

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7006662号  
(P7006662)

(45)発行日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(24)登録日 令和4年1月11日(2022.1.11)

(51)国際特許分類

F 0 1 N 3/022(2006.01)  
B 0 1 D 46/00 (2022.01)  
C 0 4 B 38/00 (2006.01)

F I

F 0 1 N 3/022 C  
B 0 1 D 46/00 Z A B  
C 0 4 B 38/00 3 0 3 Z  
B 0 1 D 46/00 3 0 2

請求項の数 3 (全20頁)

(21)出願番号 特願2019-130426(P2019-130426)  
(22)出願日 令和1年7月12日(2019.7.12)  
(65)公開番号 特開2021-13899(P2021-13899A)  
(43)公開日 令和3年2月12日(2021.2.12)  
審査請求日 令和3年6月30日(2021.6.30)  
早期審査対象出願(73)特許権者 000004260  
株式会社デンソー  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地  
(74)代理人 110000648  
特許業務法人あいち国際特許事務所  
(72)発明者 麻奥 香菜  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式  
会社デンソー内  
審査官 菅野 京一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 排ガス浄化フィルタ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガソリンエンジン(E)の排気通路(A)に配置される排ガス浄化フィルタ(1)であつて、

フィルタ軸方向(Y)に延びる複数のセル(21、21a、21b)と、上記複数のセルを格子状に区画形成する多孔質の隔壁(22)とから構成されるセル構造部(2)と、上記セル構造部における上記セルの両端(211、222)を互い違いに閉塞する封止部(11)と、

上記セル構造部の外周に形成された筒状のスキン部(12)と、を有し、

上記隔壁の気孔率が50~70%であり、

上記スキン部の厚みTが0.3~1.0mmであり、

上記セルの外縁(213)が上記隔壁の交差位置(225)で丸みを帯びており、上記交差位置での曲率半径Rが0.02~0.6mmであり、

上記フィルタ軸方向における、上記排ガス浄化フィルタの外形寸法の変化度合であるゆがみ度  $\gamma$  が0を超え、1.5mm以下であり、

下記式Iで表される構造変数Xが0.05~6であり、

上記フィルタ軸方向と直交する平面での、上記セルの断面形状が四角形であり、上記セルの水力直径dと上記曲率半径Rとが、下記式IIの関係を満足する、排ガス浄化フィルタ。

$$X = T \times R / \dots \text{式 I}$$

$$R \leq 0.5 \times d / 2 \dots \text{式 II}$$

## 【請求項 2】

上記セル構造部の材料強度  $S_A$  と、上記スキン部の材料強度  $S_B$  とが、下記式 III の関係を満足する、請求項 1 に記載の排ガス浄化フィルタ。

$$S_A < S_B \quad \dots \text{式 III}$$

## 【請求項 3】

上記セル構造部の気孔率  $P_A$  と、上記スキン部の気孔率  $P_B$  とが、下記式 IV の関係を満足する、請求項 1 又は 2 に記載の排ガス浄化フィルタ。

$$P_A > P_B \quad \dots \text{式 IV}$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

## 【0001】

本発明は、ガソリンエンジンの排気通路に配置される排ガス浄化フィルタに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン等の内燃機関から排出される排ガス中には、パーティキュレートと呼ばれる粒子状物質が含まれる。パーティキュレートのことを以下適宜「PM」という。この排ガス中のPMを捕集して排ガスの浄化を行うため、内燃機関の排気通路には排ガス浄化フィルタが配置される。

## 【0003】

この種の排ガス浄化フィルタとしては、例えば、特許文献 1 には、ディーゼルエンジンから排出されるPMを捕集するディーゼルパーティキュレートフィルタが開示されている。具体的には、フィルタの多数のセルのうち、所定のセルの断面積、水力直径を、残余のセルの断面積、水力直径とは異なるものとし、セルの角部を円弧状にする技術が記載されている。同文献によれば、かかる技術により、流入側端面が閉塞されることを抑制し、高強度を維持できるとしている。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【文献】特開 2005 - 270969 号公報

## 【発明の概要】

30

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

強度向上のために、フィルタの隔壁などの構造を強化すると、隔壁の交差部の断面積が大きくなる。隔壁の断面積の増大は、排ガスの流れを悪化させ、圧力損失を増大させる。一方、圧力損失の低減には、例えば隔壁の気孔率を高くすることが有効であるが、気孔率を高くすると、フィルタの強度が低下する。以下、圧力損失のことを適宜「圧損」という。

## 【0006】

一般に、ディーゼルエンジンに比べ、ガソリンエンジンに搭載されるフィルタは、高温環境にあり、排ガスの流速が高くなるため、圧損が増大する傾向にある。したがって、ガソリンエンジンに搭載されるフィルタでは、使用中にフィルタが搭載位置から排ガスの流れ方向の下流側に動くという位置ずれがおこるおそれがある。位置ずれを防ぐためには、フィルタに大きな外圧をかけて搭載位置に固定することが有効であるが、フィルタの寸法精度が悪いと局所的な応力がフィルタにかかり、フィルタに割れが発生する。

40

## 【0007】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、圧損が低く、強度の高い排ガス浄化フィルタを提供しようとするものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明の一態様は、ガソリンエンジン (E) の排気通路 (A) に配置される排ガス浄化フィルタ (1) であって、

50

フィルタ軸方向（Ｙ）に延びる複数のセル（２１、２１ａ、２１ｂ）と、上記複数のセルを格子状に区画形成する多孔質の隔壁（２２）とから構成されるセル構造部（２）と、上記セル構造部における上記セルの両端（２１１、２２２）を互い違いに閉塞する封止部（１１）と、

上記セル構造部の外周に形成された筒状のスキン部（１２）と、を有し、

上記隔壁の気孔率が５０～７０％であり、

上記スキン部の厚みＴが０．３～１．０ｍｍであり、

上記セルの外縁（２１３）が上記隔壁の交差位置（２２５）で丸みを帯びており、上記交差位置での曲率半径Ｒが０．０２～０．６ｍｍであり、

上記フィルタ軸方向における、上記排ガス浄化フィルタの外形寸法の変化度合であるゆがみ度が０を超え、１．５ｍｍ以下であり、

下記式Ⅰで表される構造変数Ｘが０．０５～６であり、

上記フィルタ軸方向と直交する平面での、上記セルの断面形状が四角形であり、上記セルの水力直径ｄと上記曲率半径Ｒとが、下記式Ⅱの関係を満足する、排ガス浄化フィルタにある。

$$X = T \times R / \dots \text{式Ⅰ}$$

$$R \geq 0.5 \times d / 2 \dots \text{式Ⅱ}$$

#### 【発明の効果】

##### 【０００９】

上記排ガス浄化フィルタは、上記構成を有している。特に、気孔率、スキン部の厚みＴ、交差位置でのセルの外縁の曲率半径Ｒ、ゆがみ度が上記範囲内にあり、式Ⅰで表される構造変数Ｘが上記範囲内にある。そのため、排ガス浄化フィルタは、圧損が低く、強度が高い。

##### 【００１０】

なお、特許請求の範囲及び課題を解決する手段に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであり、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【００１１】

【図１】実施形態１における、排ガス浄化フィルタの模式図。

【図２】実施形態１における、排ガス浄化フィルタの軸方向における拡大断面図。

【図３】実施形態１における、排ガス浄化フィルタの軸方向と直交方向における交差位置の拡大断面図。

【図４】実施形態１における、排ガス浄化フィルタの軸方向と直交方向におけるセルの拡大断面図。

【図５】実施形態１における、（ａ）軸方向にゆがみのない排ガス浄化フィルタの外観模式図、（ｂ）軸方向に大きなゆがみを有する排ガス浄化フィルタの外観模式図、（ｃ）排ガス浄化フィルタの軸方向と直交方向での寸法差を示す説明図。

【図６】実施形態１における、排気通路に配置された排ガス浄化フィルタの模式図。

【図７】実験例における、アイソスタティック強度試験を示す模式図。

【図８】実験例における、（ａ）スキン部の材料強度の測定に用いる測定サンプルの断面模式図、（ｂ）セル構造部の材料強度の測定に用いる測定サンプルの断面模式図。

【図９】実験例における、４点曲げ試験を示す模式図。

【図１０】実験例における、材料強度の測定サンプルと断面係数の変数との関係を示す説明図。

【図１１】実験例における、曲率半径Ｒの測定箇所を示す説明図。

【図１２】実験例における、スキン部の厚みの測定箇所を示す説明図。

【図１３】フィルタ軸方向における流入端面から５ｍｍの位置での排ガス浄化フィルタの半径Ｈ、中央部での排ガス浄化フィルタの半径Ｍ、流出端面から５ｍｍの位置での排ガス浄化フィルタの半径Ｌを示す説明図。

10

20

30

40

50

【図 1 4】実験例 1 における、構造変数 X と圧力損失との関係を示すグラフ。

【図 1 5】実験例 1 における、構造変数 X とアイソスタティック強度との関係を示すグラフ。

【図 1 6】実験例 2 における、曲率半径 R と圧力損失との関係を示すグラフ。

【図 1 7】実験例 3 における、材料強度とアイソスタティック強度との関係を示すグラフ。

【図 1 8】実験例 3 における、気孔率と材料強度との関係を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[実施形態 1]

排ガス浄化フィルタ 1 に係る実施形態について、図 1 ~ 図 6 を参照して説明する。本明細書において、「~」を用いてその前後に数値又は物性値を挟んで表現する場合には、その前後の値を含む範囲であることを意味する。図 1 ~ 図 3 に示すように、排ガス浄化フィルタ 1 は、セル構造部 2 と、封止部 1 1 と、スキン部 1 2 とを有する。セル構造部 2、スキン部 1 2 は、コーゼライトなどのセラミックスから構成される。

10

【0013】

セル構造部 2 は、多数のセル 2 1 と多孔質の隔壁 2 2 とから構成される。セル 2 1 は、フィルタ軸方向 Y に延びる。フィルタ軸方向 Y とセル 2 1 の延び方向とは、通常一致する。フィルタ軸方向を、以下適宜「軸方向」という。隔壁 2 2 は、多数のセル 2 1 を格子状に区画形成する。隔壁 2 2 は、一般にセル壁とも呼ばれる。

【0014】

図 1、図 3、図 4 に示されるように、軸方向 Y と直交方向のフィルタ断面におけるセル形状は、例えば、四角形状であるが、これに限定されない。セル形状は、三角形形状、四角形状、六角形状などの多角形や円形状などであってもよい。また、セル形状は、2 種以上の異なる形状の組み合わせであってもよい。なお、多角形のセル形状の頂点が丸みを帯びている場合であっても、外観上は多角形であると言えるため、そのセル形状は、多角形であるとする。

20

【0015】

スキン部 1 2 は、例えば、円筒状のような筒状である。スキン部 1 2 は、セル構造部 2 の外周に一体形成されている。スキン部 1 2 の軸方向は、通常、フィルタ軸方向 Y に一致する。隔壁 2 2 は、スキン部 1 2 の内側を格子状に区画し、多数のセル 2 1 を形成する。排ガス浄化フィルタ 1 は多孔質体であり、隔壁 2 2 には多数の細孔が形成されている。排ガス浄化フィルタ 1 は、隔壁 2 2 の表面や細孔内に、排ガス中に含まれる PM を堆積させて捕集することができる。細孔は気孔と呼ばれることもある。PM は、粒子状物質、パティキュレートマター、パティキュレートなどと呼ばれる微小粒子である。

30

【0016】

排ガス浄化フィルタ 1 は、例えば、円柱状等の柱状体であり、その寸法は適宜変更可能である。排ガス浄化フィルタ 1 が円柱状の場合には、軸方向 Y の長さ L を 50 ~ 200 mm、直径を 100 ~ 165 mm の範囲に調整することができる。排ガス浄化フィルタ 1 は、フィルタ軸方向 Y の両端に流入端面 1 8、流出端面 1 9 を有する。流入端面 1 8 は、排ガスが流入する側の端面であり、流出端面 1 9 は、排ガスが流出する側の端面である。排気管内などの排ガスの流れに配置されていない状態では、流入端面 1 8 及び流出端面 1 9 は、相互に相対的な面を意味する。つまり、いずれか一方の端面が流入端面 1 8 である場合に、他方が流出端面 1 9 となる。例えば、流入端面 1 8 を軸方向 Y の第 1 端面、流出端面 1 9 を軸方向 Y の第 2 端面ということもできる。

40

【0017】

セル 2 1 としては、第 1 セル 2 1 a と第 2 セル 2 1 b とを有することができる。図 2 に示されるように、第 1 セル 2 1 a は、例えば、流入端面 1 8 に開口し、流出端面 1 9 においては封止部 1 1 により閉塞されている。第 2 セル 2 1 b は、例えば、流出端面 1 9 に開口し、流入端面 1 8 においては封止部 1 1 により閉塞されている。

【0018】

50

封止部 11 は、フィルタ軸方向 Y におけるセル 21 の両端 211、212 を互い違いに閉塞する。換言すれば、封止部 11 は、セル 21 を、流入端面 18 又は流出端面 19 において互い違いに閉塞する。封止部 11 は、例えば、コーゼライト等のセラミックスにより形成できるが、その他の材質であってもよい。図 2 では、プラグ状の封止部 11 が形成されているが、封止部 11 の形状は、セル 21 の端部を封止できれば特に限定されない。なお、構成の図示を省略するが、例えば流入端面 18 又は流出端面 19 において隔壁 22 の一部を变形させることにより、封止部 11 を形成することも可能である。この場合には、隔壁 22 の一部によって封止部 11 が形成されるため、隔壁 22 と封止部 11 とが一体的、連続的に形成される。

#### 【0019】

第 1 セル 21 a と第 2 セル 21 b とは、フィルタ軸方向 Y に直交する横方向 X においても、フィルタ軸方向 Y および横方向 X の双方に直交する縦方向 Z においても、例えば、互いに隣り合うよう、交互に並んで形成される。つまり、フィルタ軸方向 Y から排ガス浄化フィルタ 1 の流入端面 18 または流出端面 19 を見たとき、第 1 セル 21 a と第 2 セル 21 b とが、例えば、チェック模様状に配される。隔壁 22 は、第 1 セル 21 a と第 2 セル 21 b とを隔てている。

#### 【0020】

隔壁 22 の気孔率は、50～70% である。気孔率が 50% 未満の場合には、圧損が高くなる。気孔率が 70% を超える場合には、フィルタ強度が低下する。圧損を低減しつつ、フィルタ強度を向上させるという観点から、気孔率は、55～67% であることが好ましく、57%～67% であることがより好ましく、60%～66% であることがさらに好ましい。気孔率は、水銀圧入法の原理に基づいて測定され、詳細な測定方法は実験例 1 にて示す。

#### 【0021】

セル 21 の外縁 213 は、隔壁 22 の交差位置 225 で丸みを帯びている。つまり、図 3 に示すように、フィルタ軸方向 Y と直交する平面での断面において、セル 21 の外縁 213 が、隔壁 22 の交差位置 225 で例えば円弧状のような弧状になっている。上記断面において、隔壁 22 の交差位置 225 は、セル 21 の角部ということが出来る。つまり、セル 21 の外縁 213 が隔壁 22 の交差位置 225 で丸みを帯びていることは、セル 21 の角部が弧状であることと実質的に同じである。交差位置 225 が弧状であることにより、交差位置 225 が例えば直角形状である場合に比べて、交差位置 225 での隔壁 22 の断面積を大きくすることができる。これにより、隔壁 22 が交差位置 225 においてに補強され、フィルタ強度が向上する。特に、フィルタ軸方向 Y と直交する方向からの応力に対する強度が向上する。交差位置 225 は、格子状に形成された隔壁 22 が交差する位置である。フィルタ軸方向 Y と直交する方向は、排ガス浄化フィルタ 1 が円柱状の場合には、径方向である。

#### 【0022】

排ガス浄化フィルタ 1 のゆがみ度 について説明する。ゆがみ度は、フィルタ軸方向 Y における、排ガス浄化フィルタ 1 の外形寸法の変化度合である。より具体的には、ゆがみ度は、フィルタ軸方向 Y の両端からそれぞれ 5 mm 内側の位置、軸方向 Y の中央位置の合計 3 箇所における、軸方向 Y と直交方向での寸法（例えば半径）の最大値と、最小値との差である。

#### 【0023】

図 5 (a) には、ゆがみ度が 0 の排ガス浄化フィルタ 1 の外觀形状の例を示し、図 5 (b) には、ゆがみ度が大きな排ガス浄化フィルタ 1 の外觀形状の例を示す。図 5 (a)、(b) では、図面作成の便宜のため、隔壁 22、セルの図示を省略している。図 (a) に示される排ガス浄化フィルタ 1 に対して、図 (b) に示される排ガス浄化フィルタ 1 は軸がゆがんでいる、この場合、図 5 (c) に示されるようにフィルタ軸方向 Y と直交方向の外形寸法に差が生じる。この差がゆがみ度 である。排ガス浄化フィルタ 1 が例えば円柱状の場合には、外形寸法は、例えば半径である。なお、図 5 (c) では、図の紙面と直交方

10

20

30

40

50

向がフィルタ軸方向Yである。ゆがみ度の測定方法は、実験例にて示す。

【0024】

排ガス浄化フィルタ1においては、構造変数Xが0.05～6である。構造変数Xは、式Iに示すように、スキン部12の厚みTmmと、セル21の外縁213の交差位置225での曲率半径Rmmと、ゆがみ度mmとの関係で表される。ただし、T、R、のとりうる範囲は、0.3 ≤ T ≤ 1.0、0.02 ≤ R ≤ 0.6、0 < 歪み ≤ 1.5である。

$$X = T \times R / \dots \text{式I}$$

【0025】

T < 0.3の場合、R < 0.02の場合、歪み > 1.5の場合には、フィルタ強度が不十分になる。特に、フィルタ軸方向Yと直交する方向からの応力に対する強度が不十分となる。したがって、例えば、排ガス浄化フィルタ1にセラミックマットを巻き付けてフィルタケースに挿入する、キャニングと呼ばれる組み付け作業時に、排ガス浄化フィルタ1に割れが発生するおそれがある。T < 0.3の場合には、スキン部12の厚みが小さすぎるためである。R < 0.02の場合には、交差位置225での補強が不十分となるためである。歪み > 1.5の場合には、ゆがみが大きいため、フィルタに局所的な応力がかかりやすくなり、その応力が大きくなるためである。

10

【0026】

T > 1.0の場合、R > 0.6mの場合、圧損が大きくなる。T > 1.0の場合には、スキン部12の厚みが大きすぎるためである。R > 0.6の場合には、交差位置225での隔壁22の断面積が大きくなりすぎるためである。歪み = 0の場合には、フィルタは歪みを伴わない理想体となるが、焼成中に収縮するというセラミックの性質に反するため、歪みは実質的に0とはなりえない。

20

【0027】

構造変数Xについて説明する。構造変数Xは、式Iに示される通り、厚みTmmと、曲率半径Rmmと、ゆがみ度mmとの関数である。式Iにおいて、0.3 ≤ T ≤ 1.0、0.02 ≤ R ≤ 0.6、0 < 歪み ≤ 1.5である。構造変数Xを0.05～6の範囲内にすることにより、低圧損を維持しながら、フィルタ強度を向上させることができる。特に、フィルタ軸方向Yと直交する方向からの応力に対する強度が向上するため、上記のキャニング時の割れを防止することができる。低圧損と高強度とがより高いレベルで両立するという観点から、構造範囲Xは、0.1～6であることが好ましく、1～6であることがより好ましく、1～3であることがさらに好ましい。構造変数Xと、圧損、フィルタ強度との関係は、実験例1にて具体的に示す。

30

【0028】

フィルタ軸方向Yと直交する平面での、セル21の断面形状が四角形であり、セル21の水力直径dと曲率半径Rとが式IIの関係を満足することが好ましい。この場合には、低圧損と高強度とをより高いレベルで両立させることができる。図4に示されるセル21の断面形状のように、一般に、ガスが流れる開口断面が四角形状であってもガスは水力直径と呼ばれる直径を有する円の内側を流れる。したがって、水力直径の円の外側であれば、セル21の角部を弧状にしても理論的には圧力損失は増大しない。しかし、排ガス浄化フィルタ1では、隔壁22が多孔質であり、隔壁22内をガスが通過するため、水力直径の円の外側で曲率半径Rを設定した構造であっても、圧損が上昇する境界点が水力直径よりも外側となる曲率半径Rの数値範囲内に存在する。式IIの詳細については、実験例2で示す。

40

$$R \geq 0.5 \times d / 2 \dots \text{式II}$$

【0029】

セル構造部2の材料強度S<sub>A</sub>とスキン部12の材料強度S<sub>B</sub>とが、式IIIの関係を満足することが好ましい。この場合には、排ガスの流れが平準化され圧損上昇がさらに抑制されると共に、フィルタ強度がより向上する。式IIIの関係の詳細は、実験例3で示す。

$$S_A < S_B \dots \text{式III}$$

【0030】

セル構造部2の気孔率P<sub>A</sub>と、スキン部12の気孔率P<sub>B</sub>とが、下記式IVの関係を満足する

50

ことが好ましい。この場合にも、排ガスの流れが平準化され圧損上昇がさらに抑制されると共に、フィルタ強度がより向上する。セル構造部 2 の気孔率  $P_A$  は、隔壁 2 2 の気孔率と同じ意味である。式 IV の関係の詳細は、実験例 3 で示す。

$P_A > P_B$  . . . 式 IV

【 0 0 3 1 】

図 6 に示すように、排ガス浄化フィルタ 1 は、ガソリンエンジン E の排気通路 A に配置される。具体的には、例えば、排ガス浄化フィルタ 1 を内部に收容するフィルタケース C を排気通路 A が連結される。排ガス浄化フィルタ 1 は、そのスキン部 1 2 にセラミックマット M が巻回された状態でフィルタケース C 内に收容される。使用中の位置ずれを防ぐため、フィルタケース内 C 内の排ガス浄化フィルタ 1 には、軸方向 Y と直交する方向に外圧が付与される。

10

【 0 0 3 2 】

気孔率、スキン部 1 2 の厚み T、交差位置 2 2 5 でのセル 2 1 の外縁 2 1 3 の曲率半径 R、ゆがみ度 が上記範囲内にあり、構造変数 X が上記範囲内にある排ガス浄化フィルタ 1 は、圧損が低く、フィルタ強度が高い。つまり、低圧損を維持しつつ、軸方向 Y と直交する方向に外圧をかけても、排ガス浄化フィルタ 1 に割れが発生することを防止できる。

【 0 0 3 3 】

排ガス浄化フィルタ 1 は例えば次のようにして製造される。まず、コーゼライト形成原料を含む坏土を作製する。坏土は、シリカ、タルク、水酸化アルミニウムなどをコーゼライト組成となるように調整し、さらにメチルセルローズなどのバインダ、グラファイトなどの造孔材、潤滑油、水等を適宜加えて混合することにより作製される。コーゼライト組成となるように、アルミナ、カオリンを配合してもよい。シリカとしては、多孔質シリカを用いることができる。コーゼライト形成原料において、シリカ、タルクは、細孔形成原料となりうる。細孔形成原料は、細孔を形成する材料である。細孔形成原料は、焼成時に液相成分を生成し、これにより細孔が形成される。一方、コーゼライト形成原料において、水酸化アルミニウム、アルミナ、カオリンは、骨材原料となりうる。骨材原料は、細孔以外のセラミックス部分を形成する材料である。

20

【 0 0 3 4 】

次いで、坏土を成形、乾燥、焼成する。これにより、一体形成されたスキン部 1 2 とセル構造部 2 とを有するハニカム構造体が形成される。ハニカム構造体は、スキン部 1 2 と隔壁 2 2 とセル 2 1 とから構成される。封止部 1 1 は、ハニカム構造体の焼成後に形成されるか、又は焼成前に形成される。具体的には、例えば、封止部形成用のスラリーを用いて、焼成後のハニカム構造体あるいは焼成前のハニカム構造の成形体のセル 2 1 の端面を交互に封止し、焼成することにより封止部 1 1 が形成される。

30

【 0 0 3 5 】

スキン部 1 2 の厚み T、隔壁 2 2 の交差位置 2 2 5 での曲率半径 R、セル 2 1 の水力直径は、例えば、成形時の金型設計により調整することができる。ゆがみ度は、例えば、押出速度などの成形条件、成形体の乾燥条件、焼成条件などを変更することにより調整することができる。気孔率、材料強度は、例えば、原料組成、成形時に使用する金型の設計変更、押出成形圧力等の成形条件などにより調整することができる。

40

【 0 0 3 6 】

[ 実験例 ]

まず、実験例において用いる各種測定方法について説明する。なお、実験例以降において用いた符号のうち、既出の実施形態において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の実施形態におけるものと同様の構成要素等を表す。

【 0 0 3 7 】

・アイソスタティック強度試験

アイソスタティック強度試験は、社団法人自動車技術会発行の自動車規格(つまり、J A S O) M 5 0 5 - 8 7 に基づいて測定する。図 7 に示すように、排ガス浄化フィルタ 1 の軸方向 Y の両端面に厚さ 2 0 m m のアルミニウム板 5 1、5 2 を当接して両端面 1 8、1 9 を

50

密閉し、スキン部 1 2 の表面に厚さ 2 mm のゴム 5 3 を密着させた。この排ガス浄化フィルタ 1 を圧力容器に入れ、圧力容器内に水を導入し、スキン部 1 2 の表面から静水圧を加えた。排ガス浄化フィルタ 1 が破壊した時の圧力をアイソスタティック強度とする。

【 0 0 3 8 】

・ 圧損

排ガス浄化フィルタ 1 を 2 . 0 L のガソリン直噴エンジンの排気管内に取り付け、吸入空気量 ( G a ) が 1 0 0 g / s となる状態 ( 定常 ) にした。そして、排ガス浄化フィルタ 1 内に P M を含む排ガスを流した。このとき、排ガス浄化フィルタ 1 の前後の圧力を測定し、その差分を圧損として計測した。

【 0 0 3 9 】

・ 材料強度

まず、排ガス浄化フィルタ 1 から、図 8 ( a )、( b ) に示すように測定サンプル S 1、S 2 を採取した。具体的には、排ガス浄化フィルタ 1 におけるフィルタ軸方向 Y と直交方向 ( 具体的には、径方向 ) の中心部から半径方向に 3 0 mm の範囲から 5 本の測定サンプル S 2 を採取し、フィルタ軸方向 Y と直交方向の最外周から半径方向に 3 0 mm の範囲から 5 本の測定サンプル S 1 を採取した。図 8 ( a ) に示すように、最外周から半径方向に 3 0 mm の範囲からは、スキン部 1 2 を含む測定サンプル S 1 を採取する。測定サンプル S 1、S 2 は、幅方向に 4 セル分、厚み方向に 2 セル分のセル 2 1 を含む。測定サンプル S 1、S 2 のフィルタ軸方向 Y の長さは 5 0 mm であり、測定サンプルはブロック体である。

【 0 0 4 0 】

図 9 に示すように、測定サンプル S 1、S 2 について、J I S R 1 6 0 1 : 2 0 0 8 「ファインセラミックスの室温曲げ強さ試験方法」に準拠して、4 点曲げ試験を行い、測定サンプルにクラックが発生したときの曲げモーメント ( 単位 : N ・ m ) を、フィルタ断面を考慮した断面係数で除した値を材料強度とした。セル構造部 2 の材料強度 S A は、5 本の測定サンプル S 2 の材料強度の平均値である。スキン部 1 2 の材料強度 S B は、5 本の測定サンプル S 1 の材料強度の平均値である。

【 0 0 4 1 】

材料強度は、以下の式で表される。

材料強度 ( M P a ) = 曲げモーメント ( N ・ m m ) / 断面係数 ( m m <sup>3</sup> )

【 0 0 4 2 】

曲げモーメントは、以下の式で表される。

曲げモーメント ( N ・ m m ) = 荷重 ( N ) × 4 点曲げ試験の支点間距離 ( m m ) / 4

【 0 0 4 3 】

断面係数は、下記式 V で表される。図 1 0 に示されるように、式 V において、a : フィルタ軸方向 Y に直交する面での測定サンプルの断面積 ( m m <sup>2</sup> )、y : 各基準軸から部材表面までの距離 ( m m )、b : 測定サンプルの幅 ( m m )、h : 測定サンプルの高さ ( m m )、i : 各セル部の断面二次モーメント ( m m <sup>4</sup> ) とする。図 1 0 では、測定サンプル S 1 を示すが、測定サンプル S 2 についても同様である。

【 0 0 4 4 】

【 数 1 】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 \text{断面係数}(\text{mm}^3) &= \frac{\text{断面二次モーメント}(\text{mm}^4)}{\text{基準軸から部材表面までの距離}(\text{mm})} \\
 &= \frac{\sum (ay^2+i) - \sum aY^2}{Y} \\
 &= \frac{\sum (ay^2+i) - \sum a(\sum ay/(a-\sum a))^2}{\sum ay/(a-\sum a)} \quad \dots (V) \\
 &= \frac{\sum (ay^2+i)}{\sum ay/(a-\sum a)} - \sum a \times \sum ay/(a-\sum a) \\
 &= \frac{\sum (ay^2+bh^3/12)}{\sum ay/(a-\sum a)} - \sum a \times \sum ay/(a-\sum a)
 \end{aligned}$$

## 【 0 0 4 5 】

・ 隔壁の交差位置での曲率半径 R

図 3 に示されるように、曲率半径は、隔壁 2 2 の交差位置 2 2 5 におけるセル 2 1 の丸みを帯びた部分に隣接する最大円の半径 R である。図 1 1 に示すように、測定箇所は、フィルタ軸方向 Y と直交する方向での中心部 O、この中心部 O からそれぞれ 4 5 度方向の位置にあり、かつ、中心部 O とスキン部 1 2 との距離の半分の位置にある 4 箇所の位置である。つまり、測定位置は計 5 箇所である。各測定位置において、1 つの交差位置 2 2 5 に形成される 4 つの曲率半径を測定した。つまり、合計 2 0 箇所の曲率半径を測定した。これらの平均値を、隔壁 2 2 の交差位置 2 2 5 での曲率半径とする。

## 【 0 0 4 6 】

・ 水力直径 d

水力直径は、流体の流れる管内の内径を指す。排ガス浄化フィルタの断面四角形状のセルのように流路断面が円形でないときには、水力直径 d は、セルの断面積 A とセルの断面長 L とから、次の式 VI から算出される。なお、セルの断面形状が四角形の場合には、断面長 L は、四角形の各辺の総和であり、セルの断面形状で丸みを帯びた頂点を、丸みを帯びていない直角な頂点とみなして、各辺の長さを測定する。測定位置は、上述の曲率半径 R に準ずる。

$$D = 4 A / L \quad \dots \text{式 VI}$$

## 【 0 0 4 7 】

・ スキン部の厚み T

フィルタの軸方向 Y の端面（流入端面 1 8 又は流出端面 1 9 ）におけるスキン部 1 2 の厚みを 8 箇所について測定した。スキン部 1 2 の厚み T は、8 箇所での厚みの平均値である。測定には、工具顕微鏡を用いた。測定位置は、フィルタ軸方向 Y と直交方向での中心部 O から格子方向に沿ってスキン部 1 2 に向けて引いた線のスキン部 1 2 との 4 つの交点、中心部 O から格子方向と 4 5 ° 傾いた方向に沿ってスキン部 1 2 に向けて引いた線のスキン部 1 2 との 4 つの交点である。つまり、測定位置は、合計 8 箇所であり、図 1 2 における 8 箇所の破線の円印内である。

## 【 0 0 4 8 】

・ ゆがみ度

レーザー測定装置を用いて、両端面（流入端面 18 及び流出端面 19）からそれぞれフィルタ軸方向 Y の内側に 5 mm の位置、フィルタ軸方向 Y の中央位置において、排ガス浄化フィルタ 1 の外周の半径寸法を測定した。これにより、図 13 に例示される排ガス浄化フィルタ 1 の外周の半径寸法図が得られる。3 箇所半径寸法図における最大半径と最小半径との差をゆがみ度とする。なお、図 13 では、流入端面 18 から 5 mm の位置での半径寸法が H、中央位置における半径寸法が M、流出端面 19 から 5 mm の位置での半径寸法が L で表されている。図 13 に示される半径寸法図は、ゆがみが少ないほど真円に近づき、ゆがみがない場合には真円となる。

【0049】

・セル構造部の気孔率  $P_A$ 、スキン部の気孔率  $P_B$

排ガス浄化フィルタ 1 の隔壁 22 における気孔率を、水銀圧入法の原理を用いた水銀ポロシメータにより測定した。水銀ポロシメータとしては、島津製作所社製のオートポア I V 9500 を用いた。測定条件は、以下の通りである。

【0050】

まず、排ガス浄化フィルタ 1 のセル構造部 2、スキン部 12 から測定サンプルを採取した。セル構造部 2 の測定サンプルは、フィルタ軸方向 Y の長さが 1 cm、隔壁 22 の厚み方向の長さが 1 cm、フィルタ軸方向 Y と壁厚方向に直交する長さが 1 cm の略立方体である。スキン部 12 の測定サンプルは、フィルタ軸方向 Y の長さが 1 cm、隔壁 22 厚み方向の長さが、スキン部を含み、スキン部からフィルタ中心部に向かう長さが 1 cm、フィルタ軸方向 Y と壁厚方向に直交する長さが 1 cm の略立方体である。測定サンプルを水銀ポロシメータの測定セル内を収納し、測定セル内を減圧した。その後、測定セル内に水銀を導入して加圧し、加圧時の圧力と測定サンプルの細孔内に導入された水銀の体積より、気孔径を測定した。

【0051】

測定は、圧力 0.5 ~ 20000 psia の範囲で行った。なお、0.5 psia は、 $0.35 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}^2$  に相当し、20000 psia は  $14 \text{ kg/mm}^2$  に相当する。この圧力範囲に相当する気孔径の範囲は 0.01 ~ 420  $\mu\text{m}$  である。圧力から気孔径を算出する際の常数として、接触角  $140^\circ$  および表面張力  $480 \text{ dyn/cm}$  を使用した。気孔率は、次の関係式より算出した。なお、コーゼライトの真比重は 2.52 である。

気孔率 (%) = 総気孔容積 / (総気孔容積 + 1 / コーゼライトの真比重)  $\times 100$

【0052】

(実験例 1)

本例では、製造条件を変えて、複数の排ガス浄化フィルタ 1 を製造した。排ガス浄化フィルタ 1 は、軸方向 Y の長さ L が 120 mm、直径が 118 mm、セル 21 の断面形状が四角形、隔壁 22 の厚さが 0.2 mm、セルピッチが 1.47 mm、気孔率が 64% である。排ガス浄化フィルタ 1 について、スキン部 12 の厚み T、交差位置 225 での曲率半径 R、ゆがみ度、圧損、アイソスタティック強度をそれぞれ測定した。また、式 I に基づいて、構造変数 X を算出した。その結果を表 1 ~ 表 8、図 14、図 15 に示す。

【0053】

10

20

30

40

50

## 【表 1】

(表1)スキン部の厚みの変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	圧力損失
mm	mm	mm	-	kPa
0.3	0.1	0.60	1.80	3.30
0.4	0.1	0.60	2.40	3.30
0.5	0.1	0.60	3.00	3.30
0.6	0.1	0.60	3.60	3.30
0.7	0.1	0.60	4.20	3.30
0.8	0.1	0.60	4.80	3.30
0.9	0.1	0.60	5.40	3.30
1	0.1	0.60	6.00	3.30
1.5	0.1	0.60	9.00	3.30

10

## 【 0 0 5 4 】

## 【表 2】

(表2)ゆがみ度の変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	圧力損失
mm	mm	mm	-	kPa
1	1.5	0.60	0.40	3.30
1	1.4	0.60	0.43	3.30
1	1.3	0.60	0.46	3.30
1	1.2	0.60	0.50	3.30
1	1.1	0.60	0.55	3.30
1	1	0.60	0.60	3.30
1	0.9	0.60	0.67	3.30
1	0.8	0.60	0.75	3.30
1	0.7	0.60	0.86	3.30
1	0.6	0.60	1.00	3.30
1	0.5	0.60	1.20	3.30
1	0.4	0.60	1.50	3.30
1	0.3	0.60	2.00	3.30
1	0.2	0.60	3.00	3.30
1	0.1	0.60	6.00	3.30

30

40

## 【 0 0 5 5 】

50

## 【表 3】

(表3)曲率半径Rの変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	圧力損失
mm	mm	mm	-	kPa
1	0.1	0.02	0.20	3.30
1	0.1	0.10	1.00	3.30
1	0.1	0.20	2.00	3.34
1	0.1	0.30	3.00	3.38
1	0.1	0.40	4.00	3.42
1	0.1	0.50	5.00	3.46
1	0.1	0.60	6.00	3.50
1	0.1	0.70	7.00	4.00
1	0.1	1.00	10.00	6.60

10

## 【 0 0 5 6 】

## 【表 4】

(表4)組み合わせの変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	圧力損失
mm	mm	mm	-	kPa
0.6	0.25	0.40	1.00	3.30
0.8	0.2	0.49	2.00	3.34
0.9	0.16	0.53	3.00	3.38
0.9	0.13	0.57	4.00	3.42
1	0.12	0.60	5.00	3.46
1	0.1	0.60	6.00	3.50
1	0.1	0.70	7.00	4.00
1	0.1	1.00	10.00	6.60

30

## 【 0 0 5 7 】

40

50

【表 5】

(表5)スキン部の厚みの変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	アイソスタティック強度
mm	mm	mm	-	MPa
0.3	0.1	0.20	0.60	0.7
0.4	0.1	0.20	0.80	0.9
0.5	0.1	0.20	1.00	1.1
0.6	0.1	0.20	1.20	1.3
0.7	0.1	0.20	1.40	1.5
0.8	0.1	0.20	1.60	1.7
0.9	0.1	0.20	1.80	1.9

10

【 0 0 5 8 】

【表 6】

(表6)ゆがみ度の変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	アイソスタティック強度
mm	mm	mm	-	MPa
1	1.5	0.20	0.13	0.7
1	1.2	0.20	0.17	0.8
1	0.8	0.20	0.25	1
1	0.4	0.20	0.50	1.2
1	0.1	0.20	2.00	1.5

20

【 0 0 5 9 】

【表 7】

(表7)曲率半径Rの変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	アイソスタティック強度
mm	mm	mm	-	MPa
0.6	0.5	0.02	0.02	0.5
0.6	0.5	0.10	0.12	0.8
0.6	0.5	0.20	0.24	1
0.6	0.5	0.30	0.36	1.2
0.6	0.5	0.60	0.72	1.5
0.6	0.5	1.00	1.20	1.8

30

40

【 0 0 6 0 】

50

## 【表 8】

(表8)組み合わせの変化

スキン部の厚みT	ゆがみ度 $\delta$	曲率半径R	X	アイソスタティック強度
mm	mm	mm	-	MPa
0.3	1.5	0.02	0.004	0.7
0.3	1.5	0.13	0.03	0.8
0.3	1.5	0.25	0.05	1
0.6	1	0.20	0.12	1.1
0.6	0.5	0.20	0.24	1.2
0.6	0.5	0.30	0.36	1.4
0.6	0.1	0.20	1.20	2

10

## 【0061】

表1～4、図14より知られるように、スキン部12の厚みT又はゆがみ度をそれぞれ単独で変化させても、圧力損失の値は変化しない。式Iで表される構造変数Xに着目することにより、低圧損を維持したままキャニング強度向上を狙うことができる。また、図14より知られるように、曲率半径Rを変化させると、曲率半径がある値以上になると圧力損失が上昇する。この圧力損失の上昇を防ぐという観点から、構造変数Xは6以下である。

20

## 【0062】

表5～8、図15より知られるように、スキン部12の厚みT、ゆがみ度、又は曲率半径Rを、それぞれ単独で変化させてもアイソスタティック強度に影響を及ぼす。これらの各パラメータの値を、アイソスタティック強度の効果をもたらす方向へ動かすと、アイソスタティック強度は向上する。各パラメータの変化を組み合わせると、構造変数Xが小さい値の範囲でもアイソスタティック強度の向上効果をもたらす。ガソリンエンジンの排気通路への搭載時の割れを防ぐために要求される強度（例えばキャニング強度）を満足するという観点から、構造変数Xは0.05以上である。

30

## 【0063】

このように、構造変数Xを0.05～6に調整することにより、排ガス浄化フィルタ1の圧損を低く保ちつつ、フィルタ強度を十分に高めることができる。

## 【0064】

(実験例2)

本例では、隔壁22の交差位置225での曲率半径Rの異なる複数の排ガス浄化フィルタ1を製造した。排ガス浄化フィルタ1は、軸方向Yの長さLが100mm、直径が118mm、隔壁厚さが0.2mmであり、セル21の断面形状が四角形、セルピッチが1.47mm、気孔率が63%である。排ガス浄化フィルタ1について、曲率半径R、圧損を測定した。曲率半径Rと圧損との関係を図16に示す。

40

## 【0065】

あるセル仕様の排ガス浄化フィルタ1について、理論から計算されるセル21の水力直径dは1.27mmであり、曲率半径Rの上限値は、0.635mmである。一方、図16に示す実測結果によると、曲率半径Rを0から0.4mmにすると圧損が7.1%上昇し、曲率半径Rには、圧損が大きく上昇する特異点がある。この特異点以下にするという観点から、曲率半径Rの上限を0.3mmとする。つまり、R=0.3であれば、圧損を低く保つことができる。ただし、隔壁22の厚み、セルピッチに設計仕様範囲があるため、曲率半径Rと水力直径dの1/2（つまり、水力直径の円の半径）との比 $R / (0.5 \times d)$ により、圧損を低く保つことができる上限を設定する。つまり、 $R / (0.5 \times d) = 0.3 / 0.635 = 0.47 \sim 0.5$ である。

50

したがって、式II:  $R = 0.5 \times d / 2$  を満足すれば、圧損をより低減することができる。

【0066】

(実験例3)

本例では、セル構造部2とスキン部12とで、材料強度、気孔率が異なる複数の排ガス浄化フィルタ1を製造した。排ガス浄化フィルタ1は、軸方向Yの長さLが100mm、直径が118mm、隔壁厚さが0.2mmであり、セル21の断面形状が四角形、セルピッチが1.47mmである。排ガス浄化フィルタ1について、材料強度、アイソスタティック強度、気孔率を測定した。材料強度とアイソスタティック強度との関係を図17に示し、気孔率と材料強度との関係を図18に示す。

【0067】

図17は、排ガス浄化フィルタ1の材料強度と、アイソスタティック強度との関係を示す。図17に示すように、データを線形近似すると、材料強度が大きくなると、アイソスタティック強度も大きくなる傾向があることがわかる。また、図18は、気孔率と材料強度との関係を示す。図18に示すように、データを線形近似すると、材料強度は、気孔率に対して負の比例関係があることがわかる。つまり、気孔率が高くなると、材料強度は小さくなる傾向にある。

【0068】

キャニング時の応力は、排ガス浄化フィルタ1の最外周、つまりスキン部12に集中する。したがって、キャニング時の割れを防止するという観点からは、スキン部12の材料強度が大きい方が有利である。一方、気孔率が高くなると材料強度が低くなるため、セル構造部2の材料強度が低いことは、隔壁22にガスの通り穴が多いことを意味する。排ガスは、排ガス浄化フィルタ1の軸方向Yと直交方向における中心部側に流れ易く、スキン部12側(つまり、外周側)には流れ難いため、排ガス浄化フィルタ1での排ガス流量は、中心部側が外周側よりも支配的である。したがって、スキン部12の材料強度を大きくしても、フィルタ内を流れる排ガス流量に与える影響は小さく、圧損上昇も抑制される。

【0069】

このように、圧損を抑制しつつ、フィルタ強度をより向上させ、例えばキャニング時における割れを防止するという観点から、スキン部12の材料強度 $S_B$ は、セル構造部2の材料強度 $S_A$ より大きいことが好ましい。つまり、 $S_A < S_B$ が好ましい。同様の観点から、セル構造部2の気孔率 $P_A$ はスキン部12の気孔率 $P_B$ よりも大きいことが好ましい。つまり、 $P_A > P_B$ であることが好ましい。

【0070】

本発明は上記実施形態、実験例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することが可能である。例えば、排ガス浄化フィルタは、ガソリンエンジンから排出される排ガスの浄化に好適であるが、ディーゼルエンジンから排出される排ガスの浄化に用いることもできる。排ガス浄化フィルタは、両端面の開口セルが、互い違いに、封止部により閉塞される四角セル形状のフィルタに好適であるが、互い違いに閉塞されていれば四角セル形状に限定されるものではない。

【符号の説明】

【0071】

- 1 排ガス浄化フィルタ
- 11 封止部
- 12 スキン部
- 2 セル構造部
- 21 セル
- 22 隔壁
- 225 交差位置

10

20

30

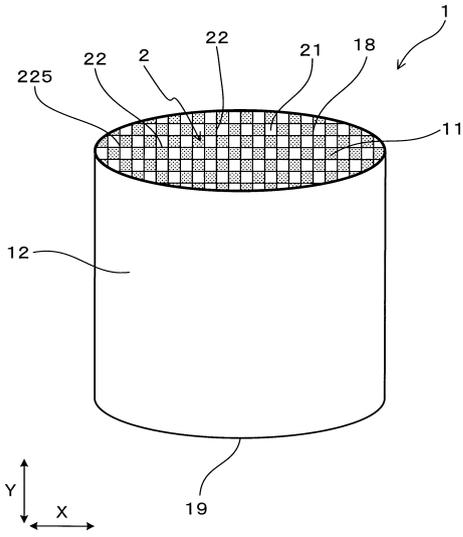
40

50

【図面】

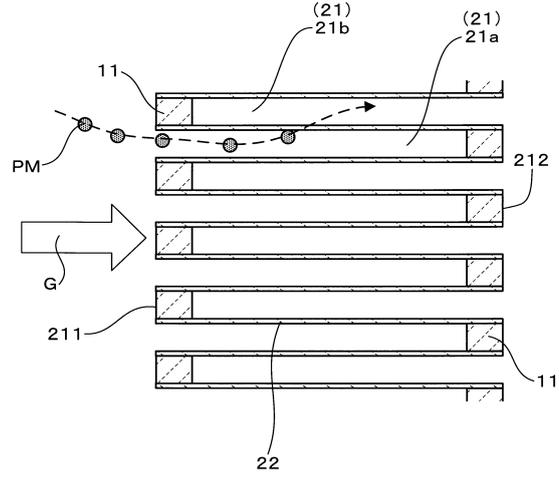
【図 1】

(図 1)



【図 2】

(図 2)

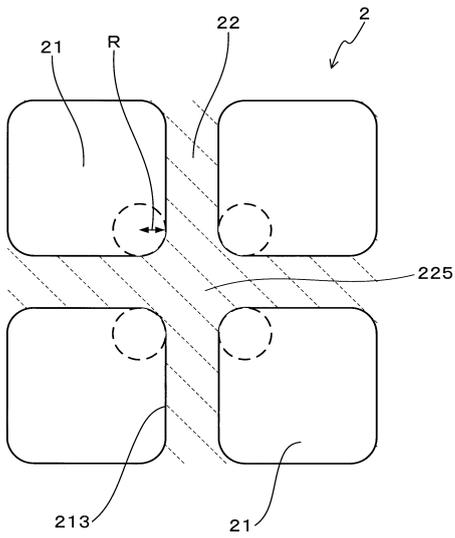


10

20

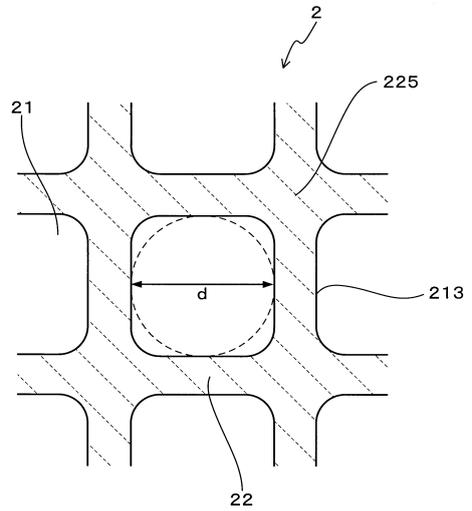
【図 3】

(図 3)



【図 4】

(図 4)



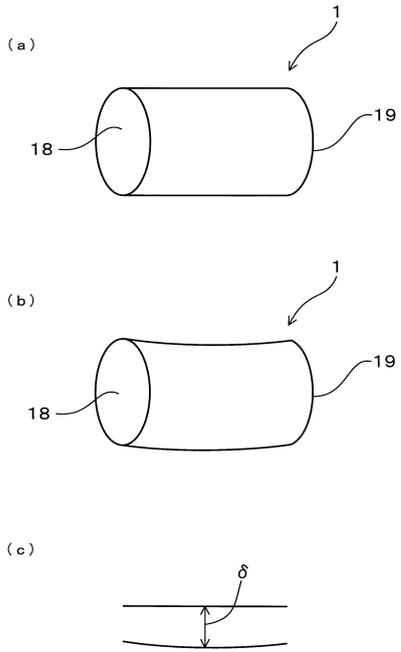
30

40

50

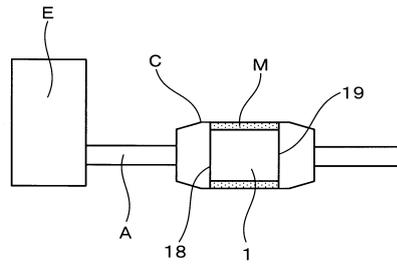
【図5】

(図5)



【図6】

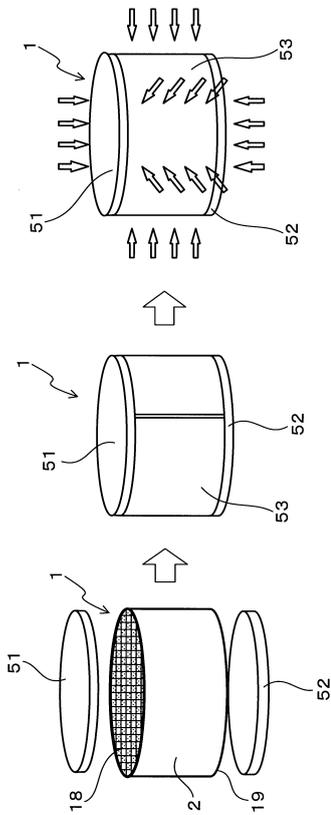
(図6)



10

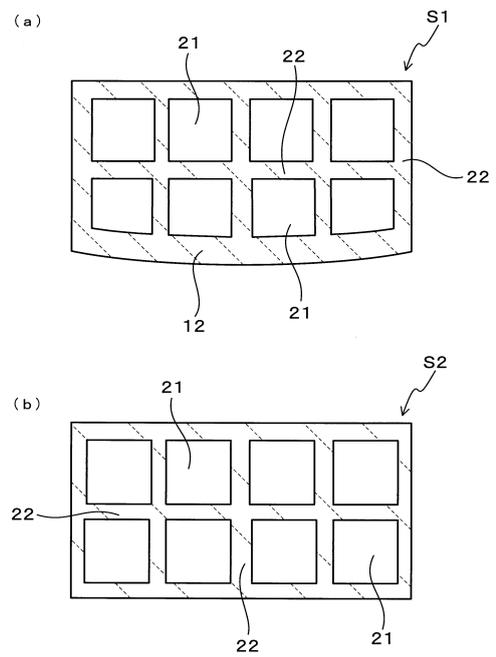
【図7】

(図7)



【図8】

(図8)



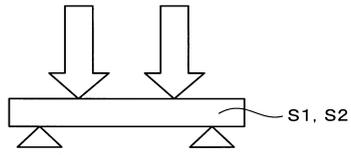
30

40

50

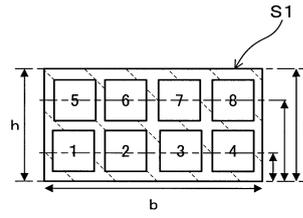
【図 9】

(図 9)



【図 10】

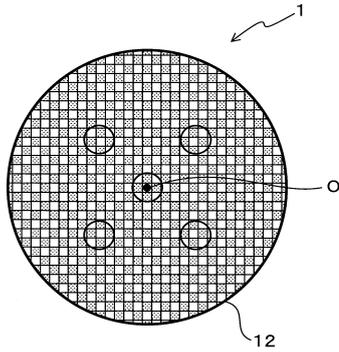
(図 10)



10

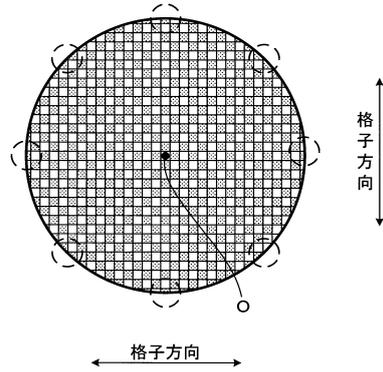
【図 11】

(図 11)



【図 12】

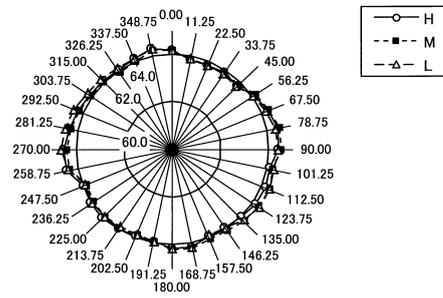
(図 12)



20

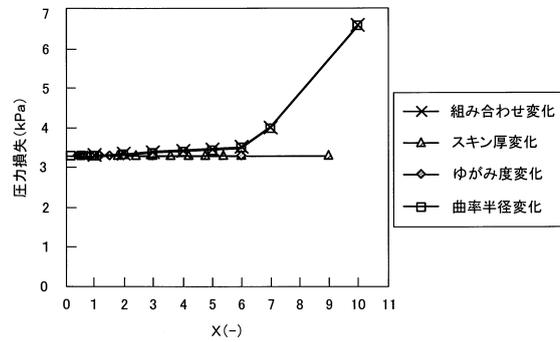
【図 13】

(図 13)



【図 14】

(図 14)



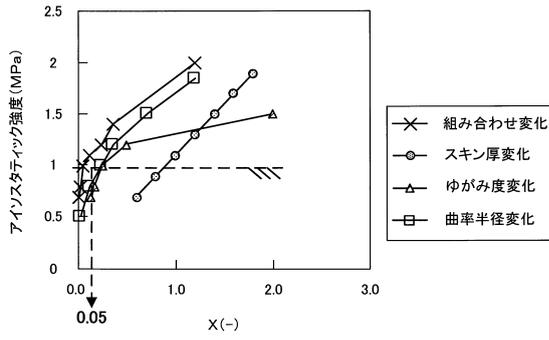
30

40

50

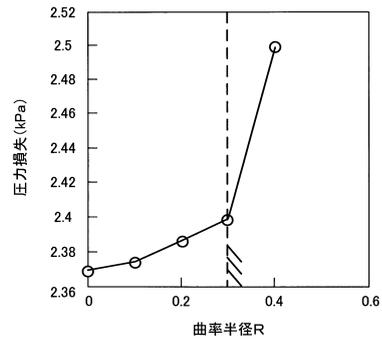
【 図 1 5 】

(図 1 5)



【 図 1 6 】

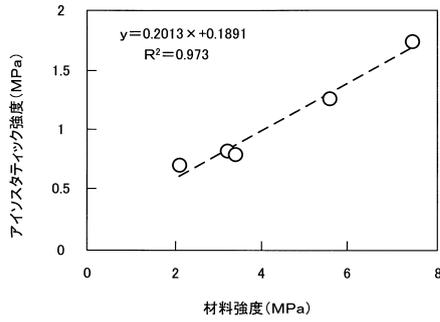
(図 1 6)



10

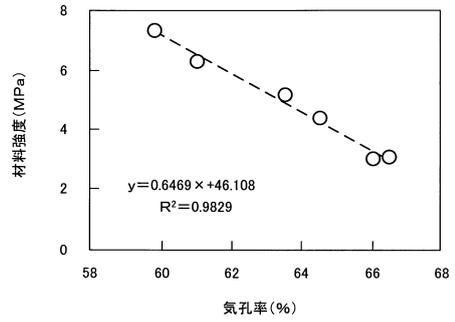
【 図 1 7 】

(図 1 7)



【 図 1 8 】

(図 1 8)



20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2004/078674(WO, A1)  
特開2018-192389(JP, A)  
特開2010-221159(JP, A)  
特開2018-145928(JP, A)  
国際公開第2007/091688(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |             |
|------|-------------|
| F01N | 3/01 - 3/02 |
| B01D | 46/00       |
| C04B | 38/00       |