

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 5 部門第 3 区分

【発行日】平成 29 年 6 月 29 日 (2017.6.29)

【公開番号】特開 2016-61531 (P2016-61531A)

【公開日】平成 28 年 4 月 25 日 (2016.4.25)

【年通号数】公開・登録公報 2016-025

【出願番号】特願 2014-192021 (P2014-192021)

【国際特許分類】

F 2 5 B 9/00 (2006.01)

F 0 1 N 5/02 (2006.01)

F 0 2 G 5/02 (2006.01)

F 0 3 G 7/00 (2006.01)

【F I】

F 2 5 B 9/00 Z

F 0 1 N 5/02 J

F 0 2 G 5/02 B

F 0 3 G 7/00 C

F 0 3 G 7/00 B

【手続補正書】

【提出日】平成 29 年 5 月 19 日 (2017.5.19)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の端面から第 2 の端面まで延在する複数のセルであって、振動することで音波を伝搬する作動流体によって内部が満たされる複数のセルを区画形成する隔壁を有し、該隔壁と前記作動流体との間で授受される熱と、前記作動流体の振動による音波のエネルギーとを相互に変換する熱・音波変換部品であって、

前記セルの延在方向に垂直な前記セルの断面の面積を S 、該断面の周長を C としたときに $H D = 4 \times S / C$ で定義される水力直径 $H D$ が 0.4 mm 以下であり、

3 点曲げ強度が 5 MPa 以上である熱・音波変換部品。

【請求項 2】

前記熱・音波変換部品の前記第 1 の端面から前記第 2 の端面までの長さを L としたときに該熱・音波変換部品の長さ L に対する前記水力直径 $H D$ の比 $H D / L$ が 0.005 以上 0.02 未満である請求項 1 記載の熱・音波変換部品。

【請求項 3】

前記熱・音波変換部品の各端面における開口率が 93% 以下である請求項 1 又は 2 記載の熱・音波変換部品。

【請求項 4】

前記延在方向に垂直な前記セルの断面形状は、角部が弯曲した多角形の形状であり、該形状の角部における曲率半径が 0.02 mm 以上 0.1 mm 以下である請求項 1 ~ 3 のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品。

【請求項 5】

前記熱・音波変換部品は、気孔率が 5% 以下の多孔質材料で構成されたものである請求項 1 ~ 4 のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品。

【請求項 6】

前記熱・音波変換部品は、材料強度が 20 MPa 以上の多孔質材料で構成されたものである請求項 1～4 のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品。

【請求項 7】

前記延在方向に垂直な平面内において、前記熱・音波変換部品の断面の重心点を含み該断面の形状と相似形の中央領域における前記隔壁の平均的な厚さに対し、前記中央領域の外側に位置し前記熱・音波変換部品の断面積の 20% の面積を占める外周領域における前記隔壁の平均的な厚さは 1.1～2.0 倍である請求項 1～6 のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品。

【請求項 8】

前記熱・音波変換部品が、

それぞれが、前記複数のセルのうちのいくつかのセルを区画形成する前記隔壁を有し、該隔壁と前記作動流体との間で授受される熱と、前記作動流体の振動による音波のエネルギーとを相互に変換する、一体的に形成された複数のハニカムセグメントと、

前記複数のハニカムセグメントの側面同士を互いに接合する接合部と、

前記複数のハニカムセグメントと前記接合部とで構成されるハニカム構造部の外周面を覆う外周壁と、を備えた請求項 1～7 のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品。

【請求項 9】

前記多孔質材料の原料を含有する成形原料を押出成形して、第 1 の端面から第 2 の端面まで延在する複数のセルを区画形成する隔壁を有するハニカム成形体を作製する成形工程と、前記成形工程で作製されたハニカム成形体を乾燥・焼成する第 1 乾燥焼成工程と、前記第 1 乾燥焼成工程で焼成されたハニカム成形体の前記セル内における前記隔壁の表面を、Mg, Si, Al のうちの少なくとも 1 種の金属の酸化物粒子を含む液状体に接触させることで、その少なくとも 1 種の金属の酸化物粒子を含み前記表面上の気孔に浸入して該表面上の気孔を低減する表面層を形成する表面層形成工程と、前記表面層形成工程で前記表面上の気孔が低減したハニカム成形体を乾燥・焼成する第 2 乾燥焼成工程と、を有する請求項 1～8 のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品の製造方法。

【請求項 10】

請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の熱・音波変換部品であって、前記作動流体が前記複数のセルの内部を満たしている状態において前記第 1 の端面側の第 1 端部と前記第 2 の端面側の第 2 端部との間に温度差が生じたときに、該温度差に応じて前記作動流体を前記延在方向に沿って振動させて音波を発生する熱・音波変換部品と、

前記熱・音波変換部品の前記第 1 端部および前記第 2 端部にそれぞれ近接して設けられ、該両端部との間で熱の授受を行うことで該両端部の間に温度差を与える一対の熱交換部と、を備えた熱・音波変換ユニット。

【請求項 11】

請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の熱・音波変換部品であって、前記作動流体が前記複数のセルの内部を満たしている状態において音波の伝播を受けて前記延在方向に沿って該作動流体が振動したときに、前記第 1 の端面側の第 1 端部と前記第 2 の端面側の第 2 端部との間に前記作動流体の振動に応じた温度差を生じさせる熱・音波変換部品と、

前記熱・音波変換部品の前記第 1 端部および前記第 2 端部のうちの一方の端部に近接して設けられ、該一方の端部への熱の供給、あるいは、該一方の端部からの熱の吸収を行って該一方の端部の温度を一定温度に維持する熱交換部と、

前記熱・音波変換部品の前記第 1 端部および前記第 2 端部のうちの、前記一方の端部とは反対側の他方の端部に近接して設けられ、前記熱交換部により前記一方の端部の温度が一定温度に維持されている状態において、前記熱・音波変換部品が音波の伝播を受けたときに、前記一定温度に維持された前記一方の端部に対し前記他方の端部が、前記音波の伝播による前記作動流体の振動に応じた温度差を有するように、前記他方の端部との間で熱の授受を行って得られた温熱あるいは冷熱を出力する温熱・冷熱出力部と、を備えた熱・音波変換ユニット。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0002】

近年、社会全体でエネルギー資源の有効活用の要請が高まってきており、エネルギーを再利用する様々な技術の開発が試みられている。その中でも、熱音響効果を利用して自動車の排気ガス等の高温流体の熱を音波のエネルギーに変換し、そのエネルギーを最終的に電力等の形で出力するエネルギーリサイクルシステムは、得られるエネルギーの取得率（エネルギー効率）が高いことから注目を集めており、実用化に向けて様々な工夫が行われている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

ところで、ハニカム構造体自体は、その表面積の大きい立体形状を利用する目的で、熱音響効果とは無関係に、様々な用途について用いられてきた。たとえば、自動車の排気ガスから微粒子を取り除く排気浄化触媒担持用のハニカム構造体は、その典型的な例であり、従来から様々なタイプのものが開発されている。また、他の例としては、イオン触媒体として利用するために、孔径が数十～数百 μm の小さい貫通孔を持つハニカム構造体も開発されており（たとえば、非特許文献1，2参照）、これらは、フィルタ目的のハニカム構造体で通常用いられる押出成形法とは全く異なり、専ら化学的な手法を用いて作製される。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

[1] 第1の端面から第2の端面まで延在する複数のセルであって、振動することで音波を伝搬する作動流体によって内部が満たされる複数のセルを区画形成する隔壁を有し、該隔壁と前記作動流体との間で授受される熱と、前記作動流体の振動による音波のエネルギーとを相互に変換する熱・音波変換部品であって、前記セルの延在方向に垂直な前記セルの断面の面積を S 、該断面の周長を C としたときに $HD = 4 \times S / C$ で定義される水力直径 HD が 0.4 mm 以下であり、3点曲げ強度が 5 MPa 以上である熱・音波変換部品。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

[4] 前記延在方向に垂直な前記セルの断面形状は、角部が弯曲した多角形の形状であり、該形状の角部における曲率半径が 0.02 mm 以上 0.1 mm 以下である[1]～[3]のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 7 】

[7] 前記延在方向に垂直な平面内において、前記熱・音波変換部品の断面の重心点を含み該断面の形状と相似形の中央領域における前記隔壁の平均的な厚さに対し、前記中央領域の外側に位置し前記熱・音波変換部品の断面積の20%の面積を占める外周領域における前記隔壁の平均的な厚さは1.1～2.0倍である[1]～[6]のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品。

【手続補正7】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 9 】

[9] 前記多孔質材料の原料を含有する成形原料を押出成形して、第1の端面から第2の端面まで延在する複数のセルを区画形成する隔壁を有するハニカム成形体を作製する成形工程と、前記成形工程で作製されたハニカム成形体を乾燥・焼成する第1乾燥焼成工程と、前記第1乾燥焼成工程で焼成されたハニカム成形体の前記セル内における前記隔壁の表面を、Mg, Si, Alのうちの少なくとも1種の金属の酸化物粒子を含む液状体に接触させることで、その少なくとも1種の金属の酸化物粒子を含み前記表面上の気孔に浸入して該表面上の気孔を低減する表面層を形成する表面層形成工程と、前記表面層形成工程で前記表面上の気孔が低減したハニカム成形体を乾燥・焼成する第2乾燥焼成工程と、を有する[1]～[8]のうちのいずれかに記載の熱・音波変換部品の製造方法。

【手続補正8】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 0 】

[1 0] [1]～[8]のいずれかに記載の熱・音波変換部品であって、前記作動流体が前記複数のセルの内部を満たしている状態において前記第1の端面側の第1端部と前記第2の端面側の第2端部との間に温度差が生じたときに、該温度差に応じて前記作動流体を前記延在方向に沿って振動させて音波を発生する熱・音波変換部品と、前記熱・音波変換部品の前記第1端部および前記第2端部にそれぞれ近接して設けられ、該両端部との間で熱の授受を行うことで該両端部の間に温度差を与える一対の熱交換部と、を備えた熱・音波変換ユニット。

【手続補正9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 1 】

[1 1] [1]～[8]のいずれかに記載の熱・音波変換部品であって、前記作動流体が前記複数のセルの内部を満たしている状態において音波の伝播を受けて前記延在方向に沿って該作動流体が振動したときに、前記第1の端面側の第1端部と前記第2の端面側の第2端部との間に前記作動流体の振動に応じた温度差を生じさせる熱・音波変換部品と、前記熱・音波変換部品の前記第1端部および前記第2端部のうちの一方の端部に近接して設けられ、該一方の端部への熱の供給、あるいは、該一方の端部からの熱の吸収を行って該一方の端部の温度を一定温度に維持する熱交換部と、前記熱・音波変換部品の前記第1

端部および前記第２端部のうちの、前記一方の端部とは反対側の他方の端部に近接して設けられ、前記熱交換部により前記一方の端部の温度が一定温度に維持されている状態において、前記熱・音波変換部品が音波の伝播を受けたときに、前記一定温度に維持された前記一方の端部に対し前記他方の端部が、前記音波の伝播による前記作動流体の振動に応じた温度差を有するように、前記他方の端部との間で熱の授受を行って得られた温熱あるいは冷熱を出力する温熱・冷熱出力部と、を備えた熱・音波変換ユニット。ここで、「温熱あるいは冷熱を出力する」とは、たとえば、「温度が上がった流体、あるいは、温度が下がった流体を出力する」ことを意味する。

【手続補正１０】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００２３

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００２３】

【図１】本発明の熱・音波変換ユニットおよび熱・音波変換部品の一実施形態が適用された電力発生システムの模式的な構成図である。

【図２】図１の熱・音波変換ユニットおよび熱・音波変換部品が適用された冷熱発生システムの模式図である。

【図３】図１の熱・音波変換ユニットの構成を表した模式図である。

【図４】図３の熱・音波変換ユニットにおける高温側熱交換器の外観斜視図である。

【図５】高温側環状管の流入口および流出口を含む平面で見たときの高温側熱交換器の断面図である。

【図６】高温側環状管の管内にさらに別のハニカム構造体が嵌合している熱・音波変換ユニットの一形態を表す模式図である。

【図７】図６のＡ－Ａ線の断面における高温側熱交換器の模式的な断面構成図である。

【図８】図６および図７に示す熱・音波変換ユニットとは別の本発明の熱・音波変換ユニットの一形態を表す模式図である。

【図９】図８に示す熱・音波変換ユニットとはさらに別の熱・音波変換ユニットの一形態を表す模式図である。

【図１０】メッシュ構造を採用した高温側熱交換器の断面図である。

【図１１】図３に示す熱・音波変換部品のセルの貫通方向に垂直な面内における熱・音波変換部品の断面図である。

【図１２】各セルの貫通方向に垂直な面内における、セグメント構造を有する熱・音波変換部品の断面図である。

【図１３】セル形状が三角形の場合において、ハニカムセグメントの形状が六角形の例を表した図である。

【図１４】本実施形態におけるハニカム成形体の作製に用いられる口金の外観斜視図である。

【図１５】図１４に示す口金の、図１４とは反対側から見たときの外観斜視図である。

【図１６】図１４に示す口金の表面の一部を示す拡大平面図である。

【図１７】図１６に示す口金のＡ－Ａ'断面を示す模式図である。

【図１８】押さえ板構造の一例を表した図である。

【図１９】図１８とは別の押さえ板構造の一例を表した図である。

【図２０】さらに別の押さえ板構造の一例を表した図である。

【図２１】図２０とはさらに別の押さえ板構造の一例を表した図である。

【手続補正１１】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００４４

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 4 4 】

音波発生部 7 で発生した音波は、伝播管 5 ' を図 2 の一点鎖線矢印の方向に伝播し、さらにループ管 4 ' 内を図 2 の点線矢印の方向に伝播していく。そして、熱・音波変換ユニット 1 0 0 に到達し、熱・音波変換部品 1 の図 2 の上側から各セル内に進行していく。このとき、音波による熱輸送により、高温側熱交換器 2 側の端部が低温側熱交換器 3 側の端部よりも相対的に温度が高い状態が実現する。高温側熱交換器 2 では常温近傍の冷却流体が流入し、常温より高い温度で流出する。一方、音波による熱輸送により熱が高温側熱交換器 2 側の端部へ輸送されてしまうので、熱・音波変換部品 1 の低温側熱交換器 3 側の端部は、常温より低い温度となる。低温側熱交換器 3 では常温近傍の冷却流体が流入し、熱・音波変換部品 1 の低温側熱交換器 3 側の端部に熱を奪われるため、常温より低い温度で流出する。言い換えれば、冷水の形で、冷熱が出力されることになる。

【 手続補正 1 2 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 5 0

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 5 0 】

熱・音波変換部品 1 では、それぞれが細い管状の貫通孔である複数のセル 1 4 が、隔壁 1 1 によって区画形成されてなるハニカム構造を有している。ここで、本明細書では、「セル」という語を、隔壁を含まない貫通孔のみを指すものとして用いる。なお、実際には、熱・音波変換部品 1 は、こうしたハニカム構造を有するハニカムセグメントをいくつか互いに接合した構造を備えてもよいが、このセグメント構造については後述することとして、図 3 では、説明の簡単化のためにセル 1 4 の配列だけが図示されている。各セル 1 4 は、図 3 の上下方向を貫通方向（各セル 1 4 が延在する延在方向）とし、低温側熱交換器 3 側の端面および高温側熱交換器 2 側の端面の両端面において開口する。熱・音波変換部品 1 の、低温側熱交換器 3 側の端面は、金属部材 3 2 と接しているとともに、金属部材 3 2 を間において低温側熱交換器 3 に対向している。なお、ここでは、金属部材 3 2 が配置されているが、本発明では、金属部材 3 2 が省略された形態も採用可能である。金属部材 3 2 が省略された場合には、後述のメッシュ積層体 3 0 と接触する作動流体が冷却された後に、その冷却された作動流体が、音波の振動に対応した作動流体の変位により熱・音波変換部品 1 の端面近傍に接触しこの端面近傍を冷却する。ここで、金属部材 3 2 が省略された形態では、熱・音波変換部品 1 と低温側熱交換器 3 との間の隙間は極力小さいことが好ましい。

【 手続補正 1 3 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 6 1

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 6 1 】

図 6 は、高温側環状管の管内にさらに別のハニカム構造体が嵌合している熱・音波変換ユニットの一形態を表す模式図であり、図 7 は、図 6 の A - A 線の断面における高温側熱交換器の模式的な断面構成図である。

【 手続補正 1 4 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 6 3

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 6 3 】

図 6 の熱・音波変換ユニット 2 0 0 における高温側熱交換器 2 ' は、熱交換ハニカム構造体 2 0 ' および 2 つの互いに異なる高温側環状管 2 1 1 , 2 1 2 を有している。熱交換

ハニカム構造体 20' は、図中の水平方向を貫通方向とする 2 以上のセルが隔壁により区画形成されたハニカム構造を有しており、2 つの異なる高温側環状管 211, 212 により加熱流体から伝達された熱を熱・音波変換部品 1 に伝達する。ここで、熱交換ハニカム構造体 20' は、熱・音波変換部品 1 から間隔 t を置いて配置されている

【手続補正 15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0067

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0067】

図 8 は、図 6 および図 7 に示す熱・音波変換ユニットとは別の本発明の熱・音波変換ユニットの一形態を表す模式図、図 9 は、図 8 に示す熱・音波変換ユニットとはさらに別の熱・音波変換ユニットの一形態を表す模式図である。

【手続補正 16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0068】

図 8 に示す熱・音波変換ユニットでは、高温側熱交換器 2A において、図中の上側から加熱流体が流入し高温側熱交換器 2A の内部を通過して図中の下方向に向けて流出する。一方、図 9 に示す熱・音波変換ユニットでは、高温側熱交換器 2A' において、図中の上側から加熱流体が流入し高温側熱交換器 2A' の内部を通過して図中の上方向に向けて流出する。ここで、図 8 および図 9 に示す熱・音波変換ユニットのいずれも、低温側熱交換器 3A においては、図中の上側から冷却流体が流入し低温側熱交換器 3A の内部を通過して図中の上方向に向けて流出する。ここで、図 8 および図 9 では、内部構造（以下の 2 つのハニカム構造体 22, 23 を含む構造）を明らかにするために、一部については透視図となっている。

【手続補正 17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0074】

図 3 に示すように、熱交換ハニカム構造体 20 の、熱・音波変換部品 1 側の端面（熱交換ハニカム構造体 20 の上側の端面）は、熱・音波変換部品 1 の、高温側熱交換器 2 側の端面（熱・音波変換部品 1 の下側の端面）と直接に接触している。以下、この熱交換ハニカム構造体 20 の上側の端面を接触面 20s と呼ぶ。なお、本発明では、このように熱・音波変換部品 1 と熱交換ハニカム構造体 20 とが直接に接触する代わりに、熱・音波変換部品 1 と熱交換ハニカム構造体 20 との間に図 6 の間隔 t のような隙間が存在していてもよい。この場合、熱交換ハニカム構造体 20 に対して伝達された熱は、熱交換ハニカム構造体 20 と接した作動流体に伝達され、その加熱された作動流体が、音波の振動に対応した作動流体の変位により熱・音波変換部品 1 の端面近傍に接触し、この端面近傍が加熱される。これにより、熱・音波変換部品 1 の、高温側熱交換器 2 側の端部は、低温側熱交換器 3 側の端部に比して相対的に温度の高い状態に維持されることとなる。

【手続補正 18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0079

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 7 9 】

また、図 3 に示すように、熱交換ハニカム構造体 2 0 では、熱・音波変換部品 1 との接触面 2 0 s は、熱交換ハニカム構造体 2 0 が高温の加熱流体と直接に接触して熱を受ける受熱領域 2 1 c よりも、熱・音波変換部品 1 側（図の上方向）にずれた位置にあり、受熱領域 2 1 c と重ならないようになっている。仮に、接触面 2 0 s が受熱領域 2 1 c と重なってしまうと、接触面 2 0 s のうち、受熱領域 2 1 c に近い縁の周辺と、受熱領域 2 1 c から遠い中央付近とでは、温度差が大きく異なる状態が生じることがある。この場合、熱・音波変換部品 1 の、熱交換ハニカム構造体 2 0 側の端部（図 3 の下端部）が均一に加熱されないために、熱・音波変換部品 1 の各セルの自励振動が各セルに応じてムラが出るという問題が生じ得る。図 3 の熱交換ハニカム構造体 2 0 では、接触面 2 0 s が受熱領域 2 1 c と重ならないようになっていることで、こうした問題を回避している。

【 手 続 補 正 1 9 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 8 8

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 8 8 】

ここで、熱・音波変換部品 1 の 3 点曲げ強度は、たとえば、熱・音波変換部品 1 の構成材料の材料強度に依存する。たとえば、構成材料が多孔質材料である場合には、その材料強度としては、2 0 M P a 以上であることが、上記の熱・音波変換部品 1 の 3 点曲げ強度の数値範囲を満たす上で好ましい。ここで、熱・音波変換部品 1 の構成材料の材料強度は、原理的には、上述の熱・音波変換部品 1 の 3 点曲げ強度の測定において測定対象となった棒状の部材において、そのセル構造による空洞部分が熱・音波変換部品 1 の構成材料で埋められた密な棒状の部材を上述と同様の測定方法で測定することで得られる。なお、熱・音波変換部品 1 の 3 点曲げ強度の測定結果から、セル構造の詳細を考慮して換算することで得ることもできる。あるいは、熱・音波変換部品 1 の構成材料の原材料となる坯土で上記の棒状の部材と同じ形状のものを成形しさらに乾燥処理および焼成処理を施すことで、材料強度の測定対象となるサンプルを作製し、そのサンプルについて、上述の 3 点曲げ強度の測定を実行することで得ることもできる。

【 手 続 補 正 2 0 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 1 0 1

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 1 0 1 】

熱・音波変換部品 1 では、セル 1 4 の貫通方向に垂直な面内における熱・音波変換部品 1 の断面の円相当直径 D が 3 0 m m 以上 1 0 0 m m 以下であって、円相当直径 D に対する熱・音波変換部品 1 の長さ L の比 L / D が 0 . 3 以上 1 . 0 以下であることが好ましい。

【 手 続 補 正 2 1 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 1 0 6

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 1 0 6 】

熱・音波変換部品 1 の長さ L が上記の数値範囲に属することで、十分な熱音響効果が発揮される。

【 手 続 補 正 2 2 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 1 4 3

【 補 正 方 法 】 変 更

【補正の内容】

【0143】

第1の問題に関しては、各セルの水力直径が0.4mm以下であって開口率が60%以上93%以下の、水力直径がきわめて小さく開口率が高い（セル密度が高い）熱・音波変換部品1に対応した口金（以下、正規口金と呼ぶ）による押出成形の実行前に、リブの厚さが0.04mm以上0.09mm以下というリブの厚さがきわめて小さい口金（以下、ダミー口金と呼ぶ）での坏土の押出処理が行われる。なお、ここでいう「リブの厚さ」とは、成形体ハニカムの隔壁厚さのことで、口金におけるスリット幅を指しており、各スリットは、坏土の排出孔であって作製対象のハニカム構造体の各隔壁部分の形状を決定するものである。以下、「リブの厚さ」を、スリット幅を意味するものとして用いる。このダミー口金を用いた押出処理により、目詰まりの原因となりやすい坏土成分をあらかじめ取り除くことができる。この押出処理後の坏土を用いて正規口金による押出成形を実行することにより、上記の目詰まりの発生を抑えることが可能となる。

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0151

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0151】

第2の板状部303の材質の一種であるステンレス鋼としては、公知のステンレス鋼を用いることができる。たとえば、SUS304、SUS303等を挙げることができる。また、第2の板状部303の大きさは、特に限定されず、用途に合わせて、所望の大きさにすることができる。ただし、第2の板状部303が円板状である場合、円板の直径（一方の面および他方の面の直径）は20～40mmであることが好ましい。また、第2の板状部303の厚さについては2～8mmが好ましい。2mmより薄いと成形抵抗による応力による変形、破損を生じ、8mmより厚いと成形抵抗が過大になり成形体の押し出しが困難となる。

【手続補正24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0154

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0154】

第1の板状部307の大きさは特に限定されず、用途に合わせて、所望の大きさにすることができる。ただし、第1の板状部307が円板状である場合、円板の直径は、20～40mmが好ましい。第1の板状部307および第2の板状部303が円板状である場合、第1の板状部307の直径は、第2の板状部303の直径の90～100%が好ましい。なお、第1の板状部307の厚さは、0.3～1.2mmであることが好ましく、0.5～0.9mmであることが更に好ましい。また、第1の板状部307の厚さは、第2の板状部303の厚さの0.05～2倍であることが好ましい。このような数値範囲の寸法を採用することにより、押出圧力による口金自体の変形を許容範囲内に抑えることができ、ハニカム構造体の3点曲げ強度に影響するハニカム構造体の隔壁の大きな変形を抑えることができる。

【手続補正25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0156

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0156】

このように第1の層307aは、第1の板状部307を構成する一つの層であって第2

の板状部 3 0 3 側に配置される層である。ここで、第 1 の層 3 0 7 a には穴部 3 1 1 が形成されている。第 1 の層 3 0 7 a は、ビッカース硬度が 2 0 0 0 ~ 3 0 0 0 H V であり、ヤング率が 6 0 0 ~ 8 0 0 G P a である超硬合金製の層であることが好ましい。第 1 の層 3 0 7 a は、上記のようなビッカース硬度とヤング率を有する場合、穴部 3 1 1 にかかる応力に耐え得る硬度と、靱性とを備えた層となる。そのため、裏孔 3 0 5 から穴部 3 1 1 に流入した成形原料の応力によって、第 1 の板状部 3 0 7 が割れるなどの不具合を防止でき、口金の寿命を長くすることができる。また、穴部 3 1 1 は、第 1 の層 3 0 7 a の両面に開口するように形成されており、ハニカム構造体の 3 点曲げ強度に影響するハニカム構造体の隔壁の大きな変形を抑えることができる。

【手続補正 2 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 7 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 7 3】

図 1 9 に示す押さえ板構造 5 5 0 では、図 1 9 の下向き矢印の向きに成形原料は押し出される。この押さえ板構造 5 5 0 には、成形原料を供給する裏孔 5 5 3 と、成形原料を押し出すスリット 5 5 2 を有する口金 5 5 4 と、その口金 5 5 4 の下流側に設けた押さえ板 5 5 5 とが備えられている。口金 5 5 4 は内側部 5 7 1 と外周部 5 7 2 とからなる。内側部 5 7 1 は下流側（図 1 9 中の下方）に突出して外周部 5 7 2 との間に段差部 5 7 5 を形成しており、この内側部 5 7 1 には、ハニカム構造を成形するスリット 5 7 3 が備わっている。一方、外周部 5 7 2 には、スリット 5 7 3 より短いスリット 5 7 4 が備わっている。口金 5 5 4 と押さえ板 5 5 5 との間には、ハニカム構造の外壁を成形する隙間部 5 5 7 が形成されている。なお、押さえ治具 5 5 8 および裏押さえ板 5 5 a は、口金 5 5 4 と押さえ板 5 5 5 とをセットするためのホルダーである。

【手続補正 2 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 7 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 7 4】

図 1 9 に示す押さえ板構造 5 5 0 を用いた押出成形においては、成形原料は、口金 5 5 4 の上流側（図 1 9 中の上方）から押出機（図示しない）によって口金 5 5 4 を通じて下流側に向かって押し出される。下流側が開放された口金 5 5 4 の内側部 5 7 1 に備えられているスリット 5 7 3 から押し出された成形原料 5 6 1 は、多数のセルからなるハニカム構造に成形される。一方、口金 5 5 4 の外周部 5 7 2 に備わるスリット 5 7 4 から押し出された成形原料 5 6 1 は、隙間部 5 5 7 の作用によって、ハニカム形状が潰されるとともに、押出方向から段差部 5 7 5 方向へと進行方向を変え、押さえ板 5 5 5 が開口したところで、再び押出方向へと進行方向を変え、セルを取り囲む外壁を形成する。

【手続補正 2 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 2 1 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 2 1 8】

(1) セルの貫通方向に垂直な面（垂直面）内でのセルの水力直径 $H D$ (2) 熱・音波変換部品の 3 点曲げ強度 (3) 熱・音波変換部品の構成材料の材料強度 (4) 気孔率 (5) 熱・音波変換部品の長さ L (6) 熱・音波変換部品の長さ L に対するセルの水力直径 $H D$ の比 $H D / L$ (7) 開口率 (8) セル角部の曲率半径 (9) 中央領域の隔壁厚さに対する外周領域の隔壁厚さの比

【手続補正 29】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0231

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0231】

(実施例 6 ~ 10)

上述の実施例 1 の製造方法とは、押出成形の際の押出し長さが異なる点を除き同じ製造方法を用いて、上述の 9 種類のパラメータのうち熱・音波変換部品の長さ L に関連するパラメータ（熱・音波変換部品の長さ L、および、 HD/L ）の値のみが実施例 1 とは異なる実施例 6 ~ 10 の熱・音波変換部品を作製した。

【手続補正 30】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0233

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0233】

(実施例 11 ~ 13)

上述の実施例 1 の製造方法とは、押出成形の際に用いる口金が異なる点を除き同じ製造方法を用いて、上述の 9 種類のパラメータのうち熱・音波変換部品の開口率の値のみが実施例 1 とは異なる実施例 11 ~ 13 の熱・音波変換部品を作製した。

【手続補正 31】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0241

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0241】

(実施例 20 ~ 23)

上述の実施例 1 の製造方法とは、押出成形の際に用いる口金が異なる点を除き同じ製造方法を用いて、上述の 9 種類のパラメータのうち中央領域の隔壁厚さに対する外周領域の隔壁厚さの比のみが実施例 1 とは異なる実施例 20 ~ 23 の熱・音波変換部品を作製した。

【手続補正 32】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0243

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0243】

(実施例 24)

上述の実施例 1 の製造方法とは、複数のハニカムセグメントの接合の過程が存在する点、すなわち、実施例 1 のハニカム成形体の成形と実質的に同様の方法で複数のハニカムセグメントを作成してそれらを接合材（外周コート材と同じものを用いた）で接合した点を除き、同じ製造方法を用いて、セグメント構造（接合型・一体型）が接合型である点のみ実施例 1 とは異なる実施例 24 の熱・音波変換部品を作製した。

【手続補正 33】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0246

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0246】

【表 4】

	セル角部の曲率 半径(mm)	外周領域の隔壁厚さ ／中央領域の隔壁厚 さ	接合型・一体 型	エネル ギー変換 効率	音波による 損傷の確率 (%)
実施例14	0.005	1.3	一体型	○	2
実施例15	0.01	1.3	一体型	○	2
実施例16	0.02	1.3	一体型	○	0
実施例17	0.03	1.3	一体型	○	0
実施例18	0.08	1.3	一体型	○	0
実施例19	0.12	1.3	一体型	△	0
実施例20	0.05	1.05	一体型	○	0.1
実施例21	0.05	1.1	一体型	○	0
実施例22	0.05	2	一体型	○	0
実施例23	0.05	2.05	一体型	△	0
実施例24	0.05	1.3	接合型	○	0

【手続補正 3 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 2 6 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 2 6 0】

1：熱・音波変換部品、1 a：干渉材、2，2'，2 A，2 A'：高温側熱交換器、3：低温側熱交換器、4：ループ管、4'：ループ管、5：共鳴管、5'：伝播管、6：エネルギー変換器、7：音波発生部、1 1：隔壁、1 2：接合部、1 2'：接合部、1 3：外周壁、1 4：セル、1 5：ハニカムセグメント、1 5'：ハニカムセグメント、2 0：熱交換ハニカム構造体、2 0'：熱交換ハニカム構造体、2 0 a：隔壁、2 0 b：外周壁、2 0 c：スリット、2 0 d：セル、2 0 s：接触面、2 1：高温側環状管、2 1 1：高温側環状管、2 1 2：高温側環状管、2 1 1 0：管内ハニカム構造体、2 1 2 0：管内ハニカム構造体、2 1 a：流入口、2 1 b：流出口、2 1 c：受熱領域、2 1 d：耐熱性金属板、2 1 e：フィン、2 2，2 3：ハニカム構造体、2 3'：金属メッシュ体、2 2 a：金属外筒、2 3 a：金属メッシュ外筒、2 3 b：メタライズ層、3 0：メッシュ積層体、3 1：低温側環状管、3 1 a：流入口、3 1 b：流出口、3 2：金属部材、3 0 1：口金、3 0 3：第2の板状部、3 0 5：裏孔、3 0 5 a，3 0 9 a，3 1 1 a：開口部、3 0 6：第2の接合面、3 0 7：第1の板状部、3 0 7 a：第1の層、3 0 7 b：第2の層、3 0 7 b a：第2の層の一方の面、3 0 9：スリット、3 1 0：第1の接合面、3 1 1：穴部、3 1 3：セルブロック、4 0 1：口金、4 0 2：押さえ部、4 0 3：裏押さえ部、4 0 4：ハニカム成形体、4 0 5：間隙、4 0 6：傾斜面、4 0 7：対向面、5 5 0：押さえ板構造、5 5 2：スリット、5 5 3：裏孔、5 5 4：口金、5 5 5：押さえ板、5 5 7：隙間部、5 5 8：押さえ治具、5 5 a：裏押さえ板、5 6 1：押し出された成形原料、5 7 1：内側部、5 7 2：外周部、5 7 3，5 7 4：スリット、5 7 5：段差部、6 0 2，7 0 2：スリット、6 0 3，7 0 3：裏孔、6 0 4，7 0 4：口金、6 0 5，7 0 5：押さえ板、6 1 5，7 1 5：段差部、1 0 0：熱・音波変換ユニット、2 0 0：熱・音波変換ユニット、1 0 0 a：ハウジング、1 0 0 0：電力発生システム、2 0 0 0：冷熱発生システム。