらの方法で乾燥した後、所定の側面に外周コート材を塗工し、その外周コート材の表面を凹状又は凸状に湾曲させた後、再度乾燥を行ってもよい。

#### 【0061】

20

次に、乾燥後のハニカム成形体（ハニカム乾燥体）を焼成して、ハニカムセグメントを作製する。尚、この焼成（本焼成）の前に、ハニカム成形体中に含まれているバインダ等を除去するため、仮焼（脱脂）を行うことが好ましい。仮焼の条件は、特に限定されるものではなく、ハニカム成形体中に含まれている有機物（有機バインダ、界面活性剤、造孔材等）を除去することができるといえるような条件であればよい。一般に、有機バインダの燃焼温度は100～300程度、造孔材の燃焼温度は200～800程度である。そのため、仮焼の条件としては、酸化雰囲気において、200～1000程度で、3～100時間程度加熱することが好ましい。ハニカム成形体を焼成（本焼成）する条件（温度、時間、雰囲気等）は、成形原料の種類により異なるため、その種類に応じて適当な条件を選択すればよい。例えば、コーゼライト化原料を使用している場合には、焼成温度は、1410～1440が好ましい。また、焼成時間は、最高温度でのキープ時間として、4～8時間が好ましい。仮焼、本焼成を行う装置は、特に限定されない。好適な装置としては、例えば、電気炉、ガス炉等を挙げることができる。

30

#### 【0062】

目封止部を備えるハニカム構造体を作製する場合には、ハニカムセグメントに目封止部を形成する。目封止部は、所定のセルの一方の端面（入口端面）側の開口端部及び残余のセルの他方の端面（出口端面）側の開口端部を目封止するように形成する。この目封止部の形成には、従来公知の方法を用いることができる。具体的な方法の一例としては、まず、前記のような方法で作製したハニカムセグメントの端面にシートを貼り付ける。次いで、このシートの、目封止部を形成しようとするセルに対応した位置に穴を開ける。次に、このシートを貼り付けたままの状態、目封止部の形成材料をスラリー化した目封止用スラリーに、ハニカムセグメントの端面を浸漬し、シートに開けた孔を通じて、目封止しようとするセルの開口端部内に目封止用スラリーを充填する。こうして充填した目封止用スラリーを乾燥した後、焼成して硬化させることにより、目封止部が形成される。目封止部の形成材料には、ハニカムセグメントの形成材料と同じ材料を用いることが好ましい。尚、目封止部の形成は、ハニカム成形体の乾燥後、仮焼後あるいは焼成（本焼成）後の何れの段階で行ってもよい。

40

#### 【0063】

このようにして、凹状側面を有する第一ハニカムセグメント、凸状側面を有する第二ハニカムセグメント、凹状側面と凸状側面とを有する複合湾曲ハニカムセグメントを、それ

50

ぞれ作製する。

【0064】

次に、得られた各ハニカムセグメントの側面に、スラリー状の接合材を塗布し、その接合材により、ハニカムセグメントの側面同士が接合されるように、複数個のハニカムセグメントを組み合わせる。ここで、前記第一の実施形態のハニカム構造体を作製する場合においては、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な1つの方向において、凹状側面と凸状側面とが対向するように、第一ハニカムセグメントと第二ハニカムセグメントとを交互に組み合わせる。また、前記第二の実施形態のハニカム構造体を作製する場合においては、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向において、凹状側面と凸状側面とが対向するように、第一ハニカムセグメントと第二ハニカムセグメントとを交互に組み合わせる。また、前記第三の実施形態のハニカム構造体を作製する場合においては、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な2つの方向において、凹状側面と凸状側面とが対向するように、複合湾曲ハニカムセグメント同士を組み合わせる。複数個のハニカムセグメントをこのように組み合わせ、接合材を加熱乾燥させることにより、複数個のハニカムセグメントが接合材を介して接合一体化されたハニカム構造体を得られる。

10

【0065】

接合材としては、例えば、無機繊維、コロイダルシリカ、粘土、セラミック粒子等の無機原料に、有機バインダ、発泡樹脂、分散剤等の添加材と水とを加えて混練し、スラリー状としたものが、好適に使用できる。接合材をハニカムセグメントの側面に塗布する方法は、特に限定されず、刷毛塗り等の方法を用いることができる。

20

【0066】

複数個のハニカムセグメントを接合材によって接合した後、必要に応じて、得られたハニカム構造体の外周部分に研削加工を施し、円柱状等の所望の形状とする。この場合、研削加工後の外周部分（加工面）に、外周コート層を形成することが好ましい。

【0067】

外周コート層は、研削加工後のハニカム構造体の加工面に、外周コート材を塗布することにより形成される。外周コート材としては、無機繊維、コロイダルシリカ、粘土、セラミック粒子等の無機原料に、有機バインダ、発泡樹脂、分散剤等の添加材と水とを加えて混練し、スラリー状としたものが好適に使用できる。外周コート材をハニカム構造体の加工面に塗布する方法は、特に限定されない。好適な方法としては、例えば、研削加工後のハニカム構造体をろくろ上で回転させながら、その加工面に、外周コート材をゴムヘラなどでコーティングする方法を挙げることができる。

30

【実施例】

【0068】

以下、本発明を実施例に基づいて更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0069】

（参考例1）

SiC粉末80質量部と、金属Si粉末20質量部とを混合してセラミック原料を得た。得られたセラミック原料に、造孔材、バインダ、界面活性剤、及び水を加えて、成形原料を作製し、それを混練して坯土を得た。造孔材としては澱粉を用いた。また、バインダとしては、メチルセルロース及びヒドロキシプロポキシルメチルセルロースを用いた。界面活性剤としては、ラウリン酸ナトリウムを用いた。各原料の添加量は、セラミック原料100質量部に対して、造孔材5質量部、メチルセルロース3質量部、ヒドロキシプロポキシルメチルセルロース3質量部、界面活性剤1質量部、水32質量部とした。

40

【0070】

得られた坯土を、ハニカム成形体成形用口金を用いて押出成形し、両端面が合同な四角形である四角柱状の外形を有するハニカム成形体を得た。こうして得られたハニカム成形体の、それぞれ対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面に、外周コート材をヘラで塗工した。ここで、この塗工時のヘラの押し付け加減を調節することによ

50

り、外周コート材の表面を凹状に湾曲させたものと凸状に湾曲させたものとをそれぞれ複数個作製し、前者を第一ハニカムセグメント用成形体、後者を第二ハニカムセグメント用成形体とした。その後、これらの成形体をマイクロ波及び熱風で乾燥することにより、第一ハニカムセグメント用成形体からは第一ハニカムセグメント用乾燥体を得、第二ハニカムセグメント用成形体からは第二ハニカムセグメント用乾燥体を得た。

#### 【0071】

次いで、これら乾燥体の各セルの一方の開口端部に、目封止部を形成した。目封止部の形成は、開口端部に目封止部が形成されたセルと、開口端部に目封止部が形成されていないセルとによって、乾燥体の各端面が、市松模様を呈するようになった。目封止部の形成方法としては、まず、乾燥体の端面にシートを貼り付け、このシートの、目封止部を形成しようとするセルに対応した位置に穴を開けた。続いて、このシートを貼り付けたままの状態、目封止部の形成材料をスラリー化した目封止用スラリーに、乾燥体の端面を浸漬し、シートに開けた孔を通じて、目封止しようとするセルの開口端部内に目封止用スラリーを充填した。尚、目封止部の形成材料には、前記成形原料と同じものを用いた。

#### 【0072】

こうして、セルの開口端部内に充填した目封止用スラリーを乾燥した後、これらの乾燥体を、大気雰囲気にて約400℃で仮焼(脱脂)した。その後、Ar不活性雰囲気にて約1450℃で焼成することにより、第一ハニカムセグメント用乾燥体からは第一ハニカムセグメントを得、第二ハニカムセグメント用乾燥体からは第二ハニカムセグメントを得た。こうして得られた第一ハニカムセグメントは、図2に示す形状、即ち、対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面が、第一ハニカムセグメントの長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面となっており、他の一組の側面は平面となっている。また、第二ハニカムセグメントは、図3に示す形状、即ち、対向する2つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面が、第二ハニカムセグメントの長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面となっており、他の一組の側面は平面となっている。第一ハニカムセグメントは、その長さ方向の中央部において、長さ方向に垂直な断面が45mm×45mmの四角形であった。第二ハニカムセグメントは、両端面(入口端面及び出口端面)が45mm×45mmの四角形であった。第一ハニカムセグメント及び第二ハニカムセグメントは、共に長さが215mmであった。第一ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲形状と、第二ハニカムセグメントの凸状側面の湾曲形状は、互いに相補的な円弧状であり、それらの側面の曲率は、ほぼ同一であった。これら円弧状の凹状側面及び凸状側面の円弧の中心は、ハニカムセグメントの長さ方向の中心の位置において、ハニカムセグメントの長さ方向に垂直な面にあった。また、第一ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲量と、第二ハニカムセグメントの凸状側面の湾曲量は、何れも1mmであった。更に、これらのハニカムセグメントの隔壁は、ハニカムセグメントの長さ方向と平行に延びており、セル形状は、四角形で、ハニカムセグメントの長さ方向において一定であった。第一ハニカムセグメント及び第二ハニカムセグメントの隔壁の気孔率は50%、隔壁の厚さは200μmで、セル密度は47個/cm<sup>2</sup>であった。また、これらのハニカムセグメントの側面の厚さは、4つの側面共最も薄い箇所でも0.5mmであった。即ち、第一ハニカムセグメントにおいてはその長さ方向の中央部、第二ハニカムセグメントにおいてはその両端部において側面の厚さが4つの側面共0.5mmであった。

#### 【0073】

続いて、アルミナ粉に、シリカファイバー、有機バインダ及び水を添加してスラリー状の接合材を得た。この接合材を、第一ハニカムセグメント及び第二ハニカムセグメントの側面に厚さ約1mmとなるように塗布した。次いで、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な1つの方向において、凹状側面と凸状側面とが対向するように、第一ハニカムセグメントと第二ハニカムセグメントとを交互に組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個のハニカムセグメントからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120℃で2時間乾燥させてハニカムセ

グメント接合体を得た。図 15 は、このハニカムセグメント接合体におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。この図 15 に示すように、図 2 に示す形状の第一ハニカムセグメントと、図 3 に示す形状の第二ハニカムセグメントとが X 方向において、交互に配置されている。また、Y 方向において隣接するハニカムセグメントの位置は、X 方向において一致している。尚、この図 15 に示されるハニカムセグメントは、ハニカムセグメント接合体を構成するハニカムセグメントの内の一部であるが、図示されていない残りのハニカムセグメントも、同様のパターンで配置されている。

【0074】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径 220 mm の円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を 1 mm の厚さで塗布し、700 で 2 時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、参考例 1 のハニカム構造体を得た。

【0075】

(参考例 2 ~ 5、実施例 6 ~ 9)

第一ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲量と、第二ハニカムセグメントの凸状側面の湾曲量と、接合材の厚さとを、表 1 に示すように変更した以外は、参考例 1 と同様にして、参考例 2 ~ 5、実施例 6 ~ 9 のハニカム構造体を得た。

【0076】

(参考例 10 , 12、実施例 11 , 13)

第一ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲量と、第二ハニカムセグメントの凸状側面の湾曲量と、接合材の厚さと、ハニカムセグメントの配置とを、表 1 に示すように変更した以外は、参考例 1 と同様にして、参考例 10 , 12、実施例 11 , 13 のハニカム構造体を得た。但し、参考例 10 及び実施例 11 においては、X 方向におけるハニカムセグメントの数を 6 個に増やしている。図 16 は、参考例 10 及び実施例 11 のハニカムセグメント接合体におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。この図 16 に示すハニカムセグメントの配置は、図 15 に示すハニカムセグメントの配置に対し、Y 方向において隣接するハニカムセグメントの位置を、X 方向において、ハニカムセグメントの幅の  $1/2$  だけずらしたものとなっている。図 17 は、参考例 12 及び実施例 13 のハニカムセグメント接合体におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。この図 17 に示すハニカムセグメントの配置は、図 15 に示すハニカムセグメントの配置に対し、Y 方向において隣接するハニカムセグメントの位置を、X 方向において、ハニカムセグメントの 1 個分の幅だけずらしたものとなっている。尚、図 16 及び図 17 に示されるハニカムセグメントは、ハニカムセグメント接合体を構成するハニカムセグメントの内的一部分であるが、図示されていない残りのハニカムセグメントも、同様のパターンで配置されている。

【0077】

(参考例 14)

参考例 1 と同様にして得られたハニカム成形体の 4 つの側面すべてに、外周コート材をヘラで塗工した。ここで、この塗工時のヘラの押し付け加減を調節することにより、外周コート材の表面を凹状に湾曲させたものと凸状に湾曲させたものとをそれぞれ複数個作製し、前者を第一ハニカムセグメント用成形体、後者を第二ハニカムセグメント用成形体とした。その後、これらの成形体をマイクロ波及び熱風で乾燥することにより、第一ハニカムセグメント用成形体からは第一ハニカムセグメント用乾燥体を得、第二ハニカムセグメント用成形体からは第二ハニカムセグメント用乾燥体を得た。

【0078】

次いで、これら乾燥体に対し、参考例 1 と同様にして、目封止部の形成、仮焼（脱脂）、焼成を順次行うことにより、第一ハニカムセグメント用乾燥体からは第一ハニカムセグメントを得、第二ハニカムセグメント用乾燥体からは第二ハニカムセグメントを得た。こうして得られた第一ハニカムセグメントは、図 4 に示す形状、即ち、対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面が、何れも第一ハニカムセグメントの長さ方向において凹状に湾

10

20

30

40

50



曲した凹状側面となっている。また、第二ハニカムセグメントは、図 5 に示す形状、即ち、対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面が、何れも第二ハニカムセグメントの長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面となっている。第一ハニカムセグメントは、その長さ方向の中央部において、長さ方向に垂直な断面が  $45\text{ mm} \times 45\text{ mm}$  の四角形であった。第二ハニカムセグメントは、両端面（入口端面及び出口端面）が  $45\text{ mm} \times 45\text{ mm}$  の四角形であった。第一ハニカムセグメント及び第二ハニカムセグメントは、共に長さが  $215\text{ mm}$  であった。第一ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲形状と、第二ハニカムセグメントの凸状側面の湾曲形状は、互いに相補的な円弧状であり、それらの側面の曲率は、ほぼ同一であった。これら円弧状の凹状側面及び凸状側面の円弧の中心は、ハニカムセグメントの長さ方向の中心の位置において、ハニカムセグメントの長さ方向に垂直な面にあった。また、第一ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲量と、第二ハニカムセグメントの凸状側面の湾曲量は、何れも  $1\text{ mm}$  であった。更に、これらのハニカムセグメントの隔壁は、ハニカムセグメントの長さ方向と平行に延びており、セル形状は、四角形で、ハニカムセグメントの長さ方向において一定であった。第一ハニカムセグメント及び第二ハニカムセグメントの隔壁の気孔率は  $50\%$ 、隔壁の厚さは  $200\text{ }\mu\text{m}$  で、セル密度は  $47\text{ 個}/\text{cm}^2$  であった。また、これらのハニカムセグメントの側面の厚さは、4 つの側面共最も薄い箇所で  $0.5\text{ mm}$  であった。即ち、第一ハニカムセグメントにおいてはその長さ方向の中央部、第二ハニカムセグメントにおいてはその両端部において側面の厚さが 4 つの側面共  $0.5\text{ mm}$  であった。

【0079】

続いて、参考例 1 と同様にして得られた接合材を、第一ハニカムセグメント及び第二ハニカムセグメントの側面に厚さ約  $2\text{ mm}$  となるように塗布した。次いで、ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な 2 つの方向において、凹状側面と凸状側面とが対向するように、第一ハニカムセグメントと第二ハニカムセグメントとを交互に組み合わせた。こうして、 $5\text{ 個} \times 5\text{ 個}$  に組み付けられた合計  $25\text{ 個}$  のハニカムセグメントからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、 $120^\circ\text{C}$  で 2 時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。図 18 は、このハニカムセグメント接合体におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。この図 18 に示すように、図 4 に示す形状の第一ハニカムセグメントと、図 5 に示す形状の第二ハニカムセグメントとが X 方向及び Y 方向において、交互に配置されている。尚、この図 18 に示されるハニカムセグメントは、ハニカムセグメント接合体を構成するハニカムセグメントの一部であるが、図示されていない残りのハニカムセグメントも、同様のパターンで配置されている。

【0080】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径  $220\text{ mm}$  の円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を  $1\text{ mm}$  の厚さで塗布し、 $700^\circ\text{C}$  で 2 時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、参考例 14 のハニカム構造体を得た。尚、この参考例 14 では、隣接するハニカムセグメントの側面同士が干渉しないように、接合材の厚さを、凹状側面及び凸状側面の湾曲量の 2 倍

【0081】

(参考例 15 ~ 18、実施例 19 ~ 22)

第一ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲量と、第二ハニカムセグメントの凸状側面の湾曲量と、接合材の厚さとを、表 1 に示すように変更した以外は、参考例 14 と同様にして、参考例 15 ~ 18、実施例 19 ~ 22 のハニカム構造体を得た。尚、これら参考例 15 ~ 18、実施例 19 ~ 22 では、ハニカムセグメントの側面同士が干渉しないように、接合材の厚さを、凹状側面及び凸状側面の湾曲量の 2 倍より厚くしている。

【0082】

(参考例 23、実施例 24 ~ 27)

参考例 1 8、実施例 1 9 ~ 2 2 で用いた第一ハニカムセグメントの隣り合う 2 つの凹状側面が交わる角部、及び、参考例 1 8、実施例 1 9 ~ 2 2 で用いた第二ハニカムセグメントの隣り合う 2 つの凸状側面が交わる角部に、面取りを施した。具体的には、図 1 8 に示すハニカムセグメントの配置で、接合材の厚さを 1 mm にしても、ハニカムセグメントの端面の対角線方向において隣接する第一ハニカムセグメント同士及び第二ハニカムセグメント同士が干渉しないように、外周コート材の前記角部に C 面取りを施した。C 面取りは、前記角部を砥石で研削することにより施した。このように面取りを施した第一ハニカムセグメントと第二ハニカムセグメントとを用い、接合材の厚さを 1 mm とした以外は、参考例 1 8、実施例 1 9 ~ 2 2 と同様にして、参考例 2 3、実施例 2 4 ~ 2 7 のハニカム構造体を得た。

10

【 0 0 8 3 】

( 参考例 2 8 )

参考例 1 と同様にして得られたハニカム成形体の 4 つの側面すべてに、外周コート材をヘラで塗工した。ここで、この塗工時のヘラの押し付け加減を調節することにより、対向する 2 つの側面については、外周コート材の表面を凹状に湾曲させ、残りの対向する 2 つの側面については、外周コート材の表面を凸状に湾曲させ、複合湾曲ハニカムセグメント用成形体とした。その後、この成形体をマイクロ波及び熱風で乾燥することにより、複合湾曲ハニカムセグメント用乾燥体を得た。

【 0 0 8 4 】

次いで、この乾燥体に対し、参考例 1 と同様にして、目封止部の形成、仮焼（脱脂）、焼成を順次行うことにより、複合湾曲ハニカムセグメントを得た。こうして得られた複合湾曲ハニカムセグメントは、図 6 に示す形状、即ち、対向する 2 つの側面を一組とする二組の側面の内の一組の側面が、複合湾曲ハニカムセグメントの長さ方向において凹状に湾曲した凹状側面となっている。また、他の一組の側面は、複合湾曲ハニカムセグメントの長さ方向において凸状に湾曲した凸状側面となっている。対向する凹状側面の間隔は、最も狭い箇所、即ち、複合湾曲ハニカムセグメントの長さ方向の中央部において 4 5 mm であった。対向する凸状側面の間隔は、最も狭い箇所、即ち、複合湾曲ハニカムセグメントの両端面（入口端面及び出口端面）において 4 5 mm であった。また、複合湾曲ハニカムセグメントの長さは 2 1 5 mm であった。この複合湾曲ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲形状と、凸状側面の湾曲形状は、互いに相補的な円弧状であり、それらの側面の曲率は、ほぼ同一であった。これら円弧状の凹状側面及び凸状側面の円弧の中心は、ハニカムセグメントの長さ方向の中心の位置において、ハニカムセグメントの長さ方向に垂直な面にあった。また、この複合湾曲ハニカムセグメントの凹状側面の湾曲量と、凸状側面の湾曲量は、何れも 1 mm であった。更に、この複合湾曲ハニカムセグメントの隔壁は、複合湾曲ハニカムセグメントの長さ方向と平行に延びており、セル形状は、四角形で、ハニカムセグメントの長さ方向において一定であった。複合湾曲ハニカムセグメントの隔壁の気孔率は 5 0 %、隔壁の厚さは 2 0 0  $\mu$ m で、セル密度は 4 7 個 /  $\text{cm}^2$  であった。また、複合湾曲ハニカムセグメントの側面の厚さは、4 つの側面共、最も薄い箇所で 0 . 5 mm であった。即ち、凹状側面においてはその長さ方向の中央部、凸状側面においてはその両端部において側面の厚さが 0 . 5 mm であった。

20

30

40

【 0 0 8 5 】

続いて、参考例 1 と同様にして得られた接合材を、複合湾曲ハニカムセグメントの側面に厚さ約 1 mm となるように塗布した。次いで、複合湾曲ハニカムセグメントの長さ方向に対して垂直な 2 つの方向において、凹状側面と凸状側面とが対向するように、複合湾曲ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5 個  $\times$  5 個に組み付けられた合計 2 5 個の複合湾曲ハニカムセグメントからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成する複合湾曲ハニカムセグメント同士を圧着させながら、1 2 0 で 2 時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。図 1 9 は、このハニカムセグメント接合体におけるハニカムセグメントの配置を示す概略平面図である。この図 1 9 に示すように、図 6 に示す形状の複合湾曲

50

ハニカムセグメントが、X方向及びY方向において、交互に向きを $90^\circ$ 変えて配置されている。尚、この図19に示されるハニカムセグメントは、ハニカムセグメント接合体を構成するハニカムセグメントの内の一部であるが、図示されていない残りのハニカムセグメントも、同様のパターンで配置されている。

【0086】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を1mmの厚さで塗布し、700で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、参考例28のハニカム構造体を得た。

【0087】

(参考例29～32、実施例33～36)

複合湾曲ハニカムセグメントの凹状側面及び凸状側面の湾曲量と、接合材の厚さとを、表2に示すように変更した以外は、参考例28と同様にして、参考例29～32、実施例33～36のハニカム構造体を得た。

【0088】

(比較例1)

参考例1と同様にして得られたハニカム成形体を、マイクロ波及び熱風で乾燥することにより、ハニカムセグメント用乾燥体を得た。次いで、この乾燥体に対し、参考例1と同様にして、目封止部の形成、仮焼(脱脂)、焼成を順次行うことにより、4つの側面の全てが平面状であるハニカムセグメントを得た。このハニカムセグメントは、両端面(入口端面及び出口端面)が45mm×45mmの四角形で、長さが215mmであった。また、このハニカムセグメントの隔壁は、ハニカムセグメントの長さ方向と平行に延びており、セル形状は、正方形で、ハニカムセグメントの長さ方向において一定であった。ハニカムセグメントの隔壁の気孔率は50%、隔壁の厚さは200 $\mu\text{m}$ で、セル密度は47個/ $\text{cm}^2$ であった。また、これらのハニカムセグメントの側面の厚さは4つの側面共、0.5mmであった。

【0089】

続いて、参考例1と同様にして得られた接合材を、ハニカムセグメントの側面に厚さ約1mmとなるように塗布した。次いで、互いの側面が対向するように、ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個のハニカムセグメントからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120で2時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。

【0090】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を1mmの厚さで塗布し、700で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、比較例1のハニカム構造体を得た。

【0091】

(比較例2)

参考例1と同様にして得られた接合材を、実施例11で用いた第一ハニカムセグメントの側面に塗布した。次いで、互いの凹状側面が対向するように、第一ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個の第一ハニカムセグメントのみからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120で2時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。尚、接合材の厚さは、最も薄い部分で1mmとなるようにした。

【0092】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材

10

20

30

40

50

を1mmの厚さで塗布し、700で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、比較例2のハニカム構造体を得た。

【0093】

(比較例3)

参考例1と同様にして得られた接合材を、実施例11で用いた第二ハニカムセグメントの側面に塗布した。次いで、互いの凸状側面が対向するように、第二ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個の第二ハニカムセグメントのみからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120で2時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。尚、接合材の厚さは、最も薄い部分で1mmとなるようにした。

10

【0094】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を1mmの厚さで塗布し、700で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、比較例3のハニカム構造体を得た。

【0095】

(比較例4)

参考例1と同様にして得られた接合材を、参考例17で用いた第一ハニカムセグメントの凹状側面に塗布した。次いで、互いの凹状側面が対向するように、第一ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個の第一ハニカムセグメントのみからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120で2時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。尚、接合材の厚さは、最も薄い部分で1mmとなるようにした。

20

【0096】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を1mmの厚さで塗布し、700で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、比較例4のハニカム構造体を得た。

30

【0097】

(比較例5)

参考例1と同様にして得られた接合材を、実施例19で用いた第一ハニカムセグメントの凹状側面に塗布した。次いで、互いの凹状側面が対向するように、第一ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個の第一ハニカムセグメントのみからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120で2時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。尚、接合材の厚さは、最も薄い部分で1mmとなるようにした。

【0098】

40

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を1mmの厚さで塗布し、700で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、比較例5のハニカム構造体を得た。

【0099】

(比較例6)

参考例1と同様にして得られた接合材を、参考例14で用いた第二ハニカムセグメントの凸状側面に塗布した。次いで、互いの凸状側面が対向するように、第二ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個の第二ハニカムセグメントのみからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部

50

より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120 で2時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。尚、接合材の厚さは、最も薄い部分で1mmとなるようにした。

【0100】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を1mmの厚さで塗布し、700 で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、比較例6のハニカム構造体を得た。

【0101】

(比較例7)

参考例1と同様にして得られた接合材を、実施例19で用いた第二ハニカムセグメントの凸状側面に塗布した。次いで、互いの凸状側面が対向するように、第二ハニカムセグメント同士を組み合わせた。こうして、5個×5個に組み付けられた合計25個の第二ハニカムセグメントのみからなるハニカムセグメント積層体を作製した。そして、適宜、外部より圧力を加えるなどしてハニカムセグメント積層体を構成するハニカムセグメント同士を圧着させながら、120 で2時間乾燥させてハニカムセグメント接合体を得た。尚、接合材の厚さは、最も薄い部分で1mmとなるようにした。

【0102】

次に、このハニカムセグメント接合体の外形が、直径220mmの円柱状になるように、その外周を研削加工した。研削加工後、その加工面に接合材と同じ組成の外周コート材を1mmの厚さで塗布し、700 で2時間乾燥硬化させて外周コート層を形成し、比較例7のハニカム構造体を得た。

【0103】

10

20

【表 1】

	第一ハニカムセグメント			第二ハニカムセグメント			ハニカムセグメントの配置	接合材の厚さ (mm)
	形状	凹状側面の湾曲量 (mm)	凸状側面の湾曲量 (mm)	形状	凹状側面の湾曲量 (mm)	凸状側面の湾曲量 (mm)		
参考例1	図2	1.0	—	図3	—	1.0	図15	1.0
参考例2	図2	0.2	—	図3	—	0.2	図15	0.5
参考例3	図2	0.3	—	図3	—	0.3	図15	0.5
参考例4	図2	0.5	—	図3	—	0.5	図15	0.5
参考例5	図2	1.5	—	図3	—	1.5	図15	1.0
実施例6	図2	2.0	—	図3	—	2.0	図15	1.0
実施例7	図2	2.5	—	図3	—	2.5	図15	1.0
実施例8	図2	3.0	—	図3	—	3.0	図15	1.0
実施例9	図2	3.5	—	図3	—	3.5	図15	1.0
参考例10	図2	0.2	—	図3	—	0.2	図16	0.5
実施例11	図2	2.0	—	図3	—	2.0	図16	1.0
参考例12	図2	0.5	—	図3	—	0.5	図17	0.5
実施例13	図2	3.5	—	図3	—	3.5	図17	1.0
参考例14	図4	1.0	—	図5	—	1.0	図18	2.0
参考例15	図4	0.2	—	図5	—	0.2	図18	0.5
参考例16	図4	0.3	—	図5	—	0.3	図18	0.7
参考例17	図4	0.5	—	図5	—	0.5	図18	1.2
参考例18	図4	1.5	—	図5	—	1.5	図18	3.2
実施例19	図4	2.0	—	図5	—	2.0	図18	4.2
実施例20	図4	2.5	—	図5	—	2.5	図18	5.1
実施例21	図4	3.0	—	図5	—	3.0	図18	6.1
実施例22	図4	3.5	—	図5	—	3.5	図18	7.2
参考例23	図4	1.5	—	図5	—	1.5	図18	1.0
実施例24	図4	2.0	—	図5	—	2.0	図18	1.0
実施例25	図4	2.5	—	図5	—	2.5	図18	1.0
実施例26	図4	3.0	—	図5	—	3.0	図18	1.0
実施例27	図4	3.5	—	図5	—	3.5	図18	1.0

【 0 1 0 4 】

【表 2】

	複合湾曲ハニカムセグメント			ハニカムセグメントの配置	接合材の厚さ (mm)
	形状	凹状側面の湾曲量 (mm)	凸状側面の湾曲量 (mm)		
参考例28	図6	1.0	1.0	図19	1.0
参考例29	図6	0.2	0.2	図19	0.5
参考例30	図6	0.3	0.3	図19	0.5
参考例31	図6	0.5	0.5	図19	0.5
参考例32	図6	1.5	1.5	図19	1.0
実施例33	図6	2.0	2.0	図19	1.0
実施例34	図6	2.5	2.5	図19	1.0
実施例35	図6	3.0	3.0	図19	1.0
実施例36	図6	3.5	3.5	図19	1.0

【 0 1 0 5 】

【表 3】

	ハニカムセグメント			ハニカムセグメントの配置	接合材の厚さ(mm)
	形状	凹状側面の湾曲量(mm)	凸状側面の湾曲量(mm)		
比較例1	—	0	0	—	1.0
比較例2	図2	2.0	—	—	1.0(最薄部)
比較例3	図3	—	2.0	—	1.0(最薄部)
比較例4	図4	0.5	—	—	1.0(最薄部)
比較例5	図4	2.0	—	—	1.0(最薄部)
比較例6	図5	—	1.0	—	1.0(最薄部)
比較例7	図5	—	2.0	—	1.0(最薄部)

10

## 【0106】

(評価)

実施例又は参考例1～36及び比較例1～7のハニカム構造体について、下記の方法で、耐振動性を評価するための加熱振動試験を行った。更に、実施例又は参考例1～36及び比較例1のハニカム構造体については、下記の方法で、耐熱衝撃性を評価するための電気炉スポーリング試験、PM捕集性能の評価、及びエンジン出力等への影響を評価するための圧力損失の測定を行った。

20

## 【0107】

[加熱振動試験]

ハニカム構造体の外周に、非熱膨張性セラミックマットを巻き、ステンレス(SUS430)製のキャニング用缶体に押し込んで、この缶体内に収納(キャニング)した。こうして缶体内に収納されたハニカム構造体を、その長さ方向が上下方向となるように加熱振動装置にセットし、加熱振動試験を行った。試験条件は、ハニカム構造体の上流側端面におけるガス温度を950、振動方向を上下方向、振動加速度を40G、振動周波数を200Hzとし、200時間連続して、ハニカム構造体にプロパン燃焼ガスを12Nm<sup>3</sup>/分の流量で流入させながら振動を与えた。この試験の評価基準は、以下のとおりである。

30

A：加熱振動試験後、ハニカム構造体が缶体内に収納された状態で、何れのハニカムセグメントにも0.1mm以上の移動(ずれ)が認められず、各ハニカムセグメントをハニカム構造体の長さ方向に5kgの力で押しても、動くハニカムセグメントが無い。

B：加熱振動試験後、ハニカム構造体が缶体内に収納された状態で、何れのハニカムセグメントにも0.1mm以上の移動(ずれ)が認められないが、各ハニカムセグメントをハニカム構造体の長さ方向に5kgの力で押すと、動くハニカムセグメントが有る。

C：加熱振動試験後、ハニカム構造体が缶体内に収納された状態で、少なくとも1つのハニカムセグメントに0.1mm以上、0.5mm未満の移動(ずれ)が認められる。

D：加熱振動試験後、ハニカム構造体が缶体内に収納された状態で、少なくとも1つのハニカムセグメントに0.5mm以上の移動(ずれ)が認められる。

40

## 【0108】

尚、この加熱振動試験の評価において、評価が「A」であるものは、振動や排圧によるハニカムセグメントの移動を極めて効果的に抑制でき、フィルタとしての通常の使用において全く問題が無い。評価が「B」であるものは、評価が「A」であるものには若干劣るが、フィルタとしての通常の使用においては問題が無い。評価が「C」であるものは、限定された条件ではフィルタとして使用可能である。一方、評価が「D」であるものは、振動や排圧によるハニカムセグメントの移動を十分に抑制することができず、フィルタとしての通常の使用において問題が生じる可能性が高い。

## 【0109】

50

この加熱振動試験の結果は表 4 に示すとおりであった。即ち、実施例又は参考例 1 ～ 36 のハニカム構造体は、評価が「A」～「C」であったのに対し、比較例 1 ～ 7 のハニカム構造体は、何れも評価が「D」であった。

【0110】

[電気炉スポーリング試験]

社団法人自動車技術会発行の自動車規格である J A S O 規格 M 5 0 5 - 8 7 に規定されている方法に基づいて、電気炉スポーリング試験による耐熱衝撃性の評価を行った。具体的には、室温より所定温度高い温度に保った電気炉に室温のハニカム構造体を入れて 20 分間保持後、耐火レンガ上へハニカム構造体を取り出し 15 分間以上自然放置した後、室温になるまで冷却してから、クラック等の破壊が生じているかを調べた。この操作を、ハニカム構造体にクラック等の破壊が生じるまで繰り返した。尚、電気炉内温度は、前記操作を繰り返す度に 25 ずつ上昇させていった。ハニカム構造体にクラック等の破壊が生じていることが確認された操作の 1 回前の操作における電気炉内温度を、ハニカム構造体の安全温度とした。この安全温度が、従来の一般的な P M 捕集用フィルタに用いられているハニカム構造体と同等の構造を有する比較例 1 のハニカム構造体に比べて、明らかに高い場合は、エンジンの排気系に設置した際に、耐熱衝撃性の不足による破壊が生じる可能性が有る。試験は、比較例 1 及び実施例又は参考例 1 ～ 36 のそれぞれにおいて、各 3 個の試料について行った。

10

【0111】

この電気炉スポーリング試験の結果は、表 4 に示すとおりであった。即ち、比較例 1 のハニカム構造体の安全温度と、実施例又は参考例 1 ～ 36 のハニカム構造体の安全温度との間に、有意な差は認められなかった。

20

【0112】

[P M 捕集性能]

ハニカム構造体を、排気量 2 L の 4 気筒のディーゼルエンジンが搭載された乗用車の排気系に取り付けた。そして、この乗用車を N E D C ( N e w E u r o p e a n D r i v i n g C y c l e ) モードで走行させた際のハニカム構造体の出口側における P M 排出個数 ( 個 / k m ) を測定した。この P M 排出個数が、従来の一般的な P M 捕集用フィルタに用いられているハニカム構造体と同等の構造を有する比較例 1 のハニカム構造体に比べて、明らかに多い場合は、P M 捕集用フィルタとしての使用に問題が生じる可能性が有る。評価は、比較例 1 及び実施例又は参考例 1 ～ 36 のそれぞれにおいて、各 3 個の試料について行った。

30

【0113】

この P M 捕集性能の評価結果は、表 4 に示すとおりであった。即ち、比較例 1 のハニカム構造体の P M 排出個数と、実施例又は参考例 1 ～ 36 のハニカム構造体の P M 排出個数との間に、有意な差は認められなかった。

【0114】

[圧力損失]

ハニカム構造体に、室温 ( 25 ) の空気を  $12\text{ m}^3$  / 分の流量で流した際のハニカム構造体の入口側 ( 上流側 ) と出口側 ( 下流側 ) との圧力を測定し、その圧力差を算出することにより、圧力損失を求めた。この圧力損失が、従来の一般的な P M 捕集用フィルタに用いられているハニカム構造体と同等の構造を有する比較例 1 のハニカム構造体に比べて、明らかに高い場合は、エンジンの排気系に設置した際に、エンジンの出力低下等の問題が生じる可能性が有る。この試験の評価基準は、以下のとおりである。

40

A : 基準となる比較例 1 のハニカム構造体の圧力損失を 100 % とした場合に、評価対象のハニカム構造体の圧力損失が、102 % 以下である。

B : 基準となる比較例 1 のハニカム構造体の圧力損失を 100 % とした場合に、評価対象のハニカム構造体の圧力損失が、102 % を超え、105 % 以下である。

C : 基準となる比較例 1 のハニカム構造体の圧力損失を 100 % とした場合に、評価対象のハニカム構造体の圧力損失が、105 % を超え、110 % 以下である。

50



D：基準となる比較例 1 のハニカム構造体の圧力損失を 100%とした場合に、評価対象のハニカム構造体の圧力損失が、110%を超える。

【0115】

尚、この圧力損失の評価において、評価が「A」の場合は、エンジン性能への影響は無視でき、特に良好であるといえる。評価が「B」の場合は、エンジン性能への影響は、実用上問題ないレベルであり、良好であるといえる。評価が「C」の場合は、エンジン性能への影響は、実用上大きな問題とならないレベルであり、良好であるといえる。評価が「D」の場合は、エンジン性能への影響があり、不良であるといえる。

【0116】

圧力損失の評価結果は、表 4 に示すとおりであった。即ち、実施例又は参考例 1～36 のハニカム構造体は、評価が「A」～「C」であり、評価が「D」のものは無かった。

10

【0117】

[総合評価]

以上の結果から、実施例又は参考例 1～36 及び比較例 1～7 のハニカム構造体について、総合評価を行った。総合評価の基準は、以下のとおりである。

A：過酷な使用条件であっても性能上の問題は無く、非常に良好である。

B：実用上問題は無く、良好な性能を有する。

C：実用上大きな問題は無く、通常の使用においては問題は無い。

D：性能上問題がある。

【0118】

20

総合評価の結果は、表 4 に示すとおりであった。即ち、実施例又は参考例 1～36 のハニカム構造体は、評価が「A」～「C」であり、全て実用上問題の無い性能を示した。尚、参考例 18 及び実施例 19 のハニカム構造体は、ハニカムセグメントの角部が干渉しないように接合材の厚さを厚くしたため、ハニカムセグメントの角部をC面取りすることで、ハニカムセグメントの角部の干渉を無くし、接合部厚さを 1mmにした参考例 23 及び実施例 24 のハニカム構造体に比べ、圧力損失が高めとなったが、実用上問題とならないレベルであった。4つの側面の全てが平面状であるハニカムセグメントを配置した比較例 1、及び、凹状側面同士又は凸状側面同士が対向するようにハニカムセグメントを配置した比較例 2～7 のハニカム構造体は、加熱振動試験において良い結果を得られなかったため、使用困難と判断し、総合評価を「D」とした。

30

【0119】

【表 4】

	加圧振動 試験	電気炉スポーリング 試験	PM捕集性能	圧力損失	総合評価
参考例1	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
参考例2	C	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	C
参考例3	B	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	B
参考例4	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
参考例5	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
実施例6	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
実施例7	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例8	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例9	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	C	C
参考例10	C	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	C
実施例11	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
参考例12	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
実施例13	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	C	C
参考例14	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
参考例15	C	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	C
参考例16	B	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	B
参考例17	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
参考例18	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例19	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例20	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例21	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例22	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	C	C
参考例23	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
実施例24	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
実施例25	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例26	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例27	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	C	C
参考例28	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
参考例29	C	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	C
参考例30	B	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	B
参考例31	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
参考例32	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
実施例33	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	A	A
実施例34	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例35	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	B	B
実施例36	A	比較例1と有意差無し	比較例1と有意差無し	C	C
比較例1	D	—	—	—	D
比較例2	D	評価せず	評価せず	評価せず	D
比較例3	D	評価せず	評価せず	評価せず	D
比較例4	D	評価せず	評価せず	評価せず	D
比較例5	D	評価せず	評価せず	評価せず	D
比較例6	D	評価せず	評価せず	評価せず	D
比較例7	D	評価せず	評価せず	評価せず	D

## 【産業上の利用可能性】

## 【0120】

本発明は、ディーゼルエンジンやガソリンエンジンの排ガス中に含まれる粒子状物質を捕集するためのフィルタや触媒を担持して排ガスを浄化するための触媒担体等に好適に使

10

20

30

40

50

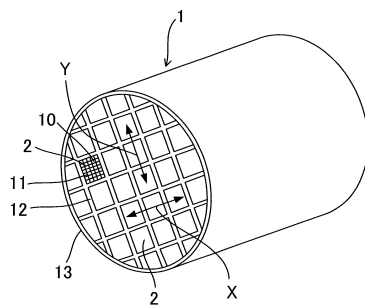
用することができる。

【符号の説明】

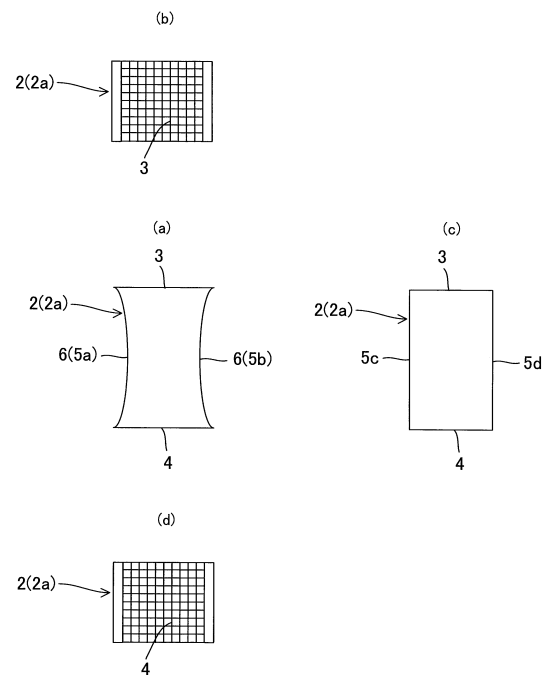
【 0 1 2 1 】

1：ハニカム構造体、2：ハニカムセグメント、2a：第一ハニカムセグメント、2b：第二ハニカムセグメント、2c：複合湾曲ハニカムセグメント、3：入口端面、4：出口端面、5a～5d：側面、6：凹状側面、7：凸状側面、10：セル、10a：所定のセル、10b：残余のセル、11：隔壁、12：接合材、13：外周コート層、14：目封止部、15：平板。

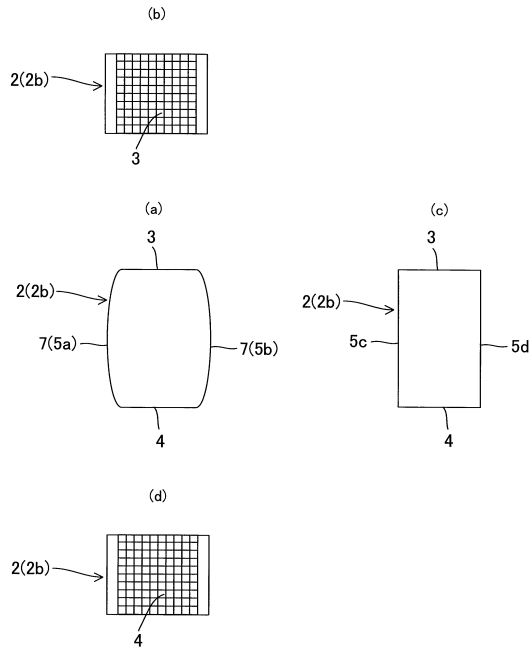
【図 1】



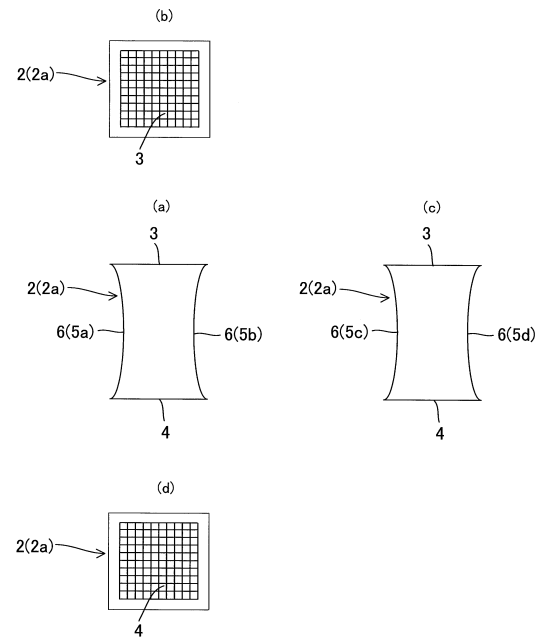
【図 2】



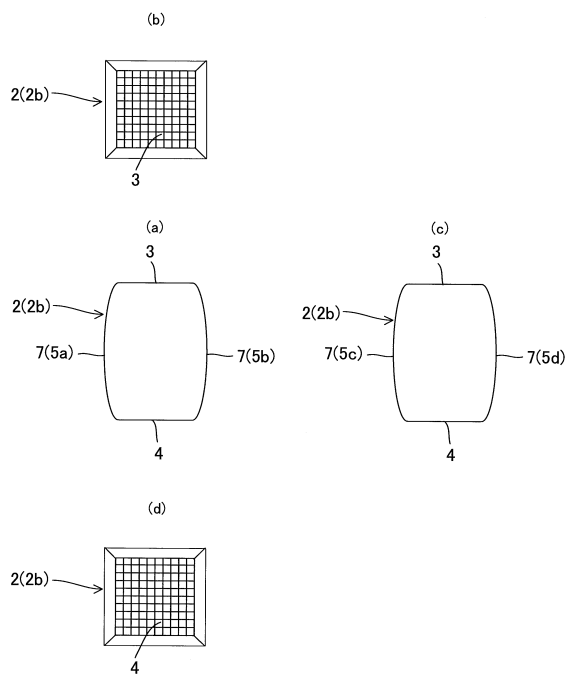
【図 3】



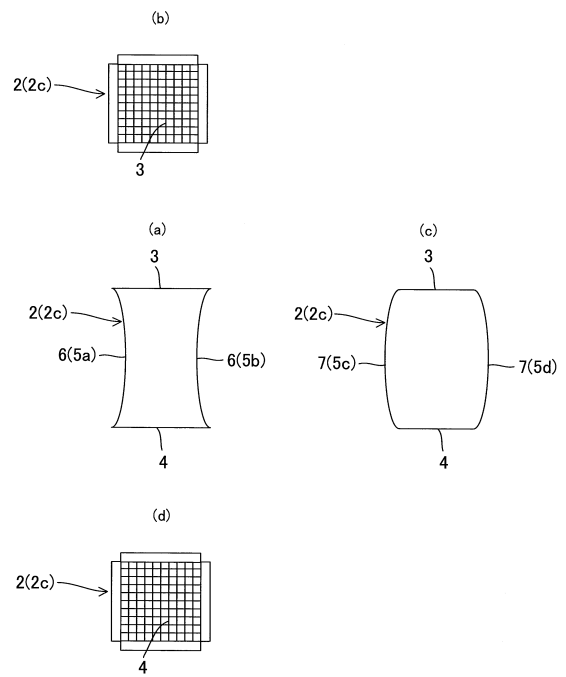
【図 4】



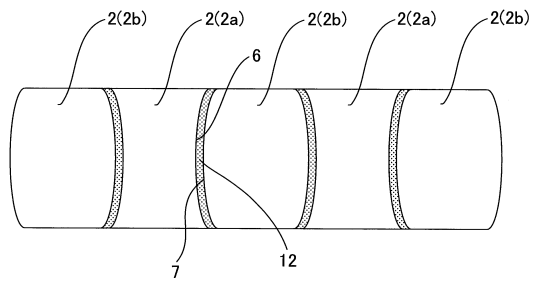
【図 5】



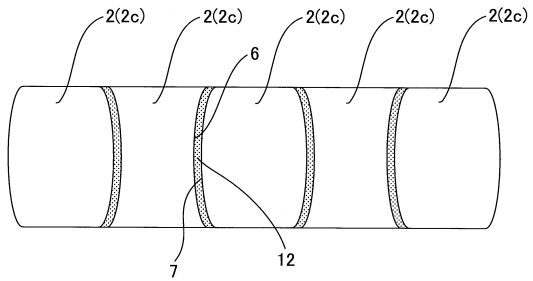
【図 6】



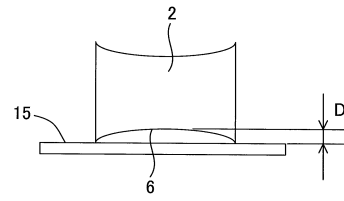
【図 7】



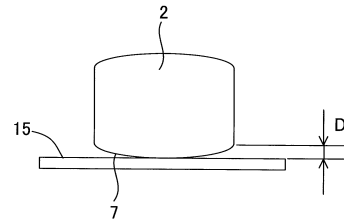
【図 8】



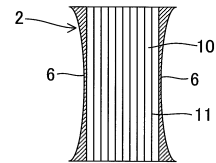
【図 9】



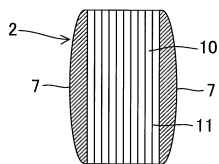
【図 10】



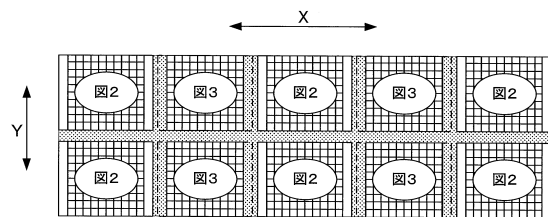
【図 11】



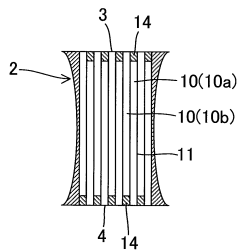
【図 12】



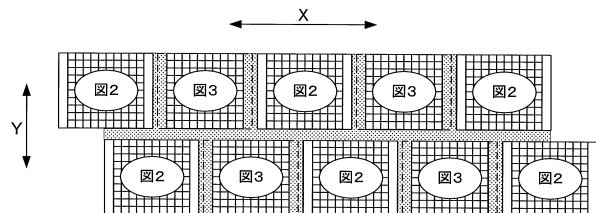
【図 15】



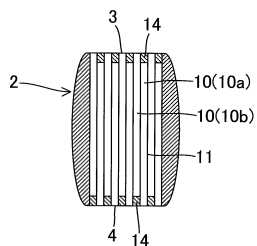
【図 13】



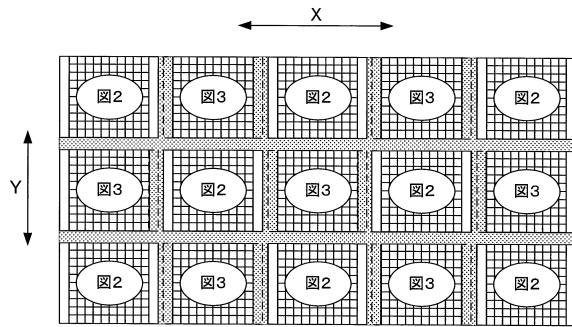
【図 16】



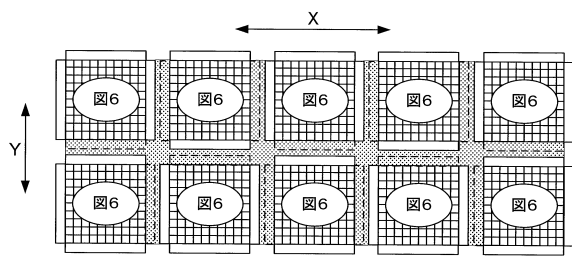
【図 14】



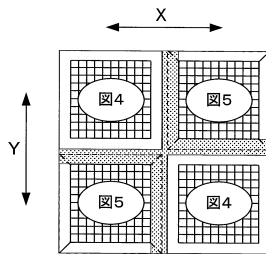
【図 17】



【図 19】



【図 18】



---

フロントページの続き

(72)発明者 高橋 道夫

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 神 崎 賢一

(56)参考文献 国際公開第2006/137157(WO, A1)

特開2007-260530(JP, A)

特開2004-184387(JP, A)

国際公開第2005/047210(WO, A1)

国際公開第2006/126507(WO, A1)

国際公開第2008/096502(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C04B 37/00

B01D 53/94

B01J 35/04