

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6724697号
(P6724697)

(45) 発行日 令和2年7月15日 (2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月29日 (2020.6.29)

(51) Int. Cl.	F I
B O 1 D 46/00 (2006.01)	B O 1 D 46/00 3 O 2
B O 1 J 35/04 (2006.01)	B O 1 J 35/04 3 O 1 E
B 2 8 B 3/26 (2006.01)	B 2 8 B 3/26 Z A B A
B O 1 D 53/94 (2006.01)	B O 1 J 35/04 3 O 1 A
B O 1 D 39/20 (2006.01)	B O 1 J 35/04 3 O 1 N
請求項の数 9 (全 23 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2016-192453 (P2016-192453)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成28年9月30日 (2016.9.30)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2018-51500 (P2018-51500A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成30年4月5日 (2018.4.5)	(74) 代理人	110000648
審査請求日	平成30年11月27日 (2018.11.27)		特許業務法人あいち国際特許事務所
		(72) 発明者	今川 弘勝
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	丹羽 悠登
			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	目代 博茂
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 ハニカム構造体とその製造方法及び排ガス浄化フィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

両端開口の筒状外皮 (11) の内側を区画する多孔質のセル壁 (2) と、
上記セル壁に囲まれ、上記筒状外皮の軸方向 (X) に延びるガス流路 (12) を形成する多数のセル (3) と、

上記ガス流路の上流側の端面において、多数の上記セルを互い違いに閉塞する栓部 (4) と、を有する、ハニカム構造体 (1) であって、

多数の上記セルは、上記栓部を有する栓詰セル (31) と、上記栓部を有しない貫通セル (32) とからなり、

上記栓詰セルと上記貫通セルとは、それぞれ、全周囲が上記セル壁に囲まれる完全セル (3a、31a、32a) と、上記筒状外皮と上記セル壁とに囲まれ、不完全なセル断面形状を有する不完全セル (3b、31b、32b) とを有しており、

完全セル形状の上記栓詰セルである栓詰完全セル (31a) のセル断面積 A と、完全セル形状の上記貫通セルである貫通完全セル (32a) のセル断面積 B との比率 A / B が、1 以上 1.1 未満の範囲にあり、

上記不完全セルは、上記栓詰セルである栓詰不完全セル (31b) と、上記貫通セルである貫通不完全セル (32b) とを有すると共に、全ての上記栓詰不完全セルを、上記軸方向に延びるセル内の全体が閉塞された閉塞セル (3c) としてあり、かつ、上記栓詰不完全セルが閉塞されてなる上記閉塞セルは、それぞれ、少なくとも1つの上記貫通完全セルに隣接し、

10

20

上記ガス流路の下流側において、上記閉塞セルに隣接する上記貫通完全セルは、ガス流れが上記セル壁を透過する壁透過流速が、上記閉塞セルに隣接しないときの上記貫通完全セルにおける壁透過流速よりも大きい、ハニカム構造体。

【請求項 2】

両端開口の筒状外皮（ 1 1 ）の内側を区画する多孔質のセル壁（ 2 ）と、

上記セル壁に囲まれ、上記筒状外皮の軸方向（ X ）に延びるガス流路（ 1 2 ）を形成する多数のセル（ 3 ）と、

上記ガス流路の上流側の端面において、多数の上記セルを互い違いに閉塞する栓部（ 4 ）と、を有する、ハニカム構造体（ 1 ）であって、

多数の上記セルは、上記栓部を有する栓詰セル（ 3 1 ）と、上記栓部を有しない貫通セル（ 3 2 ）とからなり、

上記栓詰セルと上記貫通セルとは、それぞれ、全周囲が上記セル壁に囲まれる完全セル（ 3 a、3 1 a、3 2 a ）と、上記筒状外皮と上記セル壁とに囲まれ、不完全なセル断面形状を有する不完全セル（ 3 b、3 1 b、3 2 b ）とを有しており、

完全セル形状の上記栓詰セルである栓詰完全セル（ 3 1 a ）のセル断面積 A と、完全セル形状の上記貫通セルである貫通完全セル（ 3 2 a ）のセル断面積 B との比率 A / B が、1 . 1 以上 5 以下の範囲にあり、

上記不完全セルは、上記栓詰セルである栓詰不完全セル（ 3 1 b ）と、上記貫通セルである貫通不完全セル（ 3 2 b ）とを有すると共に、少なくとも、上記栓詰不完全セルのうち、そのセル断面積 A 1 が、上記貫通完全セルのセル断面積 B よりも小さい上記栓詰不完全セルを、上記軸方向に延びるセル内の全体が閉塞された閉塞セル（ 3 c ）としてあり、かつ、上記栓詰不完全セルが閉塞されてなる上記閉塞セルは、それぞれ、少なくとも 1 つの上記貫通完全セルに隣接し、

上記ガス流路の下流側において、上記閉塞セルに隣接する上記貫通完全セルは、ガス流れが上記セル壁を透過する壁透過流速が、上記閉塞セルに隣接しないときの上記貫通完全セルにおける壁透過流速よりも大きい、ハニカム構造体。

【請求項 3】

上記不完全セルのうち、上記貫通不完全セルの少なくとも一部には、上記閉塞セルが形成されない、請求項 1 又は 2 に記載のハニカム構造体。

【請求項 4】

多数の上記セルは、上記貫通セルの断面形状が四角形状であり、上記栓詰セルの断面形状が四角形以上の多角形状である、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のハニカム構造体。

【請求項 5】

全ての上記栓詰不完全セルを、上記軸方向に延びるセル内の全体が閉塞された閉塞セルとした、請求項 2 に記載のハニカム構造体。

【請求項 6】

上記不完全セルのうち、上記貫通不完全セルの少なくとも一部を、上記閉塞セルとしてあり、上記ガス流路の流路長 L は、4 0 m m 以上である、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載のハニカム構造体。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のハニカム構造体の製造方法であって、

上記セル壁及び上記筒状外皮に対応する形状の押出溝部を有する押出金型を用い、上記押出溝部に上記ハニカム構造体の成形材料を供給して、ハニカム構造に押出成形する成形工程と、

得られたハニカム成形体の一方の端面側において、上記栓詰セルとなる上記セル内に上記栓部の形成材料を充填する栓詰め工程と、

上記不完全セルのうち上記閉塞セルとなる上記セル内に、上記栓詰め工程と同時に、又は上記栓詰め工程後において、上記軸方向の全体に上記栓部の形成材料を充填する閉塞工程と、を有する、ハニカム構造体の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のハニカム構造体の製造方法であって、

上記セル壁及び上記筒状外皮に対応する形状の押出溝部を有する押出金型を用い、上記押出溝部に上記ハニカム構造体の成形材料を供給して、ハニカム構造に押出成形する成形工程と、

得られたハニカム成形体の一方の端面側において、上記栓詰セルとなる上記セル内に上記栓部の形成材料を充填する栓詰め工程と、を有し、

上記押出金型は、上記押出溝部のうち、上記閉塞セルに対応する部位に、両端面間を貫通する不完全セル形状の開口部を有する、ハニカム構造体の製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のハニカム構造体を、内燃機関（E）の排ガス管路（E1）に備え、上記ハニカム構造体は、上記排ガス管路内に、上記ガス流路と上記軸方向を一致させて配置される、排ガス浄化フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、片栓フィルタ構造のハニカム構造体とその製造方法、及びハニカム構造体を用いた排ガス浄化フィルタに関する。

【背景技術】

【0002】

自動車エンジン等の内燃機関の排気管には、排ガスに含まれる粒子状物質（すなわち、Particulate Matter：以下、適宜PMと称する）を捕集する排ガス浄化フィルタが設けられる。排ガス浄化フィルタは、多孔質のセル壁と、セル壁に囲まれて形成される多数のセルとを有するハニカム構造体からなる。ハニカム構造体は、セル内を排ガス通路としており、多数の平行なセルが、排ガス流れの上流側又は下流側の端面において互い違いに目封じされた両栓フィルタ構造を有するものが、一般的である。排ガスは、上流側が開口したセルに流入し、セル壁を透過する間に粒子状物質が除去されて、下流側が開口したセルから排出される。

【0003】

一方、セルの目封じを上流側のみとした片栓フィルタ構造のハニカム構造体が提案されている。例えば、特許文献1には、複数のセルを区画形成する多孔質壁を有し、一部のセルが排ガスの流入側端面において実質的に塞がれ、残りのセルが流入側端面から流出側端面まで貫通するハニカム構造体が開示されている。排ガスには、エンジンオイルや燃料中の不純物（例えば、S、Ca等）に由来する微量の灰分（すなわち、Ash）が含まれており、この灰分がハニカム構造体に堆積すると、圧力損失が増加して、PM捕集の効率が低下する。これに対し、片栓フィルタ構造とすると、開放されたセルから灰分を排出させて、灰分の堆積を抑制できる利点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-175359号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

片栓構造の排ガス浄化フィルタは、排ガス流れの下流側へ向かうにつれて、隣り合うセル間の圧力差が小さくなるために、排ガスがセル壁を透過しにくくなる。そのため、特許文献1では、圧力差が大きくなるように、貫通セルと目封止セルとでその水力直径を変えた構造となっている。しかしながら、その場合でも、圧力差の大きい排ガスの入口側付近のセル壁を除くと、PM捕集が必ずしも効率よくないのが実情であった。

【0006】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、ガス流れの下流側においても、隣り合うセル間を区画するセル壁を透過してガスが流通可能であり、流入するガス中の粒子状物質の捕集性能を向上できるハニカム構造体と、その製造方法、及びそれを用いた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】

【0007】

本発明の一態様は、

両端開口の筒状外皮（１１）の内側を区画する多孔質のセル壁（２）と、

上記セル壁に囲まれ、上記筒状外皮の軸方向（Ｘ）に延びるガス流路（１２）を形成する多数のセル（３）と、

上記ガス流路の上流側の端面において、多数の上記セルを互い違いに閉塞する栓部（４）と、を有する、ハニカム構造体（１）であって、

多数の上記セルは、上記栓部を有する栓詰セル（３１）と、上記栓部を有しない貫通セル（３２）とからなり、

上記栓詰セルと上記貫通セルとは、それぞれ、全周囲が上記セル壁に囲まれる完全セル（３ａ、３１ａ、３２ａ）と、上記筒状外皮と上記セル壁とに囲まれ、不完全なセル断面形状を有する不完全セル（３ｂ、３１ｂ、３２ｂ）とを有しており、

完全セル形状の上記栓詰セルである栓詰完全セル（３１ａ）のセル断面積Ａと、完全セル形状の上記貫通セルである貫通完全セル（３２ａ）のセル断面積Ｂとの比率Ａ／Ｂが、
１以上１．１未満の範囲にあり、

上記不完全セルは、上記栓詰セルである栓詰不完全セル（３１ｂ）と、上記貫通セルである貫通不完全セル（３２ｂ）とを有すると共に、全ての上記栓詰不完全セルを、上記軸方向に延びるセル内の全体が閉塞された閉塞セル（３ｃ）としてあり、かつ、上記栓詰不完全セルが閉塞されてなる上記閉塞セルは、それぞれ、少なくとも１つの上記貫通完全セルに隣接し、

上記ガス流路の下流側において、上記閉塞セルに隣接する上記貫通完全セルは、ガス流れが上記セル壁を透過する壁透過流速が、上記閉塞セルに隣接しないときの上記貫通完全セルにおける壁透過流速よりも大きい、ハニカム構造体にある。

本発明の他の態様は、

両端開口の筒状外皮（１１）の内側を区画する多孔質のセル壁（２）と、

上記セル壁に囲まれ、上記筒状外皮の軸方向（Ｘ）に延びるガス流路（１２）を形成する多数のセル（３）と、

上記ガス流路の上流側の端面において、多数の上記セルを互い違いに閉塞する栓部（４）と、を有する、ハニカム構造体（１）であって、

多数の上記セルは、上記栓部を有する栓詰セル（３１）と、上記栓部を有しない貫通セル（３２）とからなり、

上記栓詰セルと上記貫通セルとは、それぞれ、全周囲が上記セル壁に囲まれる完全セル（３ａ、３１ａ、３２ａ）と、上記筒状外皮と上記セル壁とに囲まれ、不完全なセル断面形状を有する不完全セル（３ｂ、３１ｂ、３２ｂ）とを有しており、

完全セル形状の上記栓詰セルである栓詰完全セル（３１ａ）のセル断面積Ａと、完全セル形状の上記貫通セルである貫通完全セル（３２ａ）のセル断面積Ｂとの比率Ａ／Ｂが、
１．１以上５以下の範囲にあり、

上記不完全セルは、上記栓詰セルである栓詰不完全セル（３１ｂ）と、上記貫通セルである貫通不完全セル（３２ｂ）とを有すると共に、少なくとも、上記栓詰不完全セルのうち、そのセル断面積Ａ１が、上記貫通完全セルのセル断面積Ｂよりも小さい上記栓詰不完全セルを、上記軸方向に延びるセル内の全体が閉塞された閉塞セル（３ｃ）としてあり、かつ、上記栓詰不完全セルが閉塞されてなる上記閉塞セルは、それぞれ、少なくとも１つの上記貫通完全セルに隣接し、

上記ガス流路の下流側において、上記閉塞セルに隣接する上記貫通完全セルは、ガス流れが上記セル壁を透過する壁透過流速が、上記閉塞セルに隣接しないときの上記貫通完全

10

20

30

40

50

セルにおける壁透過流速よりも大きい、ハニカム構造体にある。

【 0 0 0 8 】

本発明の他の態様は、上記ハニカム構造体の製造方法であって、

上記セル壁及び上記筒状外皮に対応する形状の押出溝部を有する押出金型を用い、上記押出溝部に上記ハニカム構造体の成形材料を供給して、ハニカム構造に押出成形する成形工程と、

得られたハニカム成形体の一方の端面側において、上記栓詰セルとなる上記セル内に上記栓部の形成材料を充填する栓詰め工程と、

上記不完全セルのうち上記閉塞セルとなる上記セル内に、上記栓詰め工程と同時に、又は上記栓詰め工程後において、上記軸方向の全体に上記栓部の形成材料を充填する閉塞工程と、を有する、ハニカム構造体の製造方法にある。

あるいは、上記成形工程及び上記栓詰め工程を有して、上記閉塞工程を有さず、

上記成形工程に用いられる上記押出金型は、上記押出溝部のうち、上記閉塞セルに対応する部位に、両端面間を貫通する不完全セル形状の開口部を有する、ハニカム構造体の製造方法にある。

【 0 0 0 9 】

本発明のさらに他の態様は、上記ハニカム構造体を、内燃機関（E）の排ガス管路（E1）に備え、上記ハニカム構造体は、上記排ガス管路内に、上記ガス流路と上記軸方向を一致させて配置される、排ガス浄化フィルタにある。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

上記態様のハニカム構造体は、ガス流れの上流側が栓部で閉塞された栓詰セルを有し、この栓詰セルのうち不完全セルの一部を、ガス流路が形成されない閉塞セルとしている。このとき、ガス流れの上流側では、貫通セルに流入したガスの一部が、隣り合う栓詰セルとの間に生じる圧力差により、セル壁を透過して栓詰セルへ流入する。ガス流れの下流側では、従来の片栓構造のハニカム構造体の場合は、隣り合う栓詰セルと貫通セルとの間に圧力差が生じなくなるが、上記態様のハニカム構造体の場合は、閉塞セルに隣り合う貫通セルの圧力が比較的高く保たれる。そのために、上記ハニカム構造体は、ガス流れの上流側のみならず、下流側においても、貫通セルから栓詰セルへのガスの流入が維持できる。

【 0 0 1 1 】

上記ハニカム構造体は、排ガス浄化フィルタに好適に用いられ、排ガス流れの下流側においても、貫通セルから隣り合う栓詰セルへ排ガスを透過させて、セル壁を透過する排ガス中の粒子状物質を捕集する。これにより、従来の片栓構造のハニカム構造体よりも、粒子状物質の捕集率が向上した排ガス浄化フィルタを実現することができる。このようなハニカム構造体は、押出溝部を有する押出金型を用い、ハニカム成形体の不完全セルに、栓部の形成と同時に、又は形成後に、栓部の形成材料を充填して、閉塞セルを形成することができる。あるいは、予め、閉塞セルとなる部位を閉塞した押出金型を用い、成形と同時に閉塞セルを形成することによって製造することもできる。

【 0 0 1 2 】

以上のごとく、上記態様によれば、ガス流れの下流側においても、隣り合うセル間を区画するセル壁を透過してガスが流通可能であり、流入するガス中の粒子状物質の捕集性能を向上できるハニカム構造体とその製造方法、及びそれを用いた排ガス浄化フィルタを提供することができる。

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】

【 0 0 1 3 】

【図 1】実施形態 1 における、ハニカム構造体のセル形状と閉塞セル配置を示す上流側端面図。

【図 2】実施形態 1 における、ハニカム構造体の上流側端面図の要部拡大図で、図 1 の 11 部拡大図。

【図 3】実施形態 1 における、ハニカム構造体の軸方向断面図。

【図 4】実施形態 1 における、ハニカム構造体の軸方向の一部拡大断面図とその両端面図。

【図 5】実施形態 1 における、ハニカム構造体の軸方向の要部拡大断面図で、隣り合う貫通セルから栓詰セルへのガス流れを、閉塞セルを有しない従来構成とで比較して示す図。

【図 6】実施形態 2 における、ハニカム構造体のセル形状と閉塞セル配置を示す上流側端面図の要部拡大図。

【図 7】実施形態 2 における、閉塞セルの有無とセル内圧力との関係を説明するための図で、ハニカム構造体の軸方向の一部拡大断面図。

【図 8】実施形態 1 における、ハニカム構造体を適用した排ガス浄化フィルタを含む内燃機関の排ガス浄化装置の一例を示す全体概略構成図。

【図 9】実施形態 1 における、ハニカム構造体を適用した排ガス浄化フィルタを含む内燃機関の排ガス浄化装置の他の例を示す全体概略構成図。

【図 10】実施形態 3 における、ハニカム構造体のセル形状と閉塞セル配置を示す上流側端面図。

【図 11】実施形態 3 における、ハニカム構造体の軸方向の一部拡大断面図。

【図 12】実施形態 4 における、ハニカム構造体のセル形状と閉塞セル配置を示す上流側端面図。

【図 13】試験例 1 における、閉塞セルを有するハニカム構造体の壁透過流速の変化を示すハニカム構造体の軸方向の一部拡大断面図。

【図 14】試験例 1 における、閉塞セルを有しないハニカム構造体の壁透過流速の変化を示すハニカム構造体の軸方向の一部拡大断面図。

【図 15】試験例 1 における、閉塞セルを有するハニカム構造体と有しないハニカム構造体とで、基材長と壁透過流速の関係を対比させて示した図。

【図 16】試験例におけるシミュレーションの解析範囲を説明するためのハニカム構造体の上流側端面の部分拡大図。

【図 17】実施例 2 のハニカム構造体の軸方向断面構造と、粒子状物質の捕集性能を、比較例 1 のハニカム構造体と比較して示す図面代用写真。

【発明を実施するための形態】

【0014】

(実施形態 1)

ハニカム構造体に係る実施形態 1 について、図 1 ~ 図 5 を参照して説明する。図 1 ~ 図 3 に示すように、ハニカム構造体 1 は、全体が円柱形状をなしており、両端が開口する筒状外皮 11 と、筒状外皮 11 内を区画する多孔質のセル壁 2 と、セル壁 2 に囲まれる多数のセル 3 とを備えている。多数のセル 3 は、筒状外皮 11 の軸方向 X に延びるガス流路 12 を形成している。ハニカム構造体 1 は、片栓構造で、ガス流路 12 の上流側（例えば、図 3 の左端側）の端面において、多数のセル 3 を互い違いに閉塞する栓部 4 を有する。これにより、多数のセル 3 は、栓部 4 を有する栓詰セル 31 と、栓部 4 を有しない貫通セル 32 とに分けられる。

【0015】

図 2 に外周側の一部を拡大して示すように、ハニカム構造体 1 は、最外周部に、筒状外皮 11 とセル壁 2 とに囲まれ、不完全なセル断面形状を有する多数の不完全セル 3b を有する。多数の不完全セル 3b は、栓詰セル 31 である栓詰不完全セル 31b と、貫通セル 32 である貫通不完全セル 32b とを有する。不完全セル 3b 以外は、全周囲がセル壁 2 に囲まれる所定のセル形状の完全セル 3a である。なお、以下、特に断らない場合は、栓詰セル 31 とは、完全セル形状の栓詰セル（すなわち、栓詰完全セル 31a）であり、貫通セル 32 とは、完全セル形状の貫通セル（すなわち、貫通完全セル 32a）を意味する。

10

20

30

40

50

【0016】

そして、不完全セル3bは、少なくとも、栓詰セル31である栓詰不完全セル31bのうち、そのセル断面積A1が、貫通完全セル32aのセル断面積Bよりも小さい栓詰不完全セル31bを、軸方向Xに延びるセル全体が閉塞された閉塞セル3cとしている。本形態では、セル断面積A1が、貫通完全セル32aのセル断面積B以上である栓詰不完全セル31bは、セル全体を閉塞していない。閉塞セル3cについては、詳細を後述する。

【0017】

ハニカム構造体1は、例えば、図3に示す排ガス浄化フィルタFのフィルタ基材として、図示しない内燃機関の排ガス管路の途中に配置される。排ガス浄化フィルタFは、円筒状のケース5内に、同軸的に収容されており、ケース5の両端部には、排ガスGの流入口51と排ガスGの流出口52がそれぞれ設けられる。ケース5とハニカム構造体1との間には、筒状のマット材F1が介設される。内燃機関は、例えば、自動車用のディーゼルエンジンやガソリンエンジン等であり、排ガス浄化フィルタFは、図示しない排ガス管路に排出される排ガスG中の粒子状物質を捕集する。

【0018】

図1、図2に示すように、ハニカム構造体1の端面において、断面円形の筒状外皮11の内側には、多角形格子状のセル壁2が配設されており、多数のセル3は、多角形の断面形状を有する。多数のセル3のセル形状及びセル断面積は、同じであってもいずれかが異なってもよい。本形態では、セル形状及びセル断面積の異なる2種類のセルにて構成しており、そのうちの一方を栓詰セル31とし、他方を貫通セル32として、互い違いとなるように配置している。貫通セル32は、例えば、四角形のセル形状を有し、栓詰セル31は、四角形以上の多角形、例えば、八角形のセル形状を有して、互いを取り囲むように配置される。このとき、最外周部の栓詰セル31及び貫通セル32の大部分は、栓詰不完全セル31b及び貫通不完全セル32bとなる。

【0019】

栓詰完全セル31aのセル断面積Aと貫通完全セル32aのセル断面積Bとは、A < Bの関係となるように設定される。好適には、栓詰セル31は貫通セル32よりも大きく形成され、栓詰セル31を形成する八角形セルのセル断面積Aと、貫通完全セル32aのセル断面積Bとは、A > Bの関係にある。言い換えれば、貫通セル32を形成する四角形セルは、栓詰セル31を形成する八角形セルよりも、セル断面積が小さい方が望ましい。

【0020】

具体的には、貫通セル32を形成する四角形セルは、例えば、各辺の長さL2が全て同じ正方形状であり、栓詰セル31は、四角形の貫通セル32の各辺に隣接する4つの長辺と、これら長辺の長さL1より短い4つの短辺とを有する八角形のセル形状とすることができる。栓詰セル31は、4つの長辺を介して4つの貫通セル32と隣接すると共に、4つの長辺の間に配置される4つの短辺を介して4つの栓詰セル31と隣接する。なお、栓詰セル31を形成する全ての八角形セルは、上流側の端面にて目封止されて栓部4が形成されている。このとき、完全な八角形セルのみならず、八角形の一部が欠けた不完全な八角形セルについても、栓部4が形成されて、栓詰不完全セル31bとなる。

【0021】

図3、図4に示すように、多数のセル3の内部には、軸方向Xに延びるガス流路12が形成される。ガス流路12は、栓詰セル31の内部に形成される栓詰ガス流路121と、貫通セル32の内部に形成される貫通ガス流路122とからなる。両端が開放する貫通ガス流路122は、上流端が排ガスGの流入口51に、下流端が流出口52に開口し、図の左方から右方へ、排ガスGが流通する。これに対して、栓詰ガス流路121は、上流端において栓詰めされ、下流端のみが流出口52に開口する。ガス流路12の軸方向Xの流路長Lは、ハニカム構造体1の軸方向長に等しく、栓詰ガス流路121は、栓部4の栓詰長さPf分だけ流路長が短くなっている。また、栓詰ガス流路121の水力直径aは、貫通ガス流路122の水力直径bよりも長くなっている。

【0022】

隣接する栓詰セル 3 1 内の栓詰ガス流路 1 2 1 と、貫通セル 3 2 内の貫通ガス流路 1 2 2 とは、互いの間を区画する壁厚 W のセル壁 2 を介して連通する。ハニカム構造体 1 のセル壁 2 は、セラミックス材料からなる多孔質壁であり、その内部に形成される細孔が互いに連通して、貫通ガス流路 1 2 2 に流入した排ガス G を、栓詰ガス流路 1 2 1 側へ透過させる。そして、セル壁 2 の内部を通過する間に、排ガス G に含まれる粒子状物質を、セル壁 2 の細孔に捕集することができる。また、セル壁 2 の少なくとも一部の表面に、触媒成分を担持させることもでき、例えば、酸化触媒を担持させて、排ガス G に含まれる CO、HC 等の成分を浄化するようにしてもよい。

【0023】

ここで、閉塞セル 3 c について説明する。図 3 に示すように、ハニカム構造体 1 の最外周部には、少なくとも栓詰不完全セル 3 1 b について、軸方向 X の全長に亘って栓詰めされた閉塞セル 3 c が形成される。具体的には、図 2 中の上図に示すように、ハニカム構造体 1 は、筒状外皮 1 1 の内側に、それぞれ、不完全セル形状の栓詰不完全セル 3 1 b 及び貫通不完全セル 3 2 b を複数有しており、下図に示すように、それらの一部、少なくとも栓詰不完全セル 3 1 b のうち、セル断面積 A 1 が、貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B よりも小さい栓詰不完全セル 3 1 b を、セル全体が閉塞された閉塞セル 3 c としている（すなわち、 $A 1 < B$ ）。閉塞セル 3 c は、栓部 4 と同様のセラミックス材料を用いて形成することができる。

【0024】

このとき、図 5 に示すように、ハニカム構造体 1 の上流側端面において、貫通セル 3 2 から内部の貫通ガス流路 1 2 2 へ、排ガス G が流入する。図中のガス流路 1 2 に濃淡で示すように、栓詰ガス流路 1 2 1 内の上流側の圧力は、排ガス G が流入しない栓詰ガス流路 1 2 1 内の圧力に比べて高くなっており、隣り合う栓詰ガス流路 1 2 1 と貫通ガス流路 1 2 2 との圧力差によって、排ガス G は、さらに多孔質のセル壁 2 を通過して、隣り合う栓詰ガス流路 1 2 1 内へ流入する。その際に、排ガス G 中の粒子状物質が、セル壁 2 内に捕集される。

【0025】

ただし、閉塞セル 3 c を有しない従来構成では、貫通ガス流路 1 2 2 は、4 つの栓詰ガス流路 1 2 2 に取り囲まれており、排ガス G は、4 方向のセル壁 2 を透過することになる。これにより、排ガス G の流速が低下し、下流側ほど隣り合うセル間の差圧が小さくなって、下流側の端面では、差圧がほぼ 0 となる。これに対し、栓詰不完全セル 3 1 b の一部を、閉塞セル 3 c とした場合には、排ガス G は、閉塞セル 3 c との間のセル壁 2 を透過しないから、3 方向のセル壁 2 を透過することになる。この場合、下流側においても、貫通ガス流路 1 2 2 内の流量が大きく低下せず、隣り合うセル間の差圧により、セル壁 2 を排ガスが透過可能となる。

【0026】

セル壁 2 のガス透過流量は、隣り合うセル間の管摩擦の差圧により発生し、この差圧 P の理論式は、一般に下記式 1 で表される。

$$\text{式 1: } P = \left[\left(f L \frac{(v_2)^2}{2 d_2} \right) - \left(f L \frac{(v_1)^2}{2 d_1} \right) \right]$$

ただし、式 1 中、f：管摩擦係数、L：ガス流路 1 2 の流路長、 ρ ：排ガス密度、 v_1 ：栓詰ガス流路 1 2 1 内流速、 v_2 ：貫通ガス流路 1 2 2 内流速、 d_1 ：栓詰ガス流路 1 2 1 の水力直径、 d_2 ：貫通ガス流路 1 2 2 の水力直径、とする。

式 1 より、差圧 P は、セル内の流速差の二乗に比例し、貫通ガス流路 1 2 2 内の流速が速いほど、差圧 P が大きくなることがわかる。すなわち、閉塞セル 3 c を設けることにより、貫通ガス流路 1 2 2 の流速が大きく低下するのを抑制して、ガス透過流量を大きくすることができる。

【0027】

したがって、ハニカム構造体 1 の全長に亘って、PM 捕集が可能となり、捕集率が向上する。なお、ハニカム構造体 1 の 1 個あたりの捕集率（単位：質量%）は、下記式 2 で表すことができる。

10

20

30

40

50

式 2 : 捕集率 = $100 \times [\text{捕集した粒子状物質の質量}] / [\text{流入した粒子状物質の質量}]$
 【 0 0 2 8 】

また、上記式 1 より、栓詰ガス流路 1 2 1 の水力直径 d_1 が、貫通ガス流路 1 2 2 の水力直径 d_2 より大きいほど、差圧 P が大きくなる。すなわち、栓詰完全セル 3 1 a のセル断面積 A が、貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B より大きい方が、ガス透過流量が大きくなり捕集率を向上させる効果が得やすい。特に、排ガス G の流量は、ハニカム構造体 1 の中央部がより多く、ハニカム構造体 1 の外周部ではより少ない傾向があるため、外周部の流速が維持されることで、効率良い捕集が可能になり、捕集率を向上させる効果が高い。

【 0 0 2 9 】

10

この場合、好適には、栓詰完全セル 3 1 a のセル断面積 A と貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B の比率 A/B が、1.1 ~ 5 の範囲となるように設定することが望ましい。比率 A/B が 1.1 以上であることで、栓詰セル 3 1 と貫通セル 3 2 との差圧 P を大きくして捕集率を高めることができる。また、貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B が相対的に小さくなると、圧力損失が増大しやすいので、比率 A/B を 5 以下として圧力損失の増大を抑制することが望ましい。

【 0 0 3 0 】

また、例えば、セル壁 2 の壁厚 W が薄くなり、あるいは気孔率が高くなると、ハニカム構造体 1 の強度が相対的に低下し、ケース 5 1 内への収納（すなわち、キャニング）時の取り扱いが難しくなる。このような場合でも、栓詰不完全セル 3 1 b が埋められることにより、最外周部が補強されるので、機械的強度が高くなりキャニング性が向上する利点がある。

20

【 0 0 3 1 】

（実施形態 2）

図 6 に実施形態 2 として示すように、ハニカム構造体 1 の最外周部において、複数の栓詰不完全セル 3 1 b の全てを、軸方向 X の全長に亘って栓詰めして、閉塞セル 3 c とすることもできる。すなわち、セル断面積 A_1 が、貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B よりも小さい栓詰不完全セル 3 1 b に加えて、セル断面積 A_1 が、貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B と同じか、それより大きい栓詰不完全セル 3 1 b も、セル全体が閉塞された閉塞セル 3 c となる。貫通不完全セル 3 2 b は、両端が開放したままとなっている。それ以外の構成は、実施形態 1 と同様であり、説明を省略する。

30

なお、実施形態 2 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 2 】

この場合には、実施形態 1 よりも多くの閉塞セル 3 c を設けることにより、セル間差圧を大きくして、粒子状物質の捕集率を向上させる効果を高めることができる。このとき、貫通セル 3 2 を取り囲む複数の栓詰不完全セル 3 1 b のうち閉塞される数が増えると、貫通セル 3 2 内の流速低下がより抑制されるので、セル内圧力 P は、より高くなる。図 7 に示すように、例えば、正方形の貫通セル 3 2 が、2 辺で栓詰セル 3 b と接し、残る 2 辺で栓詰不完全セル 3 1 b と接する構成では、閉塞セル 3 c がなく 4 方向へガス透過がなされる構成におけるセル内圧力（すなわち、 P （4 方向））に対し、1 つの閉塞セル 3 c と接し 3 方向へガス透過がなされる構成、さらに 2 つの閉塞セル 3 c と接し 2 方向へガス透過がなされる構成となることで、セル内圧力が順に高くなる（すなわち、 P （2 方向） $>$ P （3 方向） $>$ P （4 方向））。その結果、上記式 1 より、圧力差も大きくなって、捕集率が向上する。

40

【 0 0 3 3 】

このとき、多数のセル 3 のセル辺長さは、栓詰セル 3 1 の長辺の長さ L_1 が、貫通セル 3 2 の一辺の長さ L_2 と同じかそれよりも長いことが好ましい（すなわち、 $L_1 \geq L_2$ ）。この場合には、貫通セル 3 2 に接するセル壁 2 が有効活用されて、貫通セル 3 2 から栓

50

詰セル 3 1 へのガス透過が促進され、捕集率をより向上させることができる。

【 0 0 3 4 】

また、多数のセル 3 の内周形状は、多角形の角部を R 形状とすることもできる。栓詰完全セル 3 1 a のセル断面積 A が貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B より大きい場合には、少なくとも栓詰セル 3 1 について、中央部から外周部にかけて、全ての完全形状の栓詰セル 3 1 の内周角部を R 形状とすることが望ましい。これにより、キャニング時のように外周から応力が発生する際に、角部の応力が低減されて強度が向上する。貫通セル 3 2 の内周角部を R 形状とすることもでき、その場合には、貫通セル 3 2 の内周角 R よりも、栓詰セル 3 1 の内周角部 R を大きくするのがよい。これにより、排ガス G が流入する貫通セル 3 2 の水力直径を大きく低下させることなく、十分な基材強度を持たせることができる。

10

【 0 0 3 5 】

また、ハニカム構造体 1 の最外周部において、全ての栓詰不完全セル 3 1 b が閉塞セル 3 c となることで、外周部がさらに補強される。非対称セル構造では、貫通セル 3 2 に比べてセル断面積 A 1 が大きい栓詰不完全セル 3 1 b が存在する部位で、外周強度が低下しやすいが、この部位の全体を閉塞させることで、外圧に対する強度が向上する。これにより、キャニング性がより向上する。

【 0 0 3 6 】

ハニカム構造体 1 の強度向上を重視する場合には、栓詰不完全セル 3 1 b に加えて、さらに、貫通不完全セル 3 2 b の少なくとも一部又は全部を、閉塞セル 3 c とすることもできる。この場合も、閉塞セル 3 c の増加と共に、機械的強度がさらに向上する。ただし、ハニカム構造体 1 の上流側の端面において、排ガス G が流入する貫通不完全セル 3 2 b が閉塞されることになるので、ハニカム構造体 1 の上流側の開口面積が必要以上に低減しないように、所望の排ガス流量と強度が両立する範囲で、閉塞セル 3 c とする貫通不完全セル 3 2 b を適宜選択するとよい。

20

【 0 0 3 7 】

次に、上記実施形態 1、2 のハニカム構造体 1 を備える排ガス浄化装置の具体的な適用例について説明する。図 8、図 9 に示すように、片栓構造のハニカム構造体 1 を備える排ガス浄化フィルタ F は、内燃機関であるエンジン E の排ガス管路 E 1 の途中に配置されて、粒子状物質を含む排ガス G を浄化する排ガス浄化装置を構成する。ここで、排ガス管路 E 1 内の配置によっては、排ガス浄化フィルタ F を定期的に加熱再生する必要があり、その際の再生効率を考慮して、ハニカム構造体 1 の最適な構成を選択することが望ましい。

30

【 0 0 3 8 】

例えば、図 8 に示す排ガス浄化装置は、排ガス管路 E 1 の上流側に S / C 触媒 6 (すなわち、start catalyst 触媒) が配置され、その下流の車両の床下となる U / F 位置 (すなわち、under floor 位置) に、排ガス浄化フィルタ F が配置される。この装置では、U / F 位置が、例えば S / C 触媒 6 から所定距離 d (例えば、100 cm) 以上離れた下流にあって排ガス温度が比較的低いため、排ガス浄化フィルタ F を加熱昇温させて、捕集した粒子状物質を燃焼除去する再生制御が実施される。

【 0 0 3 9 】

この場合には、ハニカム構造体 1 に設けた閉塞セル 3 c が増加すると、熱容量が大きくなって、再生効率が低下する。そのため、熱容量のより小さい実施形態 1 の構成を採用することが望ましい。これにより、排ガス浄化フィルタ F の捕集率の向上と強度の向上を図りつつ、定期的に加熱再生することで、捕集性能を維持することができ、しかも良好な再生効率が得られる。

40

【 0 0 4 0 】

一方、図 9 に示す排ガス浄化装置は、排ガス管路 E 1 の上流側に配置された触媒 (例えば、酸化触媒又は三元触媒) 6 1 と、その下流に配置された排ガス浄化フィルタ F からなるタンデム型触媒ユニットを備える。この装置では、触媒 6 1 と排ガス浄化フィルタ F が近接配置されるので、触媒 6 1 から排ガス G が高温の状態で排ガス浄化フィルタ F に流入したときに、捕集した粒子状物質を自然燃焼させることが可能である。

50

【 0 0 4 1 】

この場合には、再生制御が不要となるので、ハニカム構造体 1 の熱容量が比較的大きくてもよく、閉塞セル 3 c をより多くした実施形態 2 の構成を採用することができる。これにより、排ガス浄化フィルタ F の捕集率及び強度をさらに向上させることができる。

なお、図 8 に示した排ガス浄化装置についても、例えば、排ガス浄化フィルタ F と S / C 触媒 6 との距離を 100 cm より短くすることで、捕集した粒子状物質の自然燃焼を可能として、実施形態 2 の構成を採用することもできる。

【 0 0 4 2 】

(実施形態 3)

上記実施形態 1、2 では、ハニカム構造体 1 を、セル形状及びセル断面積の異なる 2 種類のセル 3 にて構成したが、図 10、図 11 に実施形態 3 として示すように、セル形状及びセル断面積を同じくする 1 種類のセル 3 にて構成することもできる。ハニカム構造体 1 を構成する多数のセル 3 は、多角形状とするのがよく、ここでは、四角形のセル形状を有している。多数のセル 3 は、上流側の端面において、互い違いとなるように栓部 4 を配置して、栓詰セル 3 1 を形成し、残りを貫通セル 3 2 としている。栓詰完全セル 3 1 a のセル断面積 A と貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B は同一であり（すなわち、 $A = B$ ）、互いを取り囲むように配置される。栓詰ガス流路 1 2 1 の水力直径 a は、貫通ガス流路 1 2 2 の水力直径 b と等しい。

【 0 0 4 3 】

図 10 の上段に示すように、この構成においても、ハニカム構造体 1 の最外周部において、複数の不完全セル 3 b、すなわち、栓詰不完全セル 3 1 b と貫通不完全セル 3 2 b とが形成される。そして、実施形態 2 と同様に、全ての栓詰不完全セル 3 1 b を、軸方向 X の全長に亘って栓詰めして、閉塞セル 3 c とする。対称セル構造の場合は、栓詰不完全セル 3 1 b のセル断面積 A 1 が、常に、貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B よりも小さいので（すなわち、 $A 1 < B$ ）、図 10 の下段に示すように、その全部を閉塞セル 3 c とするのがよい。貫通不完全セル 3 2 b は、両端が開放したままとなっている。それ以外の構成は、実施形態 1 と同様であり、説明を省略する。

【 0 0 4 4 】

この場合も、実施形態 1 と同様に、閉塞セル 3 c を設けることにより、セル間差圧を大きくして、粒子状物質の捕集率を向上させることができる。栓詰完全セル 3 1 a のセル断面積 A と貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B が同じであっても、上流端に栓部 4 を有する栓詰セル 3 1 と貫通セル 3 2 との圧力差によって、セル壁 2 を排ガス G が透過する機構は同様であり、しかも、閉塞セル 3 c によって、下流側においても圧力差が維持される。そのため、従来の構成では、下流側まで圧力差を形成することが難しかった対称セル構造についても、ハニカム構造体 1 の全体を有効利用して、捕集率を向上させることができる。また、全長に亘って栓詰めされた閉塞セル 3 c を有することで、外周部の強度を向上させることができる。

【 0 0 4 5 】

(実施形態 4)

図 12 に実施形態 4 として示すように、実施形態 3 のハニカム構造体 1 において、さらに、貫通不完全セル 3 2 b の少なくとも一部を閉塞セル 3 c としてもよい。ここでは、外周部の全ての栓詰不完全セル 3 1 b に加えて、全ての貫通不完全セル 3 2 b を閉塞セル 3 c としている。このような対称セル構造のハニカム構造体 1 においても、熱容量を考慮する必要がない場合には、貫通不完全セル 3 2 b を閉塞セル 3 c とすることができ、閉塞セル 3 c の増加と共に、機械的強度が向上する。それ以外の構成は、実施形態 3 と同様であり、説明を省略する。

【 0 0 4 6 】

この場合も、実施形態 2 と同様に、外周部の閉塞セル 3 c がより多く設けられることにより、セル間差圧をさらに大きくして、粒子状物質の捕集率を向上させることができる。また、ハニカム構造体 1 の最外周部において、全ての栓詰不完全セル 3 1 b が閉塞セル 3

10

20

30

40

50

c となることで、外圧に対する強度がさらに向上し、キャニング性がより向上する。

【0047】

上記構成を有するハニカム構造体 1 は、以下の方法で製造することができる。すなわち、ハニカム構造体 1 の製造方法は、

セル壁 2 及び筒状外皮 11 に対応する形状の押出溝部を有する押出金型を用い、押出溝部にハニカム構造体 1 の成形材料を供給して、ハニカム構造に押出成形する成形工程と、

得られたハニカム成形体の一方の端面側において、栓詰セル 31 となるセル 3 内に栓部 4 の形成材料を充填する栓詰め工程と、

不完全セル 3b のうち閉塞セル 3c となるセル内に、栓詰め工程と同時に、又は栓詰め工程後において、軸方向 X の全体に栓部 4 の形成材料を充填する閉塞工程と、を有する。

10

【0048】

成形工程において用いられる押出金型は、製造しようとするハニカム構造体 1 に応じた押出溝部を形成した金型とすることができる。押出溝部は、筒状外皮 11 に相当する部位に形成される環状溝と、その内側のセル壁 2 に相当する部位に形成されるに相当する多角形格子状溝とからなり、押出金型の両端面間を貫通して形成される。この押出溝に成形材料を供給することで、全てのセル 3 が貫通した状態のハニカム構造体 1 とすることができる。そして、その所定箇所を栓詰めすることで、栓部 4 を有する栓詰セル 31 を形成し、さらにその少なくとも一部については、セル全体に栓部 4 の形成材料を充填して閉塞セル 3c とすることができる。

【0049】

20

あるいは、他の方法として、成形型の構造を変更することで、上記閉塞工程を有せずに、ハニカム構造体 1 を製造することができる。すなわち、

セル壁 2 及び筒状外皮 11 に対応する形状の押出溝部を有する押出金型を用い、押出溝部にハニカム構造体 1 の成形材料を供給して、ハニカム構造に押出成形する成形工程と、

得られたハニカム成形体の一方の端面側において、栓詰セル 31 となるセル 3 内に栓部 4 の形成材料を充填する栓詰め工程と、を有し、

成形工程に用いられる成形型は、押出溝部のうち、閉塞セル 3c に対応する部位に、金型の両端面間を貫通する不完全セル形状の開口部を有する。

【0050】

押出金型の基本構成は、上記方法と同様であり、押出溝部は、筒状外皮 11 に相当する部位に形成される環状溝と、その内側のセル壁 2 に相当する部位に形成されるに相当する多角形格子状溝とからなる。そのうち、閉塞セル 3c に対応する部位については、溝で囲まれる内側部分も開口とし、それぞれの閉塞セル 3c 形状に応じた開口部が形成される。これにより、成形工程において、押出成形されると同時に、閉塞セル 3c が形成される。その後、栓詰め工程において、完全形状のセル 3 について、栓詰セル 31 に対応する部位に、栓部 4 を形成することで、ハニカム構造体 1 が得られる。

30

【0051】

ハニカム構造体 1 の成形材料となるセラミックス材料としては、コージェライト、炭化珪素、珪素 - 炭化珪素系複合材料、ムライト、アルミナ、スピネル、炭化珪素 - コージェライト系複合材料、リチウムアルミニウムシリケート、及びアルミニウムチタネートからなる群から選択される少なくとも 1 種が好適に使用される。これらの中でも、熱膨張係数が小さく、耐熱衝撃性に優れたコージェライトが好ましい。コージェライト化原料は、特に制限されず、例えば、シリカ、タルク、カオリン、仮焼カオリン、アルミナ、水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム等、焼成によってセラミックス原料同士が反応し、コージェライトとなる複数のセラミックス原料を用いることが望ましい。

40

【0052】

このようなセラミックス原料に、水等の溶媒、増粘剤、分散剤等を混合して、成形材料とする。他の添加剤として、有機バインダ、造孔材、界面活性剤等を添加することもできる。このようにして粘土質に調整された成形材料を、混練して、坏土を調製する。得られた坏土は、上記成形工程において、ハニカム状に成形される。成形には、所望のセル形状

50

、セル壁厚W、セル密度となるように作製された押出金型を用い、坯土を押出成形して、ハニカム成形体とする。

【0053】

次に、上記栓詰め工程において、ハニカム成形体の流入端面となる一端面において、栓詰セル3 1に対応するセル3を、栓部4となる栓部形成材料を用いて目封止する。このとき、貫通セル3 2となるセル3に予めマスキングを施しておき、一端面を栓部形成材料に浸漬することで、栓詰セル3 1のみ目封止することができる。

【0054】

さらに、上記閉塞工程において、最外周部の栓詰不完全セル3 1 bについて、閉塞セル3 cとする所望のセル3に、栓部形成材料を充填する。栓部形成材料は、ハニカム構造体1を構成するセラミックス材料と同材料とすることができる。充填方法としては、特に制限されず、例えば、シリンジ等を用いて、スラリー状とした栓部形成材料を、所望のセル3について、ハニカム成形体の流入端面側から流出端面側まで注入する方法を採用することができる。あるいは、スラリー状の栓部形成材料スラリーを、所望のセル3のみ真空吸引する方法、ディスペンサ等の機器を使用して注入する方法を用いてもよい。または、押出成形された時点において、両端面間が完全充填されているように、押出成形型を工夫して製造してもよい。これにより、栓詰不完全セル3 1 bの一部又は全部が、軸方向Xの全長に亘って栓詰めされた閉塞セル3 cを形成することができる。

【0055】

次いで、ハニカム成形体を乾燥させた後、焼成工程に供することで、ハニカム構造体1とする。乾燥方法は、特に限定されるものではないが、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。これらの中でも、誘電乾燥、マイクロ波乾燥又は熱風乾燥を、単独で又は組合せて行うことが好ましい。また、乾燥条件としては、乾燥温度30～150、乾燥時間1分～2時間とすることが好ましい。焼成温度は、ハニカム構造体1となるセラミックス材料の焼結温度以上であればよく、使用されるセラミックス材料に応じて、適宜決定することができる。例えば、コーゼライトの場合には、焼成温度は、1380～1450が好ましく、1400～1440がより好ましい。また、焼成時間は、3時間～10時間程度とすることが好ましい。

【0056】

このようにして得られるハニカム構造体1は、セル壁2の内部の気孔による気孔率を、セラミックス材料に添加される造孔材によって調整することができる。セル壁2の気孔率は、特に限定されないが、例えば、50%～80%であることが好ましく、55%～70%であることがより好ましい。50%より小さいと、捕集性能が著しく低下することがあり、80%より大きいと、ハニカム構造体1の強度が低くなるため、キャニングが難しくなることがある。気孔率が55%～70%、より好適には、気孔率が55～67%であると、捕集率を安定して35質量%以上とすることができる。また、ハニカム構造体1の強度も向上するので、キャニングも容易になる。

【0057】

セル壁2の厚さは、特に限定されないが、例えば、0.1mm～0.4mmであることが好ましく、0.12mm～0.38mmであることがより好ましい。セル壁2が0.1mmより薄いと、ハニカム構造体1の強度が低下することがあり、0.4mmより厚いと、捕集性能が低下し、圧力損失が増大することがある。また、排ガス浄化フィルタFを、排ガスG中のPM量が比較的多いディーゼルエンジン用とする場合は、通常、セル密度を小さくする傾向があるため、セル壁2の厚さを0.20～0.38mmとすると、強度と捕集性能のバランスをよくするために好ましい。排ガスG中のPM量が比較的小さいガソリンエンジン用とする場合は、通常、セル密度を大きくする傾向があるため、セル壁2の厚さを0.12～0.30mmとすることが、強度と捕集性能のバランスをよくするために好ましい。セル壁2の厚さは、例えば、ハニカム構造体1の軸方向Xの断面を顕微鏡観察する方法で測定することができる。

10

20

30

40

50

【0058】

ハニカム構造体1のセル密度(すなわち、軸方向Xと直交する断面における、単位面積当たりのセルの個数)は、特に限定されないが、例えば、 $15 \text{ セル} / \text{cm}^2 \sim 100 \text{ セル} / \text{cm}^2$ であることが好ましい。 $15 \text{ セル} / \text{cm}^2$ より小さいと、捕集性能が低下することがあり、 $100 \text{ セル} / \text{cm}^2$ より大きいと、上流端面付近に粒子状物質が堆積して、圧力損失が大きくなることがある。また、ディーゼルエンジン用とする場合には、 $20 \text{ セル} / \text{cm}^2 \sim 70 \text{ セル} / \text{cm}^2$ であることがより好ましく、ガソリンエンジン用とする場合には、 $30 \text{ セル} / \text{cm}^2 \sim 100 \text{ セル} / \text{cm}^2$ であることがより好ましい。ガソリンエンジンから排出される排ガスGは、PM量が少ないため、セル3が閉塞するリスクが低く、セル密度を高くして捕集性能を高めることができる。

10

【0059】

セル壁2の平均気孔径は、特に制限されないが、例えば、 $5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $10 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ であることがより好ましい。 $5 \mu\text{m}$ より小さいと、粒子状物質の堆積が少ない場合でも圧力損失が増大することがあり、 $50 \mu\text{m}$ より大きいと、ハニカム構造体1が脆くなりやすく、また、セル壁2内に粒子状物質が入り込み、深層ろ過となることがある。隔壁の平均気孔径が、 $10 \mu\text{m}$ 以上であると、例えば、酸化触媒を担持した場合においても、セル壁2を透過する際の透過抵抗が大きくなりにくい。また、 $30 \mu\text{m}$ 以下であると、セル壁2の内部に灰分が堆積しにくくなり、長期間使用後においても捕集性能が悪化しにくい。セル壁2の平均気孔径は、例えば、水銀ポロシメータで測定することができる。

20

【0060】

ハニカム構造体1の筒状外皮11や栓部4も、セラミックス材料を用いて形成される。筒状外皮11の厚さは、特に限定されないが、例えば、 $0.2 \text{ mm} \sim 2 \text{ mm}$ であることが好ましい。 0.2 mm より薄いと、外周近傍のセルが欠けやすく、強度が低下することがあり、 2 mm より厚いと、圧力損失が増大することがある。栓部4の栓詰長さPfは、特に限定されないが、例えば、 $0.5 \text{ mm} \sim 10 \text{ mm}$ であることが好ましい。 0.5 mm 以上とすることで、セル3の上流端面を十分に閉塞することができ、 10 mm 以下とすることで、熱容量の増大を抑制して、加熱再生を行う場合の再生効率を維持することができる。

【0061】

ハニカム構造体1の形状は、特に限定されないが、円柱形状、底面が楕円形の柱状、底面が四角形、五角形、六角形等の多角形の柱形状等が好ましい。ハニカム構造体1は、セル3の延びる方向を軸方向Xとする柱形状であることが好ましい。

30

【0062】

また、ハニカム構造体1の大きさは、特に限定されないが、セル3の内部に形成されるガス流路12の流路長Lが、 $40 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$ であることが好ましい。排ガス浄化フィルタFの流路長Lがこの範囲にあることで、圧力損失を増大させずに、優れた捕集性能で排ガスGを処理することができる。 40 mm より短いと、捕集性能が従来のハニカム構造体よりも十分向上せずに、最外周の不完全セル3bを完全充填させた閉塞セル3cの効果が得られないことがある。また、 200 mm より長いと、捕集性能のさらなる向上はあまり期待できず、むしろ、圧力損失が増大することがある。捕集性能と圧力損失のバランスを考えると、流路長Lは、 $60 \text{ mm} \sim 130 \text{ mm}$ がより好ましく、最外周の不完全セル3bを完全充填させ、閉塞セル3cとした効果が得られやすい。

40

【0063】

(試験例1)

ハニカム構造体1の軸方向長である流路長Lと、捕集性能との関係を、次のようにして調べた。図13、図14に示す基材モデルについて、基材内のガス流路12に流入するガス流速が、軸方向Xの上流側から下流側へどのように変化するかを、シミュレーションにより解析し、結果を図15に示した。図13の基材モデルは、上記実施形態3の対称セル構造において閉塞セル3cを有するハニカム構造体1であり、閉塞セル3cを有しない従

50

来構造の図 1 4 の基材モデルと比較した。解析ソフトは、Star CCM+ Vol. 10.02 を用い、計算基本原理は、ナビエストークス式に基づいている。境界条件は、以下の通りとした。

- ・メッシュサイズ：0.5 mm
- ・フリズムレイヤー厚さ：0.1 mm
- ・フリズムレイヤー層：2
- ・メッシュ数：35 万

【0064】

図 1 6 に示すように、格子形状のセル壁 2 の交点の周りに交互に配置された各 2 つの栓詰セル 3 1 と貫通セル 3 2 の一部を解析範囲とした。図 1 3 の基材モデルについては、2 つの栓詰セル 3 1 の 1 つを閉塞セル 3 c とした。貫通セル 3 2 の入口側に、以下の条件でガスを流入させたときの、栓詰セル 3 1 側へのガス透過の様子を軸方向 X の全長について調べた。

- ・温度 []：450
- ・貫通セル流入流量 [m^3 / min]：0.00109
- ・貫通セル流入流速 [m / s]：11.4
- ・壁厚 W [mm]：0.203
- ・慣性抵抗係数 [kg / m^4]：1.6e+6
- ・粘性抵抗係数 [$\text{kg} / (\text{m}^3 \cdot \text{s})$]：5.0e+6
- ・密度 @ 450 [kg / m^3]：0.48799
- ・粘性 @ 450 [$\text{kg} / (\text{m}^3 \cdot \text{s})$]：3.4835e-5
- ・気孔径 [μm]：18
- ・気孔率 [%]：60
- ・栓詰長さ P f [mm]：5
- ・流路長 L [mm]：100
- ・セルピッチ [mm]：1.263
- ・貫通セル流出側圧力 [Pa]：0

【0065】

図 1 3、図 1 4 中に白抜き矢印で模式的に示すように、セル壁 2 を透過する壁透過ガス流れは、貫通セル 3 2 が閉塞セル 3 c に隣接するか否かで大きく変わる。図 1 3 に示す基材断面において、閉塞セル 3 c に隣接する貫通セル 3 2 は、その両側に位置するセル壁 2 のうち、1 つは閉塞セル 3 c 側であるためにガス流れは生じず、PM 捕集に寄与するのはもう 1 つのセル壁 2 (すなわち、図中の実線：c) のみとなるが、上述したように、基材全長にわたり安定したガス透過性を示す。一方、図 1 4 に示す基材断面において、貫通セル 3 2 は、その両側には、栓詰セル 3 1 に連通する 2 つのセル壁 2 (すなわち、図中の点線：c1、c2) を有し、その両方が PM 捕集に寄与するが、壁透過ガス流れは、下流側ほど小さくなる。

【0066】

このとき、図 1 5 に示されるように、ガス流れの上流側では、貫通セル 3 2 の両側の 2 つのセル壁 2 を透過する壁透過流速の合計 (すなわち、図中の破線：c1 + c2) が、閉塞セル 3 c に隣接する貫通セル 3 2 から栓詰セル 3 1 側への壁透過流速 (すなわち、図中の c) を上回る。ところが、両者の差は速やかに縮まって、さらに逆転し、例えば、基材長 20 cm においては、閉塞セル 3 c を有する方が、2 つのセル壁 2 の合計よりも壁透過流速が大きい。その後も、差が維持されるか緩やかに差が広がる傾向にあるため、例えば、基材長 40 cm において、上流側からの壁透過ガス総量が同等となり、基材長 40 cm より長くなるほど、例えば、基材長 60 cm 以上で、閉塞セル 3 c による効果が十分大きくなる。

【0067】

(実施例 1)

上記した方法により、上記実施形態 2 の非対称セル構造を有するコージェライト製のハ

10

20

30

40

50

ハニカム構造体 1 を製造し、評価試験を行った。ハニカム構造体 1 は、外径 : 130 mm × 流路長 L : 100 mm の円柱体形状であり、一端面側を栓部 4 で閉塞した片栓構造とした。ハニカム構造体 1 は、断面形状が四角形の貫通セル 3 2 と八角形の栓詰セル 3 1 が交互に形成された多数のセル 3 を有し、セル密度 : 46.5 セル / cm² (= 300 個 / inch²)、セル壁 2 の壁厚 W : 0.2 mm、平均気孔径 : 18 μm、気孔率 : 62 % となるようにした。

【0068】

表 1 に示すように、実施例 1 では、四角形の貫通セル 3 2 に対する八角形の栓詰セル 3 1 のセル断面積の比率 A / B は、1.05 とした。また、栓詰不完全セル 3 1 b のうち、セル断面積 A₁ が、貫通完全セル 3 2 a のセル断面積 B より小さい (すなわち、 $A_1 < B$; 表 2 中の小断面積に相当) セル及び同等以上 (すなわち、 $A > A_1$; 表 2 中の大断面積に相当) のセルの両方を、閉塞セル 3 c として、栓部形成材料を完全充填したハニカム構造体 1 とした。その具体的な方法を次に説明する。

【0069】

まず、シリカ、タルク、カオリン、アルミナ、水酸化アルミニウム等の原料粉末を、コーゼライト組成となるように配合したコーゼライト化原料を準備した。コーゼライト化原料は、焼成後の最終的な組成が、SiO₂ : 47 ~ 53 質量%、Al₂O₃ : 32 質量% ~ 38 質量%、MgO : 12 質量% ~ 16 質量% となるように、原料組成の調整を行ったものであり、水等の溶媒、増粘剤、分散剤等と共に混合して、粘土質に調整されており、他の添加剤として、有機バインダ、造孔材、界面活性剤等が添加された成形原料を、混練して坯土とした。

【0070】

次に、得られた坯土を、ハニカム形状に押出成形して、ハニカム成形体を得た。ハニカム成形体は、上記実施形態 1、2 に示した貫通セル 3 2 となる四角形セルと栓詰セル 3 1 となる八角形セルからなる非対称セル構造を有しており、セル壁 2 に対応する格子状の溝を有する押出金型を用いて、一体的に押出成形した。

【0071】

次に、上記したのと同様の原料粉末を、コーゼライト組成となるように配合した栓部形成材料を準備した。この栓部形成材料を、水又は油等の溶媒中に添加し、増粘剤、分散剤等と共に、混合機を用いて攪拌を行うことにより、均一分散させて、スラリー状とした。

【0072】

得られたハニカム成形体の両端面に、マスキングテープを貼り付け、その後、マスキングテープを部分的に除去することにより、端面において、栓詰セル 3 1 となるセルのみに開口部を形成した。マスキングテープの除去は、例えば、レーザー光の照射等により行い、レーザー照射装置をハニカム成形体の端面に対向配置し、その照射位置を制御装置で任意に移動可能として、順次照射を行うことにより、栓詰めすべきセルに対応するマスキングテープを除去した。

【0073】

次いで、ハニカム成形体の一端面を、上述の栓部形成材料のスラリーに浸漬した。これにより、開口部から栓詰めすべきセル内に適量の栓部形成材料を浸入させた。さらに、最外周部のセル 3 のうち、閉塞セル 3 b とすべき不完全セル 3 b に、栓部形成材料のスラリーを充填した。ここでは、全ての栓詰不完全セル 3 1 b に、シリンジ等を用いて、スラリー状とした栓部形成材料を、ハニカム成形体の流入端面側から流出端面側まで注入した。

【0074】

このハニカム成形体を乾燥させた後、1400 ~ 1440 で焼成した。これにより、ハニカム成形体及び栓部形成材料が焼結して、一端面に栓部 4 が形成され、栓詰不完全セル 3 1 b の全てが閉塞セル 3 c となったコーゼライト製のハニカム構造体 1 を得た。

【0075】

(実施例 2 ~ 3、比較例 3)

10

20

30

40

50

また、同様にして、実施形態 3、4 の対称セル構造を有するコージェライト製のハニカム構造体 1 を製造した。セル形状は、栓詰セル 3 1、貫通セル 3 2 共に四角形とし、セル断面積の比率 A/B は、1.0 とした。それ以外は、実施例 1 の方法で、ハニカム成形体を成形し、その一端面に栓部 4 を形成した。次いで、表 1 に示すように、栓部形成材料を、栓詰不完全セル 3 1 b の全部に充填して閉塞セル 3 c としたハニカム構造体 1 (実施例 2)、栓詰不完全セル 3 1 b に加えて貫通不完全セル 3 2 b に栓部形成材料を充填し、全ての不完全セル 3 b を閉塞セル 3 c としたハニカム構造体 1 (実施例 3) を得た。さらに、比較のため、栓詰不完全セル 3 1 b に閉塞セル 3 c を形成しないハニカム構造体を製造し、比較例 1 とした。

【0076】

10

得られた実施例 2 ~ 3、比較例 1 のハニカム構造体 1 について、次の試験を行って、粒子状物質の捕集率を評価した。評価試験は、ハニカム構造体 1 を収容した排ガス浄化フィルタ F を、ガソリンエンジン E の排ガス管路 E 1 に取り付け、排ガス浄化フィルタ F に、粒子状物質を含む排ガス G を流通させて、排ガス G は、温度を 700、流量を $4 \text{ m}^3/\text{min}$ とした。表 1 に、上述した式 2 に基づいて算出した捕集率 (単位: 質量%) を、アイソスタティック強度の測定値 (単位: MPa)、熱容量と共に示す。

【0077】

熱容量は、栓部 4 のみが形成された片栓フィルタ構造のハニカム構造体 1 の熱容量を、基準値 1 とし、不完全セル 3 b の所定の一部又は全部を閉塞セル 3 c としたときの、熱容量の増加比率によって A ~ C の 3 段階で評価した。

20

A: 比率 1.03 未満

B: 比率 1.03 以上 1.05 未満

C: 比率 1.05 以上

【0078】

表 1 に示されるように、閉塞セル 3 c を有しない対称セル構造の比較例 1 のハニカム構造体 1 は、捕集率が 33 質量%、アイソスタティック強度が 0.85 MPa であるのに対し、栓詰不完全セル 3 1 b の全部を閉塞した実施例 1、2 では、捕集率が 39 質量%に向上し、アイソスタティック強度が 1.4 MPa に向上した。また、熱容量は、いずれも B 判定であり、閉塞セル 3 c による熱容量の大きな低下は見られなかった。

【0079】

30

このように、最外周部に形成される栓詰不完全セル 3 1 b を閉塞することで、対称セル構造又はセル断面積比の小さい非対称セル構造のハニカム構造体 1 においても、捕集率と強度を共に向上させることができる。また、熱容量への影響も小さいので、PM 捕集後の再生効率の低下を抑制できる。さらに、不完全セル 3 b の全部を閉塞した実施例 3 では、捕集率は 39 質量%と同じであり、熱容量は C 評価となったものの、アイソスタティック強度が 1.8 MPa とさらに向上している。したがって、再生制御を行わない場合には、実施例 3 の構成を採用することで、よりキャニング性を高めたハニカム構造体 1 とすることができる。

【0080】

【表 1】

40

(表 1)

実施例 比較例	A/B	栓詰セル (不完全)	貫通セル (不完全)	捕集率 (%)	強度 (MPa)	熱容量
実施例 1	1.05	閉塞	貫通	39	1.4	B
実施例 2	1.0	閉塞	貫通	39	1.4	B
実施例 3	1.0	閉塞	閉塞	39	1.8	C
比較例 1	1.0	栓部のみ	貫通	33	0.85	A

【0081】

50

図 17 に閉塞セル 3c の有無による効果を比較して示すように、実施例 2 のハニカム構造体 1 は、ガス流路 12 の下流側までほぼ全長にわたって、粒子状物質が捕集されている。これに対して、比較例 1 のハニカム構造体 1 は、ガス流路 12 の下流側のセル壁 2 が、粒子状物質の捕集に寄与しておらず、閉塞セル 3c によって、粒子状物質の捕集性能が大きく向上していることがわかる。

【0082】

(実施例 4 ~ 10、比較例 2 ~ 3)

また、実施例 1 のハニカム構造体 1 について、表 2 に示すように、セル断面積の比率 A/B を変更し、不完全セル 3b のうち一部又は全部を閉塞セル 3c としたハニカム構造体 1 を、同様に製造した(実施例 4 ~ 10)。実施例 4 ~ 6 は、セル断面積の比率 A/B を 1.1 とし、栓詰不完全セル 31b のうち、小断面積セルのみを閉塞セル 3c としたハニカム構造体 1 (実施例 4)、小断面積と大断面積のセルの両方を閉塞セル 3c としたハニカム構造体 1 (実施例 5)、全ての不完全セル 3b を閉塞セル 3c としたハニカム構造体 1 (実施例 6) を得た。実施例 7 ~ 9 は、セル断面積の比率 A/B を 5.0 とし、栓詰不完全セル 31b のうち、小断面積セルのみを閉塞セル 3c としたハニカム構造体 1 (実施例 7)、小断面積と大断面積のセルの両方を閉塞セル 3c としたハニカム構造体 1 (実施例 8)、全ての不完全セル 3b を閉塞セル 3c としたハニカム構造体 1 (実施例 9) を得た。

【0083】

また、セル断面積の比率 A/B を 5.2 とした以外は、実施例 5 と同様の構成としたハニカム構造体 1 を製造し、実施例 10 とした。さらに、比較のため、栓詰不完全セル 31b に閉塞セル 3c を形成しない以外は、実施例 4、7 と同様の構成としたハニカム構造体 1 を製造し、それぞれ比較例 2、3 とした。

【0084】

得られた実施例 4 ~ 10、比較例 2 ~ 3 のハニカム構造体 1 について、実施例 1 と同様に、粒子状物質の捕集率、アイソスタティック強度、熱容量を評価した。また、非対称セル構造とすることによる圧力損失(以下、圧損と称する)の増加を、以下のように評価した。圧損は、対称セル構造である場合を基準値 1 とし、セル断面積の比率 A/B を大きくしたときの圧損の増加比率によって A ~ C の 3 段階で評価し、結果を表 1 に併記する。

A : 比率 2.0 未満

B : 比率 2.0 以上 3.08 未満

C : 比率 3.08 以上

【0085】

表 2 に示されるように、閉塞セル 3c を有しない比較例 2 は、非対称セル構造とすることにより、捕集率は 39 質量%に向上するが、アイソスタティック強度は 0.8 MPa に低下している。これに対して、栓詰不完全セル 31b の一部又は全部を閉塞した実施例 4 ~ 5 では、捕集率が 44 質量% ~ 49 質量%に向上し、アイソスタティック強度も 1.0 MPa ~ 1.8 MPa に向上している。また、セル断面積の比率 A/B をより大きくした比較例 3 は、捕集率が 58 質量%に向上するが、アイソスタティック強度は 0.7 MPa とさらに低下している。これに対して、実施例 7 ~ 8 では、捕集率が 61 質量% ~ 66 質量%、アイソスタティック強度が 0.9 MPa ~ 1.7 MPa に向上している。

【0086】

このように、ハニカム構造体 1 のセル断面積の比率 A/B を 1.1 以上とすると、非対称セル構造とすることによる捕集率の向上効果が高い。ただし、参考例 10のように、セル断面積の比率 A/B が 5.2 である場合には、圧損が C 判定となるので、好適には、セル断面積の比率 A/B が 1.1 ~ 5.0 の範囲であると、圧損増大を抑制しつつ、捕集率と強度を共に向上させることができる。また、熱容量への影響を考慮する必要がない場合には、実施例 6、9 のように、全ての不完全セル 3b を閉塞することにより、さらに、アイソスタティック強度が向上する。

【0087】

【表 2】

(表2)

実施例 比較例	A/B	栓詰不完全セル		貫通セル (不完全)	捕集率 (%)	強度 (MPa)	圧損	熱容量
		小断面積	大断面積					
実施例4	1.1	閉塞	栓部のみ	貫通	44	1.0	A	A
実施例5	1.1	閉塞	閉塞	貫通	49	1.4	A	B
実施例6	1.1	閉塞	閉塞	閉塞	48	1.8	A	C
比較例2	1.1	栓部のみ	栓部のみ	貫通	39	0.8	A	A
実施例7	5.0	閉塞	栓部のみ	貫通	61	0.9	B	A
実施例8	5.0	閉塞	閉塞	貫通	66	1.3	B	B
実施例9	5.0	閉塞	閉塞	閉塞	65	1.7	B	C
比較例3	5.0	栓部のみ	栓部のみ	貫通	58	0.7	B	A
参考例10	5.2	閉塞	閉塞	貫通	70	1.3	C	B

10

【0088】

本発明は上記各実施形態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、上記各実施形態では、片栓構造のハニカム構造体1を、自動車エンジン用の排ガス浄化フィルタFに適用した例として説明したが、必ずしも自動車用に限らず、種々の内燃機関又はそれ以外の排ガス浄化用として用いることもできる。

20

【符号の説明】

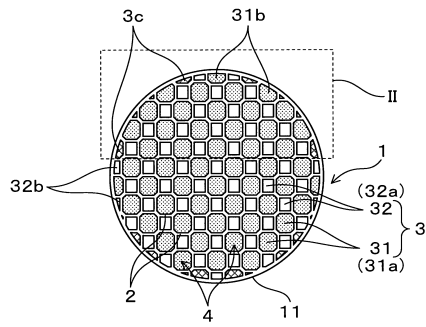
【0089】

- 1 ハニカム構造体
- 1 1 筒状外皮
- 1 2 ガス流路
- 2 セル壁
- 3 b 不完全セル
- 3 c 閉塞セル
- 3 1 栓詰セル
- 3 2 貫通セル
- 3 1 b 栓詰不完全セル
- 4 栓部

30

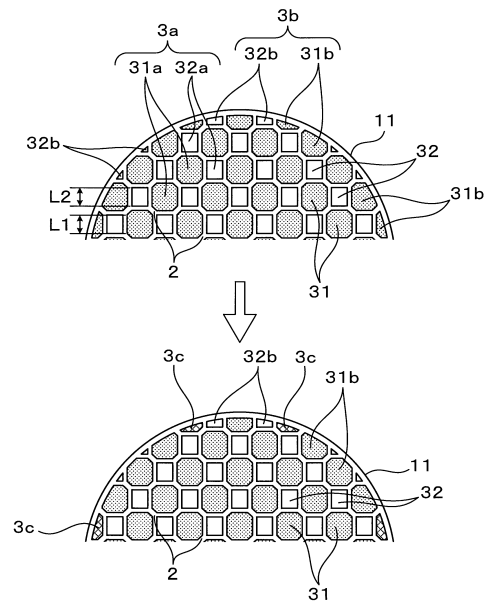
【図 1】

(図 1)



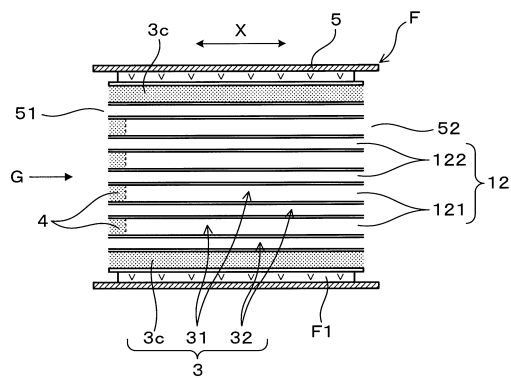
【図 2】

(図 2)



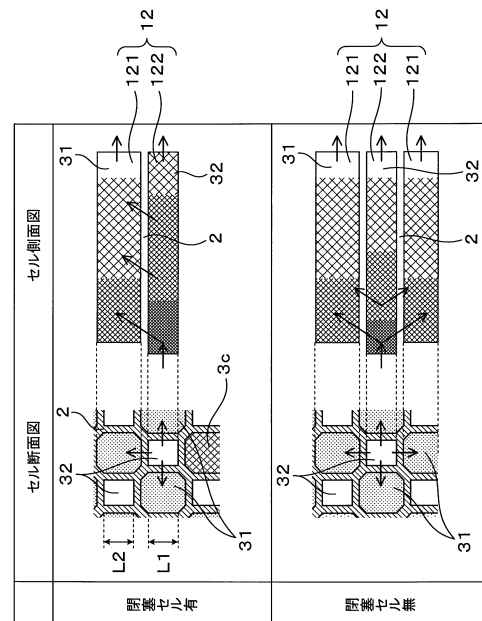
【図 3】

(図 3)



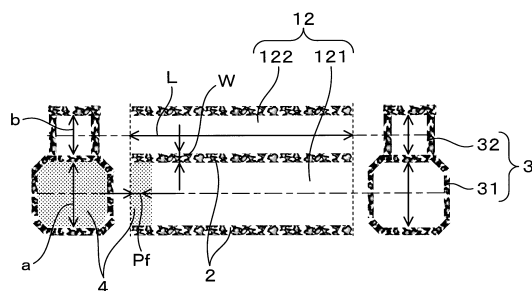
【図 5】

(図 5)



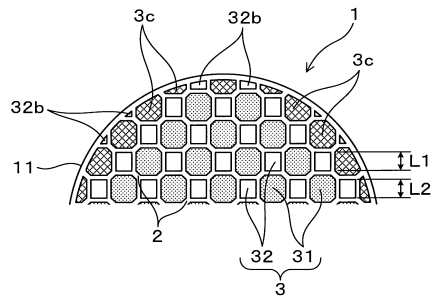
【図 4】

(図 4)



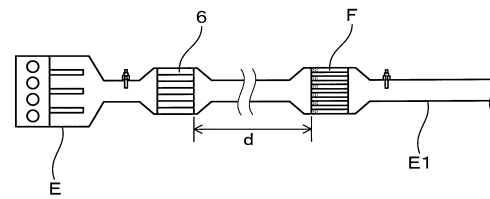
【図 6】

(図 6)



【図 8】

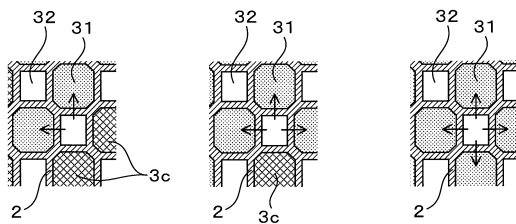
(図 8)



【図 7】

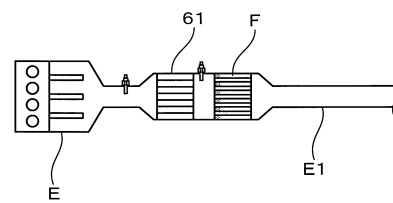
(図 7)

$$P(2\text{方向}) = \frac{fL\rho(v_1)^2}{2d_2} > P(3\text{方向}) = \frac{fL\rho(v_1)^2}{2d_2} > P(4\text{方向}) = \frac{fL\rho(v_1)^2}{2d_2}$$



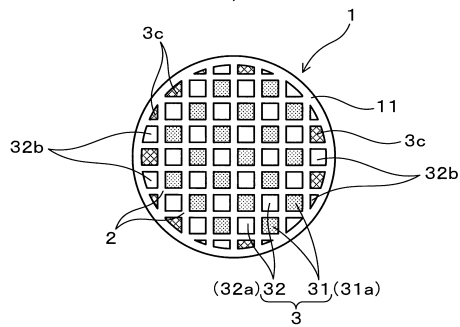
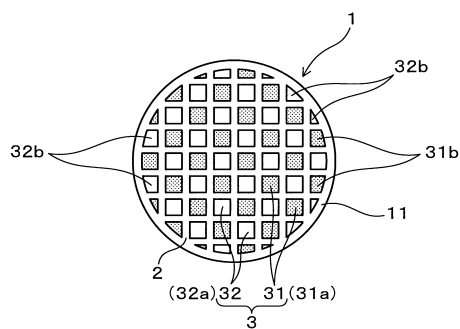
【図 9】

(図 9)



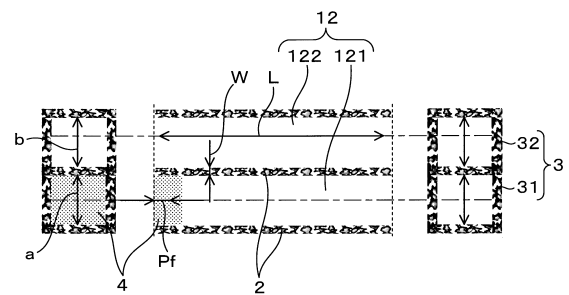
【図 10】

(図 10)



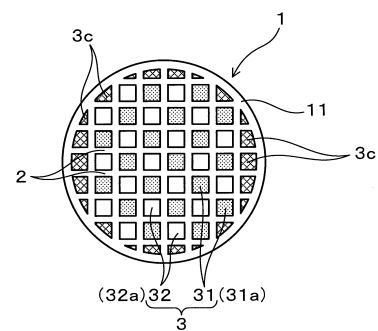
【図 11】

(図 11)



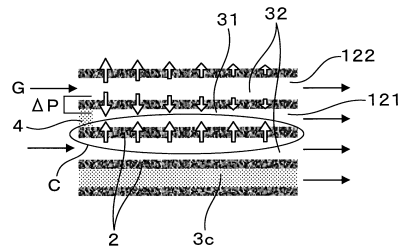
【図 12】

(図 12)



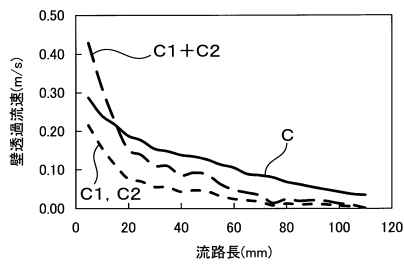
【図 1 3】

(図 1 3)



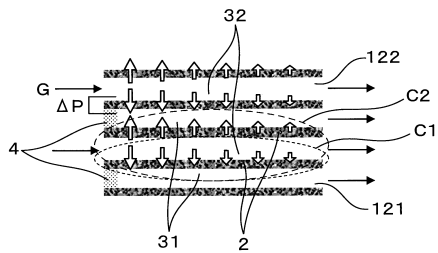
【図 1 5】

(図 1 5)



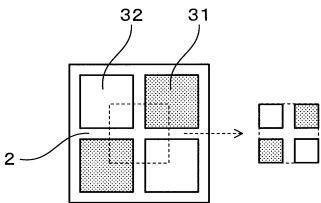
【図 1 4】

(図 1 4)



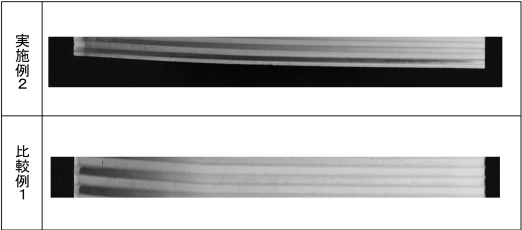
【図 1 6】

(図 1 6)



【図 1 7】

(図 1 7)



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 0 1 D 53/94 2 4 1
B 0 1 D 39/20 D

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 1 7 5 3 5 9 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 4 6 3 4 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 8 / 1 2 6 6 9 2 (W O , A 1)
特開 2 0 1 6 - 1 3 0 5 1 0 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 8 4 6 6 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 2 0 8 9 4 6 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 0 1 D 3 9 / 0 0 - 3 9 / 2 0
B 0 1 D 4 6 / 0 0 - 4 6 / 5 4
F 0 1 N 3 / 0 2 1 - 3 / 0 3 5
B 0 1 J 3 5 / 0 4