

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月20日(20.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/014616 A1

(51) 国際特許分類:

F01N 13/14 (2010.01) C04B 35/80 (2006.01)
F01N 13/16 (2010.01) C23C 24/08 (2006.01)
C04B 38/00 (2006.01) F16L 9/14 (2006.01)
C04B 35/46 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026363

(22) 国際出願日: 2021年7月13日(13.07.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2020-120264 2020年7月13日(13.07.2020) JP

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).

(72) 発明者: 尾下 裕亮(OSHITA Yusuke); 〒4678530 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 Aichi (JP). 富田 崇弘(TOMITA Takahiro); 〒4678530 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 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 快友国際特許事務所(KAI-U PATENT LAW FIRM); 〒4516009 愛知県名古屋市西区牛島町6番1号 名古屋ルーセントタワー9階 Aichi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

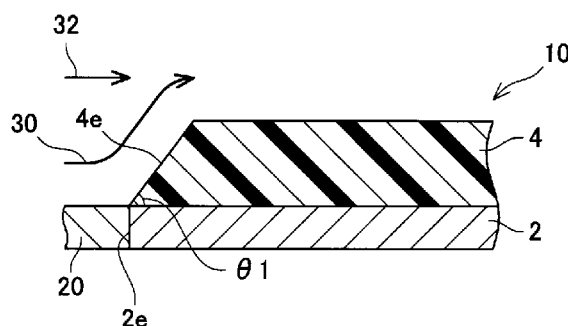
添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: EXHAUST PIPE

(54) 発明の名称: 排気管

[図4]



(57) Abstract: This exhaust pipe comprises a metal pipe and an inorganic porous layer provided on a region of the inner surface of the metal pipe where exhaust gas passes. In this exhaust pipe, the thickness of the inorganic porous layer increases from the longitudinal ends of the exhaust pipe toward the longitudinal center.

(57) 要約: 排気管は、金属管と、金属管の内面の排気ガスが通過する部位に設けられている無機多孔質層を備えている。この排気管では、無機多孔質層の厚みが、排気管の長手方向端部から長手方向中央部に向かうに従って厚くなっている。



WO 2022/014616 A1

明 細 書

発明の名称：排気管

技術分野

[0001] 本出願は、2020年7月13日に出願された日本国特許出願第2020-120264号に基づく優先権を主張する。その出願の全ての内容は、この明細書中に参照により援用されている。本明細書は、排気管に関する技術を開示する。

背景技術

[0002] 特開2018-031346号公報（以下、特許文献1と称する）に、金属製の内管と金属製の外管の間に無機多孔質層（断熱材）が配置された内燃機関の排気管が開示されている。特許文献1は、内管と外管の間に無機多孔質層を設けることにより、内管と外管の間を断熱し、排気管の下流に設けられている触媒に流入する排気ガスの温度低下を抑制している。触媒に流入する排気ガスの温度低下を抑制することにより、触媒の暖機が早期に完了する。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 特許文献1のように、二重管の間に無機質多孔質層を配置する場合、管体（金属管）と無機質多孔質層の密着性は特に要求されない。しかしながら、金属管と排気ガスが直接接触することを防止して排気ガスの温度低下をさらに抑制するため、二重管の内管の内側、あるいは、単管の内側に無機質多孔質層を設ける場合、無機質多孔質層を設けた分だけ排気ガスの流路が狭くなるので、排気管のガス入口側で排気ガスが無機多孔質層の側面に力を加え、無機多孔質層が金属管から剥離、あるいは、無機多孔質層が破損することがある。無機質多孔質層の厚みを薄くすれば、上記不具合が発生する可能性を低くすることができる。しかしながら、この場合、十分な断熱性を得ることが困難となる。そのため、管体の内側に無機質多孔質層を設けた排気管では

、断熱性と耐久性がトレードオフの関係を有する。本明細書は、断熱性を維持しながら耐久性が改善された排気管を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0004] 本明細書で開示する排気管は、金属管と、金属管の内面の排気ガスが通過する部位に設けられている無機多孔質層と、を備えていてよい。この排気管では、無機多孔質層の厚みが、排気管の長手方向端部から長手方向中央部に向かうに従って厚くなっていてよい。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]実施例の排気管の斜視図を示す。
[図2]実施例の排気管の径方向断面の部分拡大図を示す。
[図3]実施例の排気管の径方向断面図を示す。
[図4]実施例の排気管の長手方向断面の部分拡大図を示す。
[図5]変形例の排気管の長手方向断面の部分拡大図を示す。
[図6]変形例の排気管の長手方向断面の部分拡大図を示す。
[図7]従来の排気管の長手方向断面の部分拡大図を示す。
[図8]実験例の結果を示す。
[図9]実験例の結果を示す。

発明を実施するための形態

[0006] 本明細書で開示する排気管は、金属管と、金属管の内面の排気ガスが通過する部位に設けられている無機多孔質層を備えている。そのため、排気ガスの熱が金属管に伝熱することが抑制され（金属管が断熱され）、排気ガスの温度低下が抑制される。なお、本明細書でいう「多孔質」とは、無機多孔質層の気孔率（空隙率）が45体積%以上であることを意味する。金属管の内面に無機多孔質層を設けると、無機多孔質層の厚み分（正確には、厚みの2倍分）だけ、排気管の内径が金属管の内径より小さくなる。そのため、排気管を相手部材に取付けると、無機多孔質層が排気ガス流路に突出した格好となる。その結果、排気ガスが無機多孔質層の側壁（排気管の長手方向端面）に力を加え、無機多孔質層が剥離したり、無機多孔質層が損傷することがあ

る。本明細書で開示する排気管は、無機多孔質層の端部の形状を調整し、排気ガスから無機多孔質層に加わる力を低減し、無機多孔質層の耐久性を向上させる。具体的には、本明細書で開示する排気管では、無機多孔質層の厚みが、排気管の長手方向端部から長手方向中央部に向かうに従って厚くなっている。換言すると、排気管の長手方向端部において、無機多孔質層が、長手方向端縁に向かって厚みが薄くなるテーパ状である。

[0007] 上記排気管では、排気管に流入する排気ガスが、無機多孔質層のテーパ状の側壁に沿って、排気管内をスムーズに移動することができる。すなわち、排気ガスから無機多孔質層の側壁に加わる力が抑制される。そのため、無機多孔質層が金属管から剥離したり、無機多孔質層が損傷することが抑制される。上記排気管は、無機多孔質層の厚みを薄くすることなく（断熱性を維持したまま）、無機多孔質層の耐久性を向上させることができる。なお、排気管の両端で無機多孔質層の端部がテーパ状であってもよく、排気管の一端で無機多孔質層の端部がテーパ状であってもよい。テーパ形状が排気管の一端に形成されている場合、テーパ形状が形成された側が排気系の上流に位置するように排気管を配置する。

[0008] 上記排気管では、無機多孔質層の裏面（金属管内面と接する面）と側面（排気管の長手方向端面）が成す角度（以下、テーパ角度と称する）が、10度以上60度以下であってよい。テーパ角度が10度以上であれば、無機多孔質層のテーパ状の側壁に沿って移動する排気ガスが、排気管の長手方向に沿って直進して移動する排気ガスと衝突し、排気ガスの分子運動が促進される。排気ガスの分子運動が促進されると、排気ガスの温度低下が抑制される。すなわち、テーパ角度が10度以上であれば、排気管の断熱性を向上させることができる。また、テーパ角度が60度以下であれば、排気ガスから無機多孔質層の側壁に加わる力が十分に低減され、より確実に無機多孔質層の劣化（剥離、損傷）を抑制することができる。無機多孔質層のテーパ角度は、20度以上であってよく、30度以上であってよく、40度以上であってよく、50度以上であってよい。また、無機多孔質層のテー

パー角度は、50度以下であってよく、40度以下であってよく、30度以下であってよく、20度以下であってよい。

[0009] 無機多孔質層は、セラミック繊維を含んでいてよい。さらに、無機多孔質層は、15質量%以上のアルミナ成分と、45質量%以上のチタニア成分によって構成されていてよい。無機多孔質層がセラミック繊維を含むことにより、無機多孔質層自体が、金属管と無機多孔質層の熱膨張率差の影響を吸収することができる。また、無機多孔質層にセラミック繊維が含まれていると、無機多孔質層自体の強度（機械的強度）が低下することも抑制される。また、無機多孔質層が15質量%以上のアルミナ成分と45質量%以上のチタニア成分によって構成されていると、高温の排気ガスに曝されても無機多孔質層の形状を維持することができる。なお、無機多孔質層に含まれるアルミナ成分は、25質量%以上であってよく、30質量%以上であってよく、40質量%以上であってよい。

[0010] 無機多孔質層の熱膨張係数を $\alpha 1$ とし、金属管の熱膨張係数を $\alpha 2$ としたときに、下記式（1）を満足していてよい。無機多孔質層が金属管から剥離する現象を、より確実に防止することができる。

$$\text{式1: } 0.5 < \alpha 1 / \alpha 2 < 1.2$$

[0011] 無機多孔質層は、扁平板状の板状セラミック粒子を含んでいてよい。板状セラミック粒子は、断面をSEMで観察したときのアスペクト比が10以上60以下であってよい。無機多孔質層に含まれる板状セラミック粒子の断面のアスペクト比は、無機多孔質層の断面をSEM観察することにより確認することができる。板状セラミック粒子は、SEMにおいて棒状に現れる。板状セラミック粒子は、無機多孔質層自体の強度（機械的強度）が低下することを抑制することができる。なお、断面のアスペクト比10以上60以下の板状セラミック粒子は、例えば、原料として断面のアスペクト比が60以上100以下の板状セラミック粒子を用いることにより、無機多孔質層の製造過程においてアスペクト比が小さくなり、結果として無機多孔質内に残存する。板状セラミック粒子を用いることにより、セラミック繊維の一部を板状

セラミック粒子に置換することができる。典型的に、板状セラミック粒子の長さ（長手方向サイズ）は、セラミック繊維の長さより短い。そのため、板状セラミック粒子を用いることにより、無機多孔質層内の伝熱経路が分断され、無機多孔質層内の熱伝達が起こりにくくなる。その結果、無機多孔質層の断熱性能がさらに向上する。

[0012] 無機多孔質層に、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の粒状粒子が含まれていてよい。無機多孔質層を成形（焼成）する際、セラミック繊維同士が粒状粒子を介して結合され、高強度の無機多孔質層が得られる。また、無機多孔質層の厚み（テーパーが形成されていない部分の厚み）は、要求性能に依るが、 1 mm 以上であってよい。上記した機能（断熱性）を十分に発揮することができる。なお、無機多孔質層の厚みが厚すぎると、コスト（製造コスト、材料コスト）に見合う特性の向上が得られにくくなる。そのため、特に限定されないが、無機多孔質層の厚みは、 30 mm 以下であってよく、 20 mm 以下であってよく、 15 mm 以下であってよく、 10 mm 以下であってよく、 5 mm 以下であってよい。

[0013] 金属管と無機多孔質層は、熱伝導率の差が大きいことが好ましい。具体的には、金属管の熱伝導率は、無機多孔質層の熱伝導率の 100 倍以上であってよい。なお、金属管の熱伝導率は、無機多孔質層の熱伝導率の 150 倍以上であってよく、無機多孔質層の熱伝導率の 200 倍以上であってよく、無機多孔質層の熱伝導率の 250 倍以上であってよく、無機多孔質層の熱伝導率の 300 倍以上であってよい。

[0014] 金属管の熱伝導率は、 10 W/mK 以上 400 W/mK 以下であってよい。なお、金属管の熱伝導率は、 25 W/mK 以上であってよく、 50 W/mK 以上であってよく、 100 W/mK 以上であってよく、 150 W/mK 以上であってよく、 200 W/mK 以上であってよく、 250 W/mK 以上であってよく、 300 W/mK 以上であってよく、 380 W/mK 以上であってよい。また、金属管の熱伝導率は、 350 W/mK 以下であってよく、 300 W/mK 以下であってよく、 250 W/mK 以下であってよく、 20

0 W/mK以下であってよく、150 W/mK以下であってよい。

[0015] 無機多孔質層の熱伝導率は、0.05 W/mK以上3 W/mK以下であってよい。なお、無機多孔質層の熱伝導率は、0.1 W/mK以上であってよく、0.2 W/mK以上であってよく、0.3 W/mK以上であってよく、0.5 W/mK以上であってよく、0.7 W/mK以上であってよく、1 W/mK以上であってよく、1.5 W/mK以上であってよく、2 W/mK以上であってよい。また、無機多孔質層の熱伝導率は、2.5 W/mK以下であってよく、2.0 W/mK以下であってよく、1.5 W/mK以下であってよく、1 W/mK以下であってよく、0.5 W/mK以下であってよく、0.3 W/mK以下であってよく、0.25 W/mK以下であってよい。

[0016] 金属管は、直線状であってよく、全体（または一部）が曲線状であってよく、中間部分がテーパ状であってよく、また、分岐管であってよい。無機多孔質層は、金属管の表面（内面）の全面を被覆していてもよいし、金属管の表面の一部を被覆していてもよい。例えば、無機多孔質層は、金属管の端部（一端または両端）を除く部分を被覆してよい。

[0017] また、無機多孔質層は、厚み方向（金属管と接する面から排気ガスの流路を構成する面に至る範囲）において、均一の材料で構成されていてよい。すなわち、無機多孔質層は単層であってよい。また、無機多孔質層は、厚み方向において、組成の異なる複数の層で構成されていてよい。すなわち、無機多孔質層は、複数の層が積層した多層構造であってよい。あるいは、無機多孔質層は、厚み方向において、組成が除々に変化する傾斜構造であってよい。無機多孔質層が単層の場合、排気管の製造（金属管内面に無機多孔質層を成形する工程）を容易に行うことができる。無機多孔質層が多層又は傾斜構造の場合、厚み方向において、無機多孔質層の特性を変化させることができる。無機多孔質層の構造（単層、多層、傾斜構造）については、排気管に応じて適宜選択することができる。

[0018] 無機多孔質層の気孔率は、45体積%以上90体積%以下であってよい。

気孔率が45体積%以上であれば、断熱性を十分に発揮し得る。また、気孔率が45体積%以上であれば、気孔率が90体積%以下であれば、十分な強度を確保することができる。なお、無機多孔質層の気孔率は、55体積%以上であってよく、60体積%以上であってよく、65体積%以上であってよい。さらに、無機多孔質層の気孔率は、85体積%以下であってよく、80体積%以下であってよく、70体積%以下であってよく、65体積%以下であってよく、60体積%以下であってよい。また、無機多孔質層が多層構造又は傾斜構造の場合、無機多孔質層の気孔率は、全体として45体積%以上90体積%以下であればよく、厚み方向で気孔率が異なってもよい。この場合、部分的に、気孔率が45体積%未満の部分、あるいは、気孔率が90体積%超の部分が存在してよい。

[0019] 無機多孔質層は、セラミック粒子（粒状粒子）、板状セラミック粒子、セラミック繊維のうちの1以上の材料により構成されている。なお、セラミック粒子、板状セラミック粒子及びセラミック繊維は、構成成分として、アルミナ、及び／又は、チタニアを含んでいてよい。換言すると、アルミナ、及び／又は、チタニアによって、セラミック粒子、板状セラミック粒子、セラミック繊維が形成されていてよい。すなわち、無機多孔質層は、構成材料（構成物質）全体で、15質量%以上のアルミナ成分と45質量%以上のチタニア成分を含んでいればよい。但し、無機多孔質層は、構成成分は任意（アルミナ成分、チタニア成分を含んでいてもよいし、含んでいなくてもよい）であるが、少なくともセラミック繊維を含んでいる。

[0020] セラミック粒子は、板状セラミック粒子、セラミック繊維等の無機多孔質層の骨格をなす骨材同士を接合する接合材として用いられてよい。セラミック粒子は、0.1 μm 以上10 μm 以下の粒状粒子であってよい。なお、セラミック粒子は、製造過程（例えば焼成工程）において、焼結等により粒径が大きくなってよい。すなわち、無機多孔質層を製造する原料として、セラミック粒子は、0.1 μm 以上10 μm 以下（焼成前の平均粒径）の粒状粒子であってよい。なお、セラミック粒子は、0.5 μm 以上であってよく

、 $5\mu\text{m}$ 以下であってもよい。セラミック粒子の材料として、例えば金属酸化物を利用してよい。金属酸化物の一例として、アルミナ (Al_2O_3)、スピネル (MgAl_2O_4)、チタニア (TiO_2)、ジルコニア (ZrO_2)、マグネシア (MgO)、ムライト ($\text{Al}_6\text{O}_{13}\text{Si}_2$)、コージェライト ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$)、イットリア (Y_2O_3)、ステアタイト ($\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)、フォルステライト ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)、ランタンアルミネート (LaAlO_3)、ストロンチウムチタネート (SrTiO_3) 等が挙げられる。これらの金属酸化物は、高い耐蝕性を有する。そのため、セラミック粒子の材料として上記金属酸化物を用いることにより、排気管の保護層として好適に適用することができる。

[0021] 板状セラミックは、無機多孔質層内において、骨材、補強材として機能し得る。すなわち、板状セラミックは、セラミック繊維と同様に、無機多孔質層の強度を向上させ、さらに、製造工程において無機多孔質層が収縮することを抑制する。なお、板状セラミック粒子を用いることにより、無機多孔質層内の伝熱経路を分断することができる。そのため、板状セラミックを用いることにより、骨材としてセラミック繊維のみを用いる形態と比較して、断熱性を向上させることができる。

[0022] 扁平板状の板状セラミック粒子は、表面形状（厚み方向から観察した形状）は特に限定されず、例えば、矩形等の多角形、略円形、曲線及び／又は直線で囲まれた不定形であってよく、断面を観察したときの長手方向サイズが $5\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であってよい。長手方向サイズが $5\mu\text{m}$ 以上であれば、セラミック粒子の過剰な焼結を抑制することができる。長手方向サイズが $100\mu\text{m}$ 以下であれば、上述したように無機多孔質層内の伝熱経路を分断する効果が得られ、高温の排気ガスが流通する排気管に好適に適用し得る。また、板状セラミック粒子は、アスペクト比が5以上100以下であってよい。アスペクト比が5以上であればセラミック粒子の焼結を良好に抑制することができ、100以下であれば板状セラミック粒子自体の強度低下が抑制される。なお、板状セラミック粒子の材料として、上記したセラミック

粒子の材料として用いられる金属酸化物に加え、タルク ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)、マイカ、カオリン等の鉱物・粘土、ガラス等を用いることもできる。

[0023] セラミック繊維は、無機多孔質層内において、骨材、補強材として機能し得る。すなわち、セラミック繊維は、無機多孔質層の強度を向上させ、さらに、製造工程において無機多孔質層が収縮することを抑制する。無機多孔質層を形成する際の原料中のセラミック繊維の長さは、 $50\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であってよい。また、セラミック繊維の直径（平均径）は、 $1\sim 20\mu\text{m}$ であってよい。セラミック繊維は、無機多孔質層の断面をSEM観察することにより確認することができる。セラミック繊維は、SEM画像において略円形である。すなわち、SEM画像には、セラミック繊維の径方向断面が現れる。また、セラミック繊維の材料が無機多孔質層を構成する他の材料と異なる場合、EDS分析を行うことによってセラミック繊維を判別（確認）することもできる。無機多孔質層を形成する際の原料に占めるセラミック繊維の体積率は、 5 体積%以上 25 体積%以下であってよい。無機多孔質層の原料が 5 体積%以上のセラミック繊維を含むことにより、無機多孔質層の製造過程（焼成工程）において無機多孔質層内のセラミック粒子の収縮を十分に抑制することができる。また、原料中のセラミック繊維の体積率を 25 体積%以下（すなわち、無機多孔質層内のセラミック繊維の体積率が 25 体積%以下）とすることにより、無機多孔質層内の伝熱経路を分断することができ、排気管に好適に適用し得る。なお、セラミック繊維の材料が無機多孔質層を構成する他の材料と異なる場合、EDS分析の結果を画像処理することにより、無機多孔質層内のセラミック繊維の割合（体積率）を測定することができる。

[0024] なお、セラミック繊維の材料として、アルミナ (Al_2O_3)、スピネル (MgAl_2O_4)、チタニア (TiO_2)、ジルコニア (ZrO_2)、マグネシア (MgO)、ムライト ($\text{Al}_6\text{O}_{13}\text{Si}_2$)、コージェライト ($\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$)、イットリア (Y_2O_3)、ステアタイト ($\text{MgO}\cdot\text{SiO}$

2)、フォルステライト ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)、ランタンアルミネート (LaAlO_3)、ストロンチウムチタネート (SrTiO_3) 等、上記したセラミック粒子と同様の材料を用いることができる。また、無機多孔質層内に、上記材料で形成された一種または複数種のセラミック繊維が含まれていてよい。

[0025] また、無機多孔質層を形成する際の原料に占める骨材、補強材（セラミック繊維、板状セラミック粒子等。以下、単に骨材と称する）の含有率は、15質量%以上55質量%以下であってよい。原料中の骨材の含有率が15質量%以上であれば、焼成工程における無機多孔質層の収縮を十分に抑制することができる。また、原料中の骨材の含有率が55質量%以下であれば、セラミック粒子によって骨材同士が良好に接合される。原料中の骨材の含有率は、20質量%以上であってよく、30質量%以上であってよく、50質量%以上であってよく、53質量%以上であってもよい。また、原料中の骨材の含有率は、53質量%以下であってよく、50質量%以下であってよく、30質量%以下であってよく、20質量%以下であってもよい。

[0026] 上記したように、セラミック繊維及び板状セラミック粒子は、ともに無機多孔質層内において骨材、補強材として機能し得る。しかしながら、排気管の作製後（焼成後）に無機多孔質層が収縮することを確実に抑制するため、骨材としてセラミック繊維と板状セラミック粒子の双方を用いる場合であっても、無機多孔質層を形成する際の原料に占めるセラミック繊維の含有量は、少なくとも5質量%以上であってよい。なお、原料中のセラミック繊維の含有量は、10質量%以上であってよく、20質量%以上であってよく、30質量%以上であってよく、40質量%以上であってよい。また、原料中のセラミック繊維の含有量は、50質量%以下であってよく、40質量%以下であってよく、30質量%以下であってよく、20質量%以下であってよく、10質量%以下であってもよい。

[0027] 骨材としてセラミック繊維と板状セラミック粒子の双方を用いる場合、骨材全体に占める板状セラミック粒子の割合（重量比）は、70%以下であっ

てよい。すなわち、質量比で、骨材の少なくとも30%以上がセラミック繊維であってよい。骨材全体に占める板状セラミック粒子の割合（重量比）は、67%以下であってよく、64%以下であってよく、63%以下であってよく、60%以下であってよく、50%以下であってもよい。なお、板状セラミック粒子は必ずしも骨材として必須ではない。また、骨材全体に占める板状セラミック粒子の割合は、40%以上であってよく、50%以上であってよく、60%以上であってよく、62%以上であってよく、63%以上であってよく、65%以上であってもよい。具体的には、無機多孔質層を形成する際の原料に占める板状セラミック粒子の含有量は、5質量%以上であってよく、10質量%以上であってよく、20質量%以上であってよく、30質量%以上であってよく、33質量%以上であってよい。また、原料中の板状セラミック粒子の含有量は、35質量%以下であってよく、33質量%以下であってよく、30質量%以下であってよく、20質量%以下であってよく、10質量%以下であってもよい。

[0028] 無機多孔質層に含まれる SiO_2 が25質量%以下であってよい。無機多孔質層内に非晶質層が形成されることが抑制され、無機多孔質層の耐熱性（耐久性）が向上する。

[0029] 無機多孔質層を形成する際、セラミック粒子、板状セラミック粒子、セラミック繊維の他に、バインダ、造孔材、溶媒を混合した原料を用いてよい。バインダとして、無機バインダを使用してよい。無機バインダの一例として、アルミナゾル、シリカゾル、チタニアゾル、ジルコニアゾル等が挙げられる。これらの無機バインダは、焼成後の無機多孔質層の強度を向上させることができる。造孔材として、高分子系造孔材、カーボン系粉等を使用してよい。具体的には、アクリル樹脂、メラミン樹脂、ポリエチレン粒子、ポリスチレン粒子、カーボンブラック粉末、黒鉛粉末等が挙げられる。造孔材は、目的に応じて種々の形状であってよく、例えば、球状、板状、繊維状等であってよい。造孔材の添加量、サイズ、形状等を選択することにより、無機多孔質層の気孔率、気孔サイズを調整することができる。溶媒は、他の原料に

影響を及ぼすことなく原料の粘度を調整可能なものであればよく、例えば、水、エタノール、イソプロピルアルコール（IPA）等を使用することができる。

[0030] なお、上記した無機バインダも無機多孔質層の構成材料である。そのため、無機多孔質層を形成する際にアルミナゾル、チタニアゾル等を用いる場合、無機多孔質層は、無機バインダを含む構成材料全体で、15質量%以上のアルミナ成分と45質量%以上のチタニア成分を含んでいけばよい。

[0031] 無機多孔質層の組成及び原料は、保護する金属管に応じて調整する。本明細書で開示する排気管では、特に限定されないが、SUS430、SUS429、SUS444等のステンレス鋼、鉄、鋳鉄、銅、ハステロイ、インコネル、コバル、ニッケル合金等を用いることができる。無機多孔質層の組成及び原料は、用いる金属管の熱膨張係数に応じて調整してよい。具体的には、無機多孔質層の熱膨張係数を $\alpha 1$ とし、金属の熱膨張係数を $\alpha 2$ としたときに、下記式4を満足するように調整してよい。例えば、金属管がSUS430の場合、熱膨張係数 $\alpha 1$ が $6 \times 10^{-6} / K < \alpha 1 < 14 \times 10^{-6} / K$ となるように、より好ましくは、熱膨張係数 $\alpha 1$ が $6 \times 10^{-6} / K < \alpha 1 < 11 \times 10^{-6} / K$ となるように、無機多孔質層の組成及び原料を調整してよい。また、金属管が銅の場合、熱膨張係数 $\alpha 1$ が $8.5 \times 10^{-6} / K < \alpha 1 < 20 \times 10^{-6} / K$ となるように、より好ましくは、熱膨張係数 $\alpha 1$ が $8.5 \times 10^{-6} / K < \alpha 1 < 18 \times 10^{-6} / K$ となるように、無機多孔質層の組成及び原料を調整してよい。なお、「 $\alpha 1 / \alpha 2$ 」の値は、0.55以上であってよく、0.6以上であってよく、0.65以上であってよく、0.75以上であってよく、0.8以上であってよい。また、「 $\alpha 1 / \alpha 2$ 」の値は、1.15以下であってよく、1.1以下であってよく、1.05以下であってよく1.0以下であってよい。

$$\text{式4: } 0.5 < \alpha 1 / \alpha 2 < 1.2$$

[0032] 本明細書で開示する排気管では、金属管の内面に上記原料を塗布し、乾燥、焼成を経て金属管の内面に無機多孔質層を形成してよい。原料の塗布方法

として、ディップコート、スピンコート、エアロゾルデポジション（AD）法、刷毛塗り、コテ塗り、モールドキャスト成形等を用いることができる。なお、目的とする無機多孔質層の厚みが厚い場合、あるいは、無機多孔質層が多層構造の場合、原料の塗布、原料の乾燥を複数回繰り返し、目的とする厚み、あるいは、多層構造に調整してもよい。上記塗布方法は、後述する被覆層を形成する塗布方法として適用することもできる。

[0033] 上記したように、本明細書で開示する排気管では、無機多孔質層の表面に、被覆層が設けられていてもよい。被覆層の材料は、多孔質または緻密質なセラミックであってよい。被覆層で用いられる多孔質セラミックの一例として、ジルコニア（ ZrO_2 ）、部分安定化ジルコニア、安定化ジルコニア等が挙げられる。また、イットリア安定化ジルコニア（ $ZrO_2-Y_2O_3:YSZ$ ）、 YSZ に Gd_2O_3 、 Yb_2O_3 、 Er_2O_3 等を添加した金属酸化物、 $ZrO_2-HfO_2-Y_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y_2O_3-La_2O_3$ 、 $ZrO_2-HfO_2-Y_2O_3-La_2O_3$ 、 $HfO_2-Y_2O_3$ 、 $CeO_2-Y_2O_3$ 、 $Gd_2Zr_2O_7$ 、 $Sm_2Zr_2O_7$ 、 $LaMnAl_{11}O_{19}$ 、 $YT a_3O_9$ 、 $Y_{0.7}La_{0.3}Ta_3O_9$ 、 $Y_{1.08}Ta_{2.76}Zr_{0.24}O_9$ 、 $Y_2Ti_2O_7$ 、 $LaTa_3O_9$ 、 $Yb_2Si_2O_7$ 、 $Y_2Si_2O_7$ 、 Ti_3O_5 等が挙げられる。被覆層で用いられる緻密質なセラミックの一例として、アルミナ、シリカ、ジルコニアなどが挙げられる。また、上述した無機多孔質層の構成材料からセラミック繊維を除去することにより、低気孔率（緻密質）となるため、被覆層として用いてもよい。被覆層として多孔質または緻密質セラミックを用いることにより、無機多孔質層が補強され、無機多孔質層が金属管の表面から剥がれることを抑制することができる。なお、被覆層として緻密質なセラミックを用いると、例えば高温ガスが無機多孔質層を透過することを抑制したり、無機多孔質層内で排気ガスが滞留することを抑制することができる。その結果、排気ガスの熱が金属管に伝熱することを抑制する効果が期待できる。

実施例

[0034] 図1から図4を参照し、排気管10について説明する。排気管10は、S

US430製の金属管2の内面に無機多孔質層4が設けられている。排気管10は、金属管2の外面をマスキングした状態で、金属管2を原料スラリーに浸漬し、乾燥、焼成を行って製造した。具体的には、内径 ϕ 47mm、厚み1.5mm、長さ300mmのパイプ（SUS430製）の外面をマスキングした状態で原料スラリーに浸漬し、無機多孔質層をパイプの内壁に塗布した。その後、200℃で乾燥、800℃で焼成して各試料を作製した。無機多孔質層4の原料スラリーは、アルミナ繊維（平均繊維長140 μ m）と、板状アルミナ粒子（平均粒子径6 μ m）と、チタニア粒子（平均粒子径0.25 μ m）と、アルミナゾル（アルミナ量1.1質量%）と、アクリル樹脂（平均粒子径8 μ m）と、エタノールを混合し、作成した。なお、原料スラリーは、粘度が3000mPa $\cdot$ sとなるように調整した。

[0035] 金属管2を無機多孔質層用原料スラリーに浸漬して金属管2の内面に原料を塗布した後、金属管2を乾燥機に投入し、200℃（大気雰囲気）で1時間乾燥させた。これにより、金属管2の内面に厚み500 μ mの無機多孔質層4が形成された。その後、金属管2を無機多孔質層用原料スラリーに浸漬して乾燥する工程を4回繰り返し、金属管2の内面に厚み2mmの無機多孔質層4を形成した。

[0036] その後、金属管2を電気炉内に配置し、大気雰囲気で800℃で焼成し、排気管10を作成した。無機多孔質層4は金属管2の内面全体に形成された（図3を参照）。次に、無機多孔質層4の端部をサンドペーパーで研磨し、無機多孔質層4の側壁4eをテーパ状にした。すなわち、排気管10では、無機多孔質層4の厚みが、排気管10の長手方向端部から長手方向中央部に向かうに従って厚くなっている。なお、無機多孔質層4の側壁4eをテーパ状に加工するタイミングは、4回目（最後）の原料塗布後（乾燥前）、あるいは、4回目（最後）の乾燥後（焼成前）に行うこともできる。また、金属管2に円錐台の治具を嵌めた状態で金属管2を無機多孔質層用原料スラリーに浸漬することにより、研磨することなく、無機多孔質層4の側壁4eをテーパ状にすることもできる。

[0037] 排気管 10 の利点について説明する。図 4 に示すように、排気管 10 は、接続管 20 を介して内燃機関（図示省略）の排気系に接続される。排気管 10 には、接続管 20 より排気ガス 30 が導入される。排気ガス 30 のうち、接続管 20 の内壁近傍を移動する排気ガス 32 は、排気管 10 に導入されると、テーパ状の側壁 4e に沿って排気管 10 の中心側（径方向中心側）に移動しながら、排気管 10 の長手方向に移動する。側壁 4e がテーパ状なので、排気ガス 32 は、側壁 4e に過度な力を加えることなく、排気管 10 内を移動する。一方、図 7 に示す従来の排気管 110 の場合、排気ガス 32 が、無機多孔質層 4 の側壁 4e に衝突し、無機多孔質層 4 に過度な力を加える。そのため、排気管 110 は、長期間の使用により、側壁 4e にクラックが発生したり、金属管 2 から無機多孔質層 4 が剥離する等、無機多孔質層 4 が劣化することがある。排気管 10 は、側壁 4e に加わる力が抑制されるので、無機多孔質層 4 の劣化を抑制することができる。

[0038] また、図 4 に示すように、排気ガス 32 は、テーパ状の側壁 4e に沿って排気管 10 の中心側に移動するので、排気管 10 の中心側を移動する排気ガス 34 と衝突する。排気ガス同士（排気ガス 32, 34）が衝突すると、排気ガスの分子運動が促進され、排気ガスの温度が低下しにくくなる。排気管 10 は、管内で排気ガス同士を衝突させることにより、排気ガスの温度低下を抑制する（断熱性を高くする）ことができる。なお、無機多孔質層 4 のテーパ角度 $\theta 1$ （無機多孔質層 4 の裏面（金属管 2 との接触面）と側壁 4e の成す角度 $\theta 1$ ）は、10 度以上 60 度以下に調整される。無機多孔質層 4 のテーパ角度 $\theta 1$ は、X 線 CT を用いて非破壊で測定する。

[0039] 以下、図 5 及び図 6 を参照し、排気管 10 の変形例について説明する。排気管 10 では、側壁 4e のテーパ角度 $\theta 1$ が、無機多孔質層 4 の裏面から表面に至るまでほぼ一定である。すなわち、無機多孔質層 4 の断面を観察したときに、側壁 4e がほぼ一直線である。しかしながら、図 5 に示す排気管 10a では、側壁 4e のテーパ角度が、無機多孔質層 4 の裏面から表面に至る途中で変化している。具体的には、無機多孔質層 4 の断面を観察すると

、側壁 4 e は、無機多孔質層 4 の裏面（無機多孔質層 4 の長手方向の端縁）から伸びる直線状の側壁 4 1 と、無機多孔質層 4 の厚み方向中間部分から表面に伸びる直線状の側壁 4 2 によって構成されている。排気管 10 a も、側壁 4 e に排気ガスから過度な力が加わることを抑制でき、断熱性を維持しながら無機多孔質層 4 の劣化を抑制することができる。なお、排気管 10 a の場合、無機多孔質層 4 の裏面と側壁 4 1 が成す角度 $\theta 1$ を、側壁 4 e のテーパ角度と称する。

[0040] 図 6 に示す排気管 10 b では、無機多孔質層 4 の断面を観察すると、側壁 4 e が曲線で現れる。換言すると、側壁 4 e のテーパ角度が、無機多孔質層 4 の裏面から表面に至るまでの間、変化し続けている。排気管 10 b も、側壁 4 e に排気ガスから過度な力が加わることを抑制でき、断熱性を維持しながら無機多孔質層 4 の劣化を抑制することができる。なお、排気管 10 b の場合、無機多孔質層 4 の厚み T の中点部分（ $0.5 T$ 部分）の中点側壁部 4 4 と無機多孔質層 4 の端縁（側壁 4 e の金属管 2 に接触する部分）が成す角度 $\theta 1$ を、側壁 4 e のテーパ角度と称する。

[0041] （実験例 1）

無機多孔質層 4 の側壁 4 e のテーパ角度 $\theta 1$ を変化させ、無機多孔質層 4 の耐久性及び排気管 10 の断熱性の評価を行った。具体的には、内径 $\phi 4.7 \text{ mm}$ 、厚み 1.5 mm 、長さ 300 mm の SUS 430 製のパイプの内面に、厚さ 2 mm の無機多孔質層 4 を形成し、高温ガス流入試験を行い、耐久性及び断熱性の評価を行った。無機多孔質層 4 を形成するための原料スラリーは、アルミナ繊維 30 質量%、板状アルミナ粒子 20 質量%、チタニア粒子 50 質量%を混合した原料に、外掛けでアルミナゾル 10 質量%、アクリル樹脂 40 質量%を加え、エタノールでスラリー粘度を調整し、作成した。この原料スラリーを用いて、上述した方法で排気管 10 を作製した。なお、この場合、無機多孔質層 4 に含まれるアルミナ成分は 51 質量%となり、チタニア成分は 48 質量%となる。

[0042] その後、無機多孔質層 4 の端部を研磨し、テーパ角度 $\theta 1$ が異なる試料

1～6を作製した。図8に、各試料のテーパー角度 $\theta 1$ を示す。なお、試料6（テーパー角度90度）は、無機多孔質層4の端部を研磨していない。また、各試料を作製した後、無機多孔質層4の端部（側壁）の外観観察を行った結果、いずれの試料も、クラック及び剥離は確認されなかった。各試料のテーパー角度 $\theta 1$ は、X線CTを用いて測定した。なお、テーパー角度は、X線CTに代え、例えば、三次元測定機等を使用して測定することもできる。

[0043] 高温ガス流入試験は、パイプ内に600度の高温ガスを $2\text{Nm}^3/\text{分}$ で1時間供給した後、無機多孔質層4の端部（側壁）の外観を評価した。図8に、外観変化なし（クラック及び剥離なし）の試料に「○」、クラック又は剥離が確認された試料（剥離なし）に「△」、クラック及び剥離が確認された試料に「×」を付して示す。また、高温ガスをパイプ内に供給している間、パイプ入口側端部の内壁を流れるガス温度が400度に達したときの、パイプ出口側端部の内壁を流れるガス温度との差を測定し、評価した。図8に、パイプ入口側端部の内壁を流れるガス温度が400度に達したときの、パイプ出口側端部の内壁を流れるガス温度との差を示す。

[0044] 図8に示すように、テーパー角度が60度以下の試料（試料1～4）は、試験後に、無機多孔質層の端部にクラック、剥離等の劣化は確認されなかった。一方、テーパー角度が60度超の試料（試料5, 6）は、試験後に、無機多孔質層の端部に劣化が確認された。この結果は、無機多孔質層の側壁をテーパー状にすることにより、排気ガスから無機多孔質層に加わる力が低減され、無機多孔質層の劣化が抑制されることを示している。また、テーパー角度が10度以上の試料（試料2～6）は、排気管の長手方向両端（ガス入口側とガス出口側）で、パイプの温度差が小さい（10度以下である）。一方、テーパー角度が10度未満の試料（試料1）は、排気管の長手方向両端で、パイプの温度差が大きい（10度超である）。すなわち、テーパー角度が10度以上の試料は、優れた断熱性が得られることが確認された。この結果は、テーパー角度を10度以上にすることにより、排気管内で排気ガス同

土を衝突させることができ、排気ガスの温度が低下することを抑制することができることを示している。以上のように、無機断熱層の側壁をテーパ状にし、無機多孔質層の厚みが、排気管の長手方向端部から長手方向中央部に向かうに従って厚くなるようにすることにより、高断熱、高耐久性の排気管を実現することができることが確認された。

[0045] (実験例2)

上記したように、無機多孔質層は、アルミナ繊維、板状アルミナ粒子、チタニア粒子、アルミナゾル、アクリル樹脂及びエタノールを混合した原料スラリーを作成し、金属管を原料スラリーに浸漬させた後、乾燥及び焼成を行い作成した。本実験例では、アルミナ成分及びチタニア成分の量が無機多孔質層の特性に与える影響を確認するため、金属管に代えて金属板の表面に無機多孔質層を形成し、評価を行った。具体的には、アルミナ繊維、板状アルミナ粒子及びチタニア粒子の割合を変化させ、また、アルミナ繊維をムライト繊維に代えたとともに板状アルミナ粒子を板状マイカに代えて無機多孔質層を形成し、焼成後の無機多孔質層の状態を確認した。

[0046] 具体的には、セラミック繊維（アルミナ繊維、ムライト繊維）、板状セラミック粒子（板状アルミナ粒子、板状マイカ）、チタニア粒子及びジルコニア粒子の配合量を図9に示すように変化させ、セラミック繊維、板状セラミック粒子、チタニア粒子及びジルコニア粒子の合計が100質量%になるように配合し、さらに、外掛けでアルミナゾル10質量%（アルミナゾルに含まれるアルミナ量1.1質量%）、アクリル樹脂40質量%を加え、エタノールでスラリー粘度を調整して原料スラリーを作成した。なお、試料15は板状セラミック粒子を用いておらず、試料11～17、20、22及び23はジルコニア粒子を用いていない。その後、試料11～18、21～23についてはSUS430板に原料スラリーを塗布し、試料19及び20については銅板に原料スラリーを塗布し、大気雰囲気200℃で1時間乾燥させた後、大気雰囲気800℃で3時間焼成した。なお、金属板（SUS430板及び銅板）上に約1.2mmの無機多孔質層が形成されるように、各試料に

おける原料スラリーの塗布回数（金属板の浸漬回数）を調整した。

[0047] なお、本実験例は、アルミナ成分（セラミック繊維、板状セラミック粒子）及びチタニア成分の量が無機多孔質層の外観に及ぼす影響（クラック、剥離等の有無）を確認することを目的とし、無機多孔質層の断熱性の評価は行っていない。

[0048] 焼成後の試料について、外観の評価を行った。外観評価は、目視にて、クラック及び剥離の発生の有無を観察した。図9に、クラック及び剥離等が発生しなかった試料に「○」を付し、クラックと剥離の一方が発生した試料に「△」を付し、クラックと剥離の両方が発生した試料に「×」を付している。

[0049] また、作成した試料11～23について、無機多孔質層におけるアルミナ成分とチタニア成分の割合（質量％）の測定と、無機多孔質層の気孔率（体積％）の測定、無機多孔質層及び金属板の熱膨張係数の測定も行った。アルミナ及びチタニア成分は、ICP発光分析装置（（株）日立ハイテクサイエンス製、PS3520UV-DD）を用いてアルミニウム及びチタン量を測定し、酸化物換算（ Al_2O_3 、 TiO_2 ）した結果を示している。

[0050] 気孔率は、水銀ポロシメーターを用いてJIS R1655（ファインセラミックの水銀圧入法による成形体気孔径分布試験方法）に準拠して測定した全細孔容積（単位： cm^3/g ）と、ガス置換式密度測定計（マイクロメリティックス社製、アキュピック1330）により測定した見掛け密度（単位： g/cm^3 ）を用いて、下記式（2）より算出した。

$$\text{式2：気孔率} [\%] = \text{全細孔容積} / \{ (1 / \text{見掛け密度}) + \text{全細孔容積} \} \times 100$$

[0051] 熱膨張係数は、上記した原料スラリーを3mm×4mm×20mmのバルク体に成形した後、バルク体を800℃で焼成して測定用試料を作製した。その後、測定用試料を、熱膨張計を用いてJIS R1618（ファインセラミックの熱機械分析による熱膨張の測定方法）に準拠して測定した。なお、熱膨張係数の測定は、無機多孔質層と金属板を別個に測定した。

[0052] また、試料 1 1 ～ 1 4 , 2 3 の無機多孔質層、及び、試料 1 1 ～ 2 3 の金属板について、熱伝導率の測定を行った。熱伝導率も、無機多孔質層と金属板を別個に測定した。熱伝導率は、熱拡散率、比熱容量及び嵩密度を乗算し、算出した。熱拡散率は、レーザーフラッシュ法熱定数測定装置を用い、比熱容量は D S C (示差走査熱量計)を用いて、J I S R 1 6 1 1 (ファインセラミックのレーザーフラッシュ法による熱拡散率・比熱容量・熱伝導率試験方法)に準拠して室温で測定した。金属板の嵩密度は、 $\phi 10\text{ mm} \times$ 厚み 1 mm のバルク体の重量を測定し、その重量を体積で割った値を嵩密度 (単位: g / cm^3) とした。また、無機多孔質層の嵩密度 (単位: g / cm^3) は下記式 (5) から算出した。なお、熱拡散率は上記した原料スラリーを $\phi 10\text{ mm} \times$ 厚み 1 mm のバルク体に成形し、また、比熱容量は上記した原料スラリーを $\phi 5\text{ mm} \times$ 厚み 1 mm のバルク体に成形した後、それぞれのバルク体を 800°C で焼成して熱拡散率および比熱容量測定用試料を作製し、測定した。測定結果を図 9 に示す。

式 5 : 無機多孔質層の嵩密度 = 見掛け密度 $\times (1 - \text{気孔率} [\%] / 100)$

[0053] 図 9 に示すように、試料 1 1 ～ 2 0 , 2 3 は、焼成後の無機多孔質層にクラック及び剥離が確認されなかった。一方、試料 2 1 は、剥離は確認されなかったもののクラックの発生が確認された。また、試料 2 2 は、クラックと剥離の両方が確認された。この結果は、無機多孔質層内のアルミナ成分 (セラミック繊維及び板状セラミック粒子) が少ない (15 質量%未満)、又は、チタニア成分が少ない (45 質量%未満) 場合、焼成の際に金属-無機多孔質層間に力が作用し、無機多孔質層の特性が低下することを示している。具体的には、試料 2 1 は、アルミナ成分の割合が 15 質量%未満であるため、セラミック (粒子、繊維) 間の結合力が低下し、無機多孔質層にクラックが発生したと推察される。また、試料 2 2 は、チタニア成分の割合が 45 質量%未満であるため、セラミック間の結合力が低下し、無機多孔質層にクラックが発生したと推察される。さらに試料 2 2 は、熱膨張係数が高いチタニア成分 (チタニア粒子) の含有率が低く、金属に対する熱膨張係数比 ($\alpha 1$

／ α 2) が小さいので (0.5 未満)、金属と無機多孔質層間の熱膨張差に基づいて無機多孔質層が金属から剥離したと推察される。以上より、セラミック繊維の種類 (アルミナ繊維, ムライト繊維) 及び板状セラミック粒子の種類 (板状アルミナ粒子, 板状マイカ) に係わらず、15 質量%以上のアルミナ成分と45 質量%以上のチタニア成分を含む無機多孔質層は、焼成後にクラック及び剥離等の劣化が生じにくくなることが確認された。

[0054] 以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、請求の範囲を限定するものではない。請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成するものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

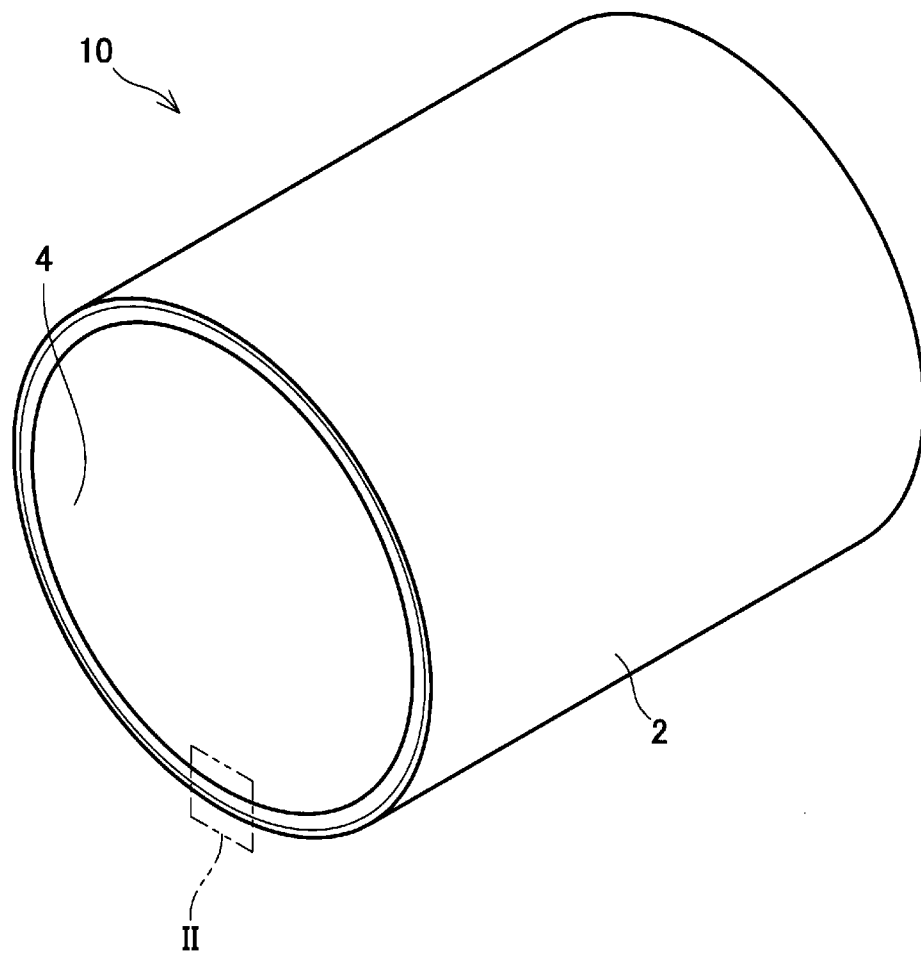
符号の説明

[0055] 2 : 金属管
4 : 無機多孔質層
10 : 排気管

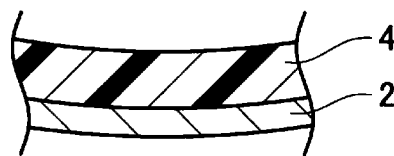
請求の範囲

- [請求項1] 金属管と、金属管の内面の排気ガスが通過する部位に設けられている無機多孔質層と、を備えている排気管であって、
無機多孔質層の厚みが、排気管の長手方向端部から長手方向中央部に向かうに従って厚くなっている排気管。
- [請求項2] 無機多孔質層の裏面と側面が成す角度が、10度以上60度以下である請求項1に記載の排気管。
- [請求項3] 無機多孔質層が、セラミック繊維を含むとともに、15質量%以上のアルミナ成分と45質量%以上のチタニア成分によって構成されている請求項1または2に記載の排気管。
- [請求項4] 金属管の熱伝導率が、無機多孔質層の熱伝導率の100倍以上である請求項1から3のいずれか一項に記載の排気管。
- [請求項5] 無機多孔質層の熱伝導率が、0.05 W/m K以上3 W/m K以下である請求項4に記載の排気管。
- [請求項6] 金属管の熱伝導率が、10 W/m K以上400 W/m K以下である請求項4または5に記載の排気管。
- [請求項7] 無機多孔質層の熱膨張係数を $\alpha 1$ とし、金属管の熱膨張係数を $\alpha 2$ としたときに、下記式(4)を満足する請求項1から6のいずれか一項に記載の排気管。
$$0.5 < \alpha 1 / \alpha 2 < 1.2 \quad (4)$$
- [請求項8] 無機多孔質層に、板状セラミック粒子が含まれている請求項1から7のいずれか一項に記載の排気管。
- [請求項9] 無機多孔質層に、0.1 μ m以上10 μ m以下の粒状粒子が含まれている請求項1から8のいずれか一項に記載の排気管。
- [請求項10] 無機多孔質層の厚みが1 mm以上である請求項1から9のいずれか一項に記載の排気管。

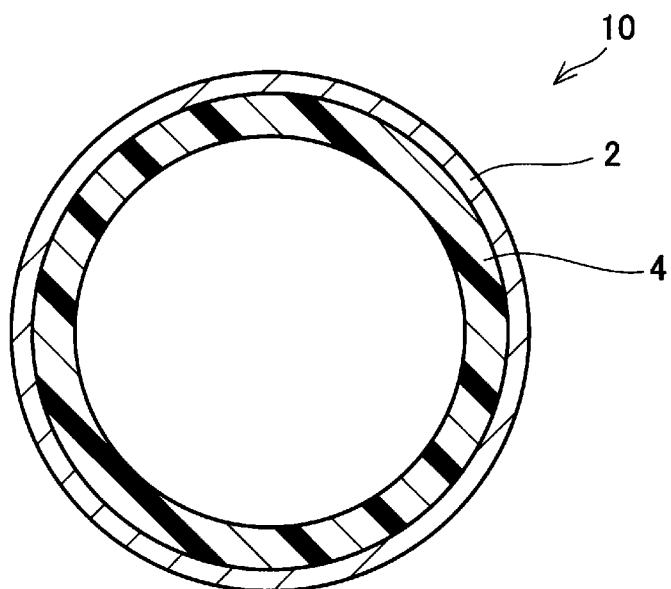
[図1]



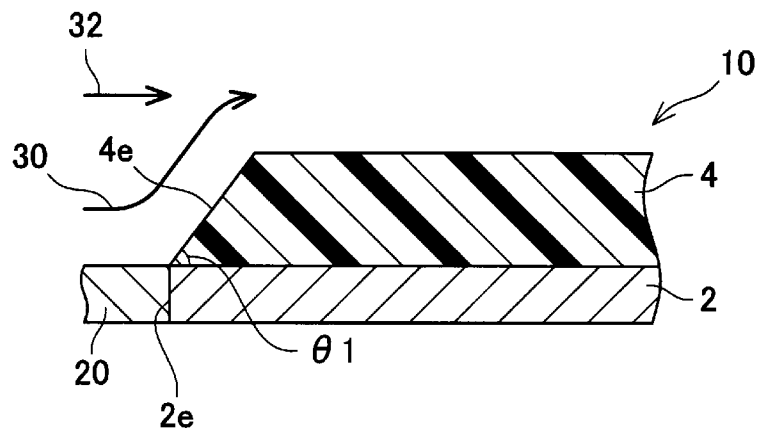
[図2]



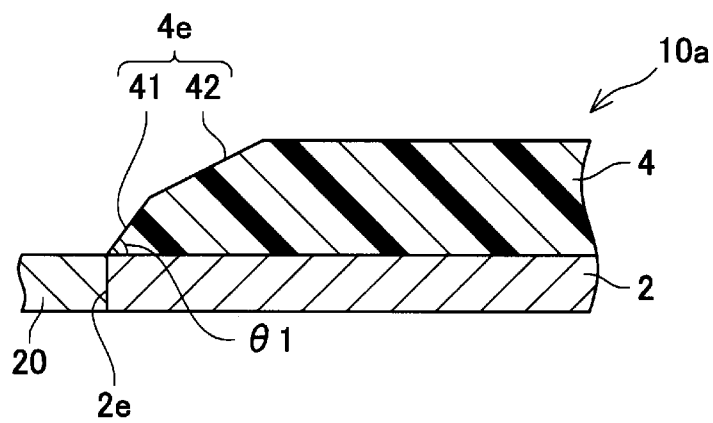
[図3]



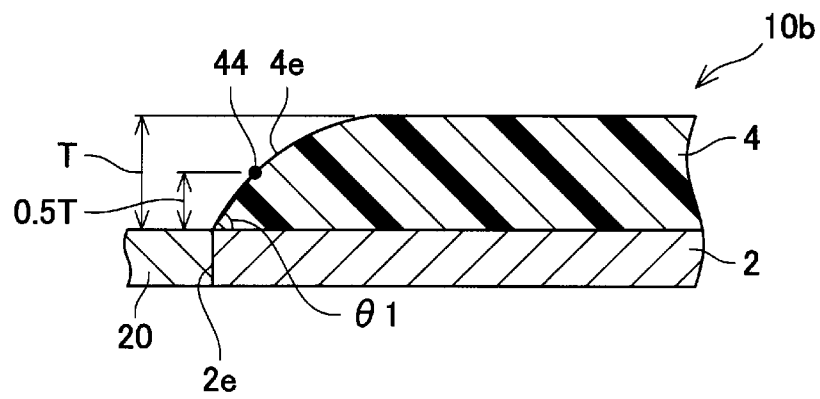
[図4]



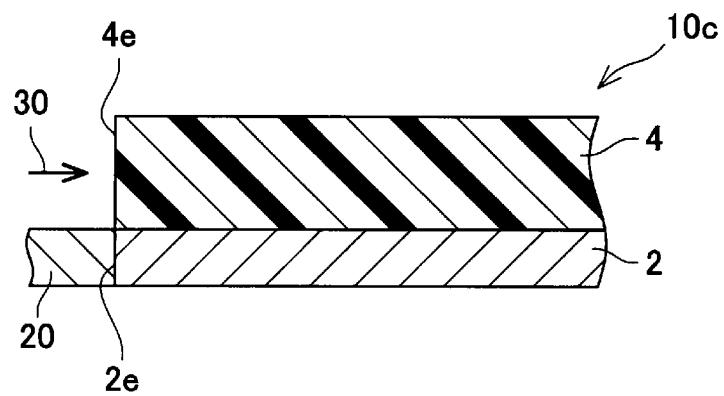
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

	テーパー角度 (°)	高温ガス流入試験	
		外観	温度差 (°C)
試料1	5	○	18
試料2	10	○	10
試料3	40	○	9
試料4	60	○	8
試料5	80	△	7
試料6	90	×	6

[図9]

	配合量								成分測定値		気孔率	熱伝導率		熱膨張係数			外観
	Al ₂ O ₃ 繊維		ムライト繊維	板状Al ₂ O ₃	板状マイカ	TiO ₂ 粒子	ZrO ₂ 粒子	多孔質層				金属板	多孔質層α1	金属板α2	α1/α2		
	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%			
	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%	質量%			
試料1 1	20	0	0	35	0	45	0	55	45	66	0.2	26	5.7	10.4	0.55	○	
試料1 2	20	0	0	33	0	47	0	52	48	63	0.2	26	6.2	10.4	0.60	○	
試料1 3	20	0	0	30	0	50	0	49	51	61	0.2	26	7.1	10.4	0.68	○	
試料1 4	30	0	0	20	0	50	0	51	48	62	0.2	26	7.0	10.4	0.67	○	
試料1 5	50	0	0	0	0	50	0	50	49	61		26	6.9	10.4	0.66	○	
試料1 6	10	0	0	20	0	70	0	28	72	61		26	8.0	10.4	0.77	○	
試料1 7	10	0	0	10	0	80	0	19	80	59		26	8.4	10.4	0.81	○	
試料1 8	5	0	0	10	0	45	40	16	46	56		26	10.5	10.4	1.01	○	
試料1 9	5	0	0	10	0	45	40	16	46	56		400	10.5	16.7	0.63	○	
試料2 0	5	0	0	10	0	85	0	16	84	57		400	8.5	16.7	0.51	○	
試料2 1	5	0	0	5	0	45	45	11	46	53		26	10.7	10.4	1.03	△	
試料2 2	20	0	0	40	0	40	0	59	41	65		26	4.9	10.4	0.47	×	
試料2 3	0	35	0	0	10	55	0	25	55	60	0.2	26	7.4	10.4	0.71	○	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026363

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01N 13/14(2010.01)i; **F01N 13/16**(2010.01)i; **C04B 38/00**(2006.01)i; **C04B 35/46**(2006.01)i; **C04B 35/80**(2006.01)i; **C23C 24/08**(2006.01)i; **F16L 9/14**(2006.01)i

FI: F01N13/14; F01N13/16; C23C24/08 C; F16L9/14; C04B38/00 303Z; C04B35/80 300; C04B35/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01N13/14; F01N13/16; C04B38/00; C04B35/46; C04B35/80; C23C24/08; F16L9/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/0151799 A1 (ZUBERI, Bilal) 05 July 2007 (2007-07-05) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2009-57862 A (HINO MOTORS, LTD.) 19 March 2009 (2009-03-19) entire text, all drawings	1-10
A	JP 60-175720 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 09 September 1985 (1985-09-09) entire text, all drawings	1-10
A	WO 2013/081150 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 06 June 2013 (2013-06-06) entire text, all drawings	1-10
A	JP 6-239656 A (IBIDEN CO., LTD.) 30 August 1994 (1994-08-30) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2-225383 A (HITACHI METALS, LTD.) 07 September 1990 (1990-09-07) entire text, all drawings	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 September 2021

Date of mailing of the international search report

05 October 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026363**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2010-0061432 A (KIM, Chang-Sun) 07 June 2010 (2010-06-07) entire text, all drawings	1-10
P, A	WO 2020/145366 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 16 July 2020 (2020-07-16) entire text, all drawings	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/026363

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2007/0151799	A1	05 July 2007	(Family: none)	
JP	2009-57862	A	19 March 2009	(Family: none)	
JP	60-175720	A	09 September 1985	(Family: none)	
WO	2013/081150	A1	06 June 2013	US 2014/0290617	A1
				entire text, all drawings	
				WO 2013/080389	A1
				EP 2787207	A1
JP	6-239656	A	30 August 1994	(Family: none)	
JP	2-225383	A	07 September 1990	US 5167988	A
				entire text, all drawings	
				DE 3938657	A1
KR	10-2010-0061432	A	07 June 2010	(Family: none)	
WO	2020/145366	A1	16 July 2020	WO 2020/145365	A1
				entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F01N 13/14(2010.01)i; F01N 13/16(2010.01)i; C04B 38/00(2006.01)i; C04B 35/46(2006.01)i; C04B 35/80(2006.01)i; C23C 24/08(2006.01)i; F16L 9/14(2006.01)i FI: F01N13/14; F01N13/16; C23C24/08 C; F16L9/14; C04B38/00 303Z; C04B35/80 300; C04B35/46		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F01N13/14; F01N13/16; C04B38/00; C04B35/46; C04B35/80; C23C24/08; F16L9/14 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2007/0151799 A1 (ZUBERI, Bilal) 05.07.2007 (2007-07-05) 全文, 全図	1-10
A	JP 2009-57862 A (日野自動車株式会社) 19.03.2009 (2009-03-19) 全文, 全図	1-10
A	JP 60-175720 A (本田技研工業株式会社) 09.09.1985 (1985-09-09) 全文, 全図	1-10
A	WO 2013/081150 A1 (日本碍子株式会社) 06.06.2013 (2013-06-06) 全文, 全図	1-10
A	JP 6-239656 A (イビデン株式会社) 30.08.1994 (1994-08-30) 全文, 全図	1-10
A	JP 2-225383 A (日立金属株式会社) 07.09.1990 (1990-09-07) 全文, 全図	1-10
A	KR 10-2010-0061432 A (KIM, Chang Sun) 07.06.2010 (2010-06-07) 全文, 全図	1-10
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 27.09.2021		国際調査報告の発送日 05.10.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 沼生 泰伸 3G 3825 電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
P, A	W0 2020/145366 A1 (日本碍子株式会社) 16.07.2020 (2020 - 07 - 16) 全文, 全図	1-10

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/026363

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
US	2007/0151799	A1	05.07.2007	(ファミリーなし)	
JP	2009-57862	A	19.03.2009	(ファミリーなし)	
JP	60-175720	A	09.09.1985	(ファミリーなし)	
WO	2013/081150	A1	06.06.2013	US 2014/0290617	A1
				全文, 全図	
				WO 2013/080389	A1
				EP 2787207	A1
JP	6-239656	A	30.08.1994	(ファミリーなし)	
JP	2-225383	A	07.09.1990	US 5167988	A
				全文, 全図	
				DE 3938657	A1
KR	10-2010-0061432	A	07.06.2010	(ファミリーなし)	
WO	2020/145366	A1	16.07.2020	WO 2020/145365	A1
				全文, 全図	