

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7163330号
(P7163330)

(45)発行日 令和4年10月31日(2022.10.31)

(24)登録日 令和4年10月21日(2022.10.21)

(51)国際特許分類	F I
F 1 6 L 59/02 (2006.01)	F 1 6 L 59/02
E 0 4 B 1/94 (2006.01)	E 0 4 B 1/94 V
E 0 4 B 1/80 (2006.01)	E 0 4 B 1/80 1 0 0 P
B 3 2 B 5/02 (2006.01)	B 3 2 B 5/02 B
B 3 2 B 5/26 (2006.01)	B 3 2 B 5/26
請求項の数 10 (全12頁) 最終頁に続く	

(21)出願番号	特願2020-12302(P2020-12302)	(73)特許権者	000110804 ニチアス株式会社 東京都中央区八丁堀一丁目6番1号
(22)出願日	令和2年1月29日(2020.1.29)	(74)代理人	110002354弁理士法人平和国際特許事務所
(62)分割の表示	特願2017-221164(P2017-221164)の分割	(72)発明者	津村 大輔 東京都中央区八丁堀一丁目6番1号 二チアス株式会社内
原出願日	平成29年11月16日(2017.11.16)	(72)発明者	小野 弘貴 東京都中央区八丁堀一丁目6番1号 二チアス株式会社内
(65)公開番号	特開2020-76504(P2020-76504A)	(72)発明者	村田 興亮 奈良県生駒郡斑鳩町龍田西2-2-15 竜田工業株式会社内
(43)公開日	令和2年5月21日(2020.5.21)	審査官	渡邊 聡
審査請求日	令和2年11月9日(2020.11.9)		
前置審査			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 積層断熱材及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

無機繊維を含む第1断熱材と、
無機繊維を含み、前記第1断熱材より、600における熱伝導率が低く、圧縮率25%における圧縮応力が高い第2断熱材との積層物を含む積層断熱材であって、
前記第1断熱材の600における熱伝導率が0.13W/(m・K)以上であり、前記第2断熱材の600における熱伝導率が0.13W/(m・K)以下であり、
前記第1断熱材の積層方向の厚さをA、前記第2断熱材の積層方向の厚さをBとしたとき、前記AとBの比が以下の式(1)を満たし、かつ、Aが10mmを超え、Bが10mm以下であり、災害に対する耐火構造として用いられることを特徴とする積層断熱材。

$$1 < A / B < 5 \quad (1)$$

【請求項2】

前記積層断熱材の密度が80kg/m³以上200kg/m³未満である請求項1に記載の積層断熱材。

【請求項3】

前記第2断熱材が無機繊維を20~70重量%含む請求項1又は2に記載の積層断熱材。

【請求項4】

前記第1断熱材の圧縮率25%における圧縮応力は50kPa以下であり、前記第2断熱材の圧縮率25%における圧縮応力は100kPa以上である請求項1乃至3の何れか一項に記載の積層断熱材。

【請求項 5】

前記積層断熱材の積層方向の厚さが 30 mm 未満である請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の積層断熱材。

【請求項 6】

前記第 1 断熱材の引張強さが横寸法 50 mm、厚さ 25 mm 及び測定荷重 35.0 N から算出される 0.028 N/mm^2 以上であり、前記第 2 断熱材の引張強さが横寸法 25 mm、厚さ 10 mm 及び測定荷重 500 N から算出される 2 N/mm^2 以下であり、前記積層断熱材の引張強さは、横寸法 25 mm、厚さ 17.5 mm 及び測定荷重 800 N から算出される 1.8 N/mm^2 から横寸法 25 mm、厚さ 17.5 mm 及び測定荷重 2000 N から算出される 4.6 N/mm^2 である請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の積層断熱材。

10

【請求項 7】

前記積層断熱材を外径 33.3 mm の管に巻きつけ、前記積層断熱材の内面の少なくとも一部が前記管の外表面と接しているとき、前記積層断熱材の内面と前記管の外表面との最大離隔距離が 10 mm 未満である請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の積層断熱材。

【請求項 8】

前記積層物を包装する包装材を備え、前記包装材は、前記第 1 断熱材と前記第 2 断熱材より、引張強さが高い請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の積層断熱材。

【請求項 9】

前記包装材が、片面が樹脂コートされたシリカクロスである請求項 8 に記載の積層断熱材。

20

【請求項 10】

無機繊維を含み、10 mm を超える厚さ A を有する第 1 断熱材と、
無機繊維を含み、前記第 1 断熱材より、600 における熱伝導率が低く、圧縮率 25 % における圧縮応力が高い第 2 断熱材であって、10 mm 以下である厚さ B を有し、前記 A と B の比が以下の式 (1) を満たす第 2 断熱材とを、
積層することを、含み、
前記第 1 断熱材の 600 における熱伝導率が $0.13 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以上であり、前記第 2 断熱材の 600 における熱伝導率が $0.13 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 以下である、災害に対する耐火構造として用いられる積層断熱材の製造方法。

30

$$1 < A / B < 5 \quad (1)$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、積層断熱材及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

原子力発電所、火力発電所等の施設内の部材は、火事等の災害に対し、断熱性又は耐火性を持たせなければならない。例えば、我が国の原子力発電所の施設内の所定の部材は、所定の高温（例えば 945 ）に到達する加熱に 1 時間曝されることに耐えることが求められている。

40

【0003】

このような規制に应付するために、特に、狭い場所にも施工可能、軽量、効率的に断熱する断熱構造が求められていた。特許文献 1 には、この様な要請に応じて、複数の断熱材を組み合わせる高い断熱性を発揮する耐火構造が示されている。しかしながら、ここに記載の耐火構造でも嵩張りまた固く（施工性が悪い）、狭い場所にある部材を覆って保護できない場合があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

50

【文献】特開 2016 - 065360 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、我が国の原子力発電所にも使用可能な、施工性が良く断熱性が高い積層断熱材及びその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

耐火構造が、狭い場所にある部材、細い部材、及び/又は湾曲したり分岐する部材を保護するためには、薄く曲がりやすいことが求められる。しかし耐火構造を薄くすると断熱性が劣り、施工性と断熱性を両立させることは困難であった。本発明者らは、鋭意研究の結果、所定の断熱材を組み合わせ、かつ各断熱材の厚さを調整することにより、上記の目的を達成できることを見出し本発明を完成させた。

【0007】

本発明によれば、以下の積層断熱材及びその製造方法が提供される。

1. 無機繊維を含む第1断熱材と、

無機繊維を含み、前記第1断熱材より、600における熱伝導率が低く、圧縮率25%における圧縮応力が高い第2断熱材との積層物を含む積層断熱材であって、

前記第1断熱材の積層方向の厚さをA、前記第2断熱材の積層方向の厚さをBとしたとき、前記AとBの比が以下の式(1)を満たし、かつ、Bが10mm以下であることを特徴とする積層断熱材。

$$1 < A / B < 5 \quad (1)$$

2. 前記第1断熱材の圧縮率25%における圧縮応力は50kPa以下であり、前記第2断熱材の圧縮率25%における圧縮応力は100kPa以上である1に記載の積層断熱材。

3. 前記第1断熱材の積層方向の厚さAが10mmを超え、

前記積層断熱材の積層方向の厚さが30mm未満である1又は2に記載の積層断熱材。

4. 前記第1断熱材の引張強さが35.0N/50mm/25mm以上であり、前記第2断熱材の引張強さが500N/25mm/10mm以下であり、前記積層断熱材の引張強さは、800N/25mm/17.5mmから2000N/25mm/17.5mmである1乃至3の何れか一項に記載の積層断熱材。

5. 前記積層断熱材を外径33.3mmの管に巻きつけ、前記積層断熱材の内面の少なくとも一部が前記管の外面と接しているとき、前記積層断熱材の内面と前記管の外面との最大離隔距離が10mm未満である1乃至4の何れか一項に記載の積層断熱材。

6. 前記積層物を包装する包装材を備え、前記包装材は、前記第1断熱材と前記第2断熱材より、引張強さが高い1乃至5の何れか一項に記載の積層断熱材。

7. 前記包装材が、片面が樹脂コートされたシリカクロスである6に記載の積層断熱材。

8. 無機繊維を含み、厚さAを有する第1断熱材と、

無機繊維を含み、前記第1断熱材より、600における熱伝導率が低く、圧縮率25%における圧縮応力が高い第2断熱材であって、10mm以下である厚さBを有し、前記AとBの比が以下の式(1)を満たす第2断熱材とを、

積層することを、含む積層断熱材の製造方法。

$$1 < A / B < 5 \quad (1)$$

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、施工性が良く断熱性が高い積層断熱材及びその製造方法が提供できる。

尚、本発明の積層断熱材は、我が国の原子力発電所だけでなく、海外の原子力発電所にも使用でき、また、原子力発電所に限定されず、耐火が求められる全ての場所(施設)に使用できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

10

20

30

40

50

【図 1】本発明の一実施形態である積層断熱材を管に巻き付けた状態を示す概略断面図である。

【図 2】実施例 1 の第 1 及び第 2 断熱材を積層させた片面加熱試験概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の積層断熱材は、無機繊維を含む第 1 断熱材と、無機繊維を含み、第 1 断熱材より 600 における熱伝導率が低く圧縮率 25% における圧縮応力が高い第 2 断熱材とを積層した積層物を含む。さらに、第 1 断熱材の積層方向の厚さを A、第 2 断熱材の積層方向の厚さを B としたとき、A と B の比が以下の式 (1) を満たし、かつ、B が 10 mm 以下である。この構成により、断熱性に優れながら施工性に優れた断熱材が得られる。

$$1 < A / B < 5 \quad (1)$$

【0011】

好ましくは、A と B の比が以下の式 (2) を満たす。

$$1.5 < A / B < 3.5 \quad (2)$$

より好ましくは、A と B の比が以下の式 (3) を満たす。

$$2.0 < A / B < 2.5 \quad (3)$$

【0012】

具体的には、第 1 断熱材の積層方向の厚さ A は、好ましくは 8 mm 以上であり、より好ましくは 10 mm より厚く、さらに好ましくは 12 mm 以上である。上限は例えば 20 mm とできる。第 2 断熱材の積層方向の厚さ B は、10 mm 以下であり、より好ましくは 8 mm 以下、さらに好ましくは 7 mm 以下である。下限は例えば 2 mm 又は 3 mm とできる。第 1 断熱材及び / 又は第 2 断熱材が薄くなると、施工性が良くなる。一方、第 1 断熱材及び / 又は第 2 断熱材が厚くなると、断熱性が高くなる。

【0013】

積層物又は積層断熱材の積層方向の厚さは、好ましくは 30 mm 未満であり、より好ましくは 25 mm 以下であり、さらに好ましくは 20 mm 以下である。下限は例えば 12 mm とできる。積層物又は積層断熱材の厚さが薄い程、施工性が良くなる傾向がある。

【0014】

積層断熱材の密度 (重量) は、軽い方が好ましく、密度は、好ましくは $80 \text{ kg} / \text{m}^3$ 以上 $200 \text{ kg} / \text{m}^3$ 未満である。 $120 \sim 180 \text{ kg} / \text{m}^3$ とできる。

【0015】

本発明の積層断熱材は、保護すべき対象物を囲んで使用する。積層断熱材は対象物の周囲全てを囲むことが好ましいが、少なくとも一部囲めばよい。好ましくは第 1 断熱材と第 2 断熱材は可撓性を有し、積層断熱材も可撓性を有する。積層断熱材を使用するとき、第 1 断熱材が外側となるように対象物を囲むことが好ましい。さらに、本発明の積層断熱材は、未加熱であれば、一度取り外しても、再度取り付けることができ、再利用が可能である。

【0016】

本発明の積層断熱材は施工性が良いため、狭い場所や細い部材を保護できる。具体的には、積層断熱材を、外径 33.3 mm の管に、積層断熱材の内面の少なくとも一部が管の外面と接している状態で、巻きつけたとき、積層断熱材の内面と、管の外面との最大離隔距離を小さくできる。好ましくは 10 mm 未満、より好ましくは 9 mm 以下とできる。図 1 に積層断熱材 10 (第 1 断熱材と第 2 断熱材は図示せず) を、管 20 の周りに、積層断熱材の内面 11 の少なくとも一部が管の外面 21 と接するように、巻き付けた状態を示す。狭い場所では、積層断熱材 10 は管 20 の周りを隙間なく覆うことが、嵩張らずまた断熱性能を発揮する点から好ましいが多くの場合困難であり、積層断熱材 10 と管 20 の間には隙間が空く。管 20 の外面 21 の接線の接点から、積層断熱材 10 の内面 11 まで接線の垂直方向に延びた直線が最も長いとき、その直線の長さが最大離隔距離であり、図では D で示される。尚、このとき積層断熱材の外部からベルトで締め付けたりしない。

【0017】

10

20

30

40

50

また、積層物において、第1断熱材と第2断熱材は、結合又は接着してもよい。積層物を、結合又は接着した状態で、又は結合又は接着することなく部材を重ねた状態で、包装材で包んでよい。包装材は、機械的強度を確保するため、第1断熱材と第2断熱材より、圧縮応力と引張強さが高いものが好ましい。具体的には、包装材として、シリカクロス、ガラスクロス、又はアルミナクロス等を用いることができる。包装材の片面を樹脂（フッ素樹脂、アクリル樹脂等）でコートしたりアルミ蒸着すると防塵性が高まり好ましい。また、付属品としてベルトを用いて、対象物を囲んだ積層断熱材を外部から締め付けてもよい。

【0018】

積層断熱材の引張強さは、高い程好ましく、例えば、 $800\text{ N} / 25\text{ mm} / 17.5\text{ mm}$ 10
 $m \sim 2000\text{ N} / 25\text{ mm} / 17.5\text{ mm}$ 、又は $1000\text{ N} / 25\text{ mm} / 17.5\text{ mm} \sim 1800\text{ N} / 25\text{ mm} / 17.5\text{ mm}$ とできる。包装材の引張強さは、目付け $590 \sim 750\text{ g} / \text{m}^2$ において、例えば $300\text{ N} / 25\text{ mm} \sim 2000\text{ N} / 25\text{ mm}$ 、より好ましくは又は $400\text{ N} / 25\text{ mm} \sim 1500\text{ N} / 25\text{ mm}$ とできる。

【0019】

第1断熱材と第2断熱材は、それぞれ一層でもよいし、複数の層からなる積層体でもよい。積層体の場合、複数の層は同じでも異なってもよい。

【0020】

第1断熱材は無機繊維を含み、第2断熱材より熱伝導率が高く、圧縮応力が低い。

第1断熱材の600における熱伝導率は、例えば $0.01\text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 以上、 $0.05\text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 以上、又は $0.13\text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 以上である。下限は例えば $1.0\text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 以下又は $0.5\text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 以下である。熱伝導率が低いと断熱性が良くなる。また、第1断熱材の耐熱温度（8時間加熱して収縮率4%以下の温度）は、好ましくは1000以上であり、より好ましくは1300以上であり、さらに好ましくは1500以上である。上限は例えば1700とできる。 20

圧縮率25%における圧縮応力は、好ましくは 50 kPa 以下であり、より好ましくは 40 kPa 以下であり、さらに好ましくは 25 kPa 以下である。下限は例えば 5 kPa とできる。圧縮応力が低いと施工性が良くなる。

【0021】

また、第1断熱材は、構造的強度を確保するために、引張強さが高いことが好ましい。 30
 例えば $35.0\text{ N} / 50\text{ mm} / 25\text{ mm}$ 以上であり、好ましくは $37.5\text{ N} / 50\text{ mm} / 25\text{ mm}$ 以上であり、より好ましくは $50\text{ N} / 50\text{ mm} / 25\text{ mm}$ 以上である。上限は例えば $125\text{ N} / 50\text{ mm} / 25\text{ mm}$ とできる。

【0022】

第1断熱材は無機繊維を含み、無機繊維を90重量%以上、95重量%以上、又は97重量%以上含むことができる。

【0023】

第1断熱材が含む無機繊維として、セラミック繊維を用いることができる。例えば、シリカとアルミナからなる繊維（シリカ：アルミナ＝40：60～0：100）、具体的には、シリカ・アルミナ繊維、ムライト繊維、アルミナ繊維を用いることができる。 40

【0024】

また、作業者の健康上の安全性を考慮して、生体溶解性繊維を用いることができる。

生体溶解性繊維は、一般に、主成分として、シリカ及び/又はアルミナに、アルカリ金属酸化物（ Na_2O 、 K_2O 等）、アルカリ土類金属酸化物（ CaO 等）、マグネシア、ジルコニア、チタニアから選択される1以上を含む。他の酸化物も含むことができる。

【0025】

例えば、以下の組成が例示できる。

SiO_2 と ZrO_2 と Al_2O_3 と TiO_2 との合計 50重量%～82重量%

アルカリ金属酸化物とアルカリ土類金属酸化物との合計 18重量%～50重量%

【0026】

また、以下の組成が例示できる。

SiO_2 50重量%～82重量%

CaO と MgO との合計 10重量%～43重量%

【0027】

より具体的には、以下の組成1又は組成2が例示できる。

[組成1]

SiO_2 70～82重量%

CaO 1～9重量%

MgO 10～29重量%

Al_2O_3 3重量%未満

10

[組成2]

SiO_2 70～82重量%

CaO 10～29重量%

MgO 1重量%以下

Al_2O_3 3重量%未満

加熱後においても溶解性が高い観点から、組成2が好ましい。

【0028】

また、特に耐熱性の高い繊維として、以下の組成が例示できる。

SiO_2 、 MgO 及び CaO の3成分を主成分とし、以下の組成を有する無機繊維。

SiO_2 : 73.6重量%～85.9重量%

20

MgO : 9.0重量%～15.0重量%

CaO : 5.1重量%～12.4重量%

Al_2O_3 : 0重量%以上2.3重量%未満

Fe_2O_3 : 0重量%～0.50重量%

SrO : 0.1重量%未満

主成分とは、無機繊維が含む全ての成分のうち最も含有量(重量%)の高い3成分(1番含有量が高い成分、2番目に含有量が高い成分、及び3番目に含有量が高い成分の3成分)が SiO_2 、 MgO 及び CaO であることを意味する。

【0029】

第1断熱材は、取り扱いの観点から、ブランケットが好ましい。第1断熱材を製造する際には、適宜無機バインダー、有機バインダー等の通常の添加剤を用いることができる。

30

【0030】

第2断熱材は無機繊維を含み、第1断熱材より熱伝導率が低く、圧縮応力が高い。

第2断熱材の600における熱伝導率は、例えば $0.5\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下、 $0.3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下、又は $0.13\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下である。下限は例えば $0.1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ とできる。

圧縮率25%における圧縮応力は、例えば 80kPa 以上、又は 100kPa 以上であり、上限は例えば 400kPa とできる。

【0031】

また、第2断熱材は、引張強さを、例えば $600\text{N}/25\text{mm}/10\text{mm}$ 以下、 $500\text{N}/25\text{mm}/10\text{mm}$ 以下、又は $400\text{N}/25\text{mm}/10\text{mm}$ 以下とできる。下限は例えば $200\text{N}/25\text{mm}/10\text{mm}$ とできる。

40

【0032】

第2断熱材は無機繊維を含み、無機繊維を20～80重量%、20～70重量%、又は30～60重量%含むことができる。

第2断熱材は、第1断熱材で説明した無機繊維を含むことができる。

【0033】

第2断熱材は、無機繊維と他の成分との複合材料を用いることができる。

好ましくは、特表2004-517222号公報に記載されるようなエアロゲルと無機繊維の複合材を用いることができる。

50

この複合材は、エアロゲルマトリックスが、無機繊維の不織バットにより補強されたものである。無機繊維として、ガラス繊維、セラミックス繊維等を用いることができる。第1断熱材に用いる生体溶解性繊維も用いてもよい。

【0034】

エアロゲルは、連続気泡を有するゲル構造物の孔から、格子間の可動溶媒相を、この溶媒の臨界点より高い温度及び圧力下で除去することで得ることができる。溶媒抽出過程では、溶媒相の圧力及び温度を臨界圧力及び温度より高く保持することが好ましい。エアロゲルは典型的に低いかさ密度（約0.15 g/cc以下、好適には約0.03から0.3 g/cc）、高い表面積（一般に約400から1,000 m²/g以上、好適には約700から1000 m²/g）、高い間隙率（約95%以上、好適には約97%以上）、及び大きな細孔容積（約3.8 mL/g以上、好適には約3.9 mL/g以上）を有する。このような特性の組み合わせによって、低い熱伝導率が得られる。耐熱温度は700以上である。

10

【0035】

上記の複合材は、型の中にある補強用繊維バットにゲル前駆体を加え、超臨界乾燥することにより得ることができる。

【0036】

エアロゲルマトリックスを構成する無機エアロゲルの材料は、例えばケイ素、アルミニウム、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、イットリウム、バナジウム等の金属酸化物である。特に好適なゲルは、加水分解を受けたケイ酸エステルアルコール溶液から生じたゲルである（アルコゲル）。

20

【0037】

また、複合材は、エアロゲルマトリックスに分散させて微細繊維を含んでもよい。繊維バットに用いる繊維と微細繊維は、例えば、ガラス繊維、石英等の無機繊維である。繊維バットと微細繊維は、同じ繊維を用いてもよいし異なる繊維を用いてもよい。

【0038】

さらに、複合材は、二酸化チタン等の輻射散乱材、水酸化アルミニウム等の吸熱材を含むことが好ましい。好適な複合材は、非晶質シリカ（エアロゲル、表面に有機シランを少量含有）に、ガラス繊維、二酸化チタン、水酸化アルミニウムを含むものである。

【0039】

第1断熱材、第2断熱材等の上記の特性はそれぞれ実施例記載の方法で測定できる。

30

【0040】

本発明の積層断熱材は、上記の第一断熱材と第2断熱材を積層して製造することができる。必要に応じて、第1断熱材と第2断熱材の積層物を包装材料で包装する。

【実施例】

【0041】

実施例及び比較例で用いた部材の特性の測定方法は以下の通りである。

・熱伝導率

第1断熱材の熱伝導率は、特開2016-065360号公報に記載の周期加熱法により測定した。

40

第2断熱材の熱伝導率は、ASTM C177に準拠し、1.41 N/cm²積荷で測定した。

【0042】

・圧縮応力

縦75 mm × 横75 mmのサンプルを準備した。

圧縮応力を、以下の式に従い、サンプル圧縮時の荷重値を、サンプルの面積（縦寸法と横寸法）で除算して求めた。圧縮時の荷重は、材料試験機（オートグラフ、島津製作所）を用いて所定の圧縮率（厚さ）まで圧縮（2 mm/min）した際の荷重値とした。

圧縮応力（kPa）= 測定荷重（N）÷ サンプル面積（m²）÷ 1000

【0043】

50

・引張強さ

第1断熱材は、材料試験機（オートグラフ、島津製作所）を用いて引張速度20mm/minで試験した。第1断熱材の試験体サイズは150mm×50mm×25mmとした。引張強さは以下の式に従い、サンプル破断時の荷重値に、サンプルの横寸法と厚さを併記して記載した。

引張強さ = 測定荷重 (N) / 横寸法 (mm) / 厚さ (mm)

【0044】

第2断熱材及び積層断熱材は、材料試験機（オートグラフ、島津製作所）を用いて引張速度200mm/minで試験した。試験体サイズは、第2断熱材では150mm×25mm×10mm、積層断熱材では300mm×25mm×17.5mmとした。包装材の厚みは正確に算出できないことから、積層断熱材の厚みは積層物の厚みとした。引張強さは以下の式に従い、サンプル破断時の荷重値を、サンプル破断時の荷重値に、サンプルの横寸法と厚さを併記して記載した。

引張強さ = 測定荷重 (N) / 横寸法 (mm) / 厚さ (mm)

【0045】

包装材は、材料試験機（オートグラフ、島津製作所）を用いて引張速度200mm/minで試験した。試験体サイズは長さ100mm×幅25mmとした。

【0046】

実施例1、比較例1～3

以下の断熱材A、断熱材Bを用いて、図2に示す積層物100を作製し、加熱試験を実施した。

・断熱材A（第1断熱材）：生体溶解性繊維ブランケット（生体溶解性繊維組成：SiO₂含有量約77質量%、CaO含有量約9質量%、MgO含有量約13質量%、Al₂O₃含有量約1質量%）（密度130kg/m³、耐熱温度1300、600における熱伝導率0.17W/(m・K)、800における熱伝導率0.22W/(m・K)、圧縮率25%のときの圧縮応力16.4kPa、引張強さ37.5N/50mm/25mm)

・断熱材B（第2断熱材）：エアロゲル・無機繊維複合材（パイロジェルXT、アスペン（株））（耐熱温度700以上、600における熱伝導率0.089W/(m・K)、圧縮率25%のときの圧縮応力201.3kPa、引張強さ500N/50mm/25mm)

【0047】

具体的には、図2に示すように、上方が開放している箱型電気炉200を準備した。電気炉の中にヒーター210がある。電気炉の上方に、電気炉を閉じるように断熱材A110と断熱材B120を積層した積層物100を、断熱材A110がヒーター210に向くように設置した。実施例1、比較例1～3で用いた断熱材Aと断熱材Bの厚さを表1に示す。

熱電対を電気炉内のヒーターと積層断熱材の間（図2の220）、断熱材Aと断熱材Bの間（図2の230）、断熱材Bの外側の面（断熱材Aと接する面と反対側の面）（図2の240）に設置した。断熱材Bの外側の面に設置した熱電対が周囲の空気（対流）の影響を受けないように、生体溶解性繊維ブランケット（繊維の組成は断熱材Aの繊維と同じ）からなる対流対策材300を断熱材Bの外側にさらに被せた。

【0048】

ヒーター210により、ISO834標準加熱曲線で1時間加熱を行った。熱電対の設置位置220、230、240における、1時間後の測定温度（ ）を、表1に示す。

【0049】

10

20

30

40

50

【表 1】

(°C)

	積層断熱材構成	炉内 220	第 1 断熱材と第 2 断熱材の間 230	第 2 断熱材の外側 240
比較例 1	断熱材 A 5mm、断熱材 B 5mm	946.4	864.7	776.0
実施例 1	断熱材 A 12.5mm、断熱材 B 5mm	948.1	840.8	743.8
比較例 2	断熱材 A 25mm、断熱材 B 5mm	947.4	729.5	636.9
比較例 3	断熱材 A 75mm、断熱材 B 20mm	946.8	398.3	105.3

10

20

30

40

【 0 0 5 0 】

実施例 2、比較例 4 ~ 6

実施例 1 で用いた断熱材 A と断熱材 B を積層して積層物を作製し、さらにシリカクロス（目付け：590 ~ 750 g / m²、引張強さ：縦 1423.8 N / 25 mm、横 435.8 N / 25 mm）で包装して積層断熱材（引張強さ：縦 1780 N / 25 mm / 17.5 mm、横 833.7 N / 25 mm / 17.5 mm）を作製した。比較例 4 だけは断熱材 B だけを用いて包装した。実施例 2、比較例 4 ~ 6 で用いた断熱材 A と断熱材 B の厚さは表 2 に示す。

この積層断熱材を用いて巻き付け試験を実施した。具体的には、積層断熱材を、外径 3

50

3 . 3 mmの管に巻き付け、積層断熱材の内面の少なくとも一部が管の外面と接している状態において、積層断熱材の内面と管の外面との最大離隔距離を測定した。結果を表 2 に示す。

【 0 0 5 1 】

【表 2】

	比較例4	比較例5	実施例2	比較例6
	断熱材B 20mm	断熱材A 25mm 断熱材B 5mm	断熱材A 12.5mm 断熱材B 5mm	断熱材A 5mm 断熱材B 5mm
巻付け後の隙間	14 mm	10 mm	8 mm	4 mm

10

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 2 】

本発明の積層断熱材は、原子力発電所の電線管、配管等の保護に使用できる。

【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

- 1 0 積層断熱材
- 1 1 積層断熱材の管側の内面
- 2 0 管
- 2 1 管の積層断熱材側の外面
- 1 0 0 積層物
- 1 1 0 断熱材 A (第 1 断熱材)
- 1 2 0 断熱材 B (第 2 断熱材)
- 2 0 0 電気炉
- 2 1 0 ヒーター
- 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 熱電対の位置
- 3 0 0 対流対策材

20

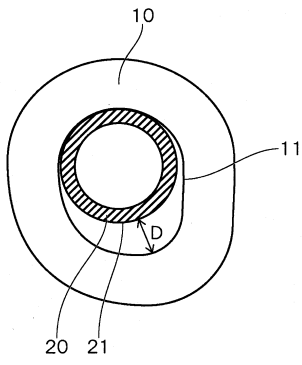
30

40

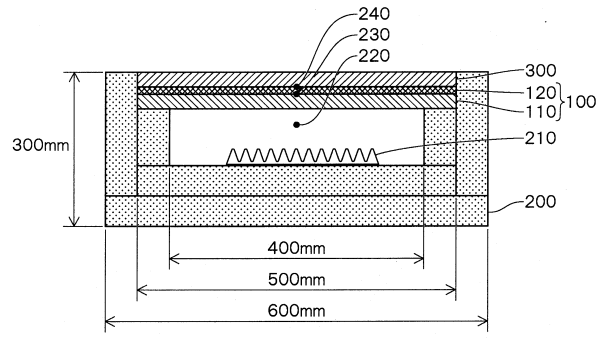
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

		F I	
B 3 2 B	7/022(2019.01)	B 3 2 B	7/022
B 3 2 B	27/12 (2006.01)	B 3 2 B	27/12

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 6 / 0 0 2 1 3 7 (W O , A 1)
特開 2 0 1 1 - 0 7 3 9 5 9 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 0 6 2 6 4 5 (J P , A)
特開平 0 9 - 0 5 1 9 9 4 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 8 2 0 2 9 (J P , A)
実開平 0 6 - 0 3 0 1 4 0 (J P , U)
特開 2 0 1 1 - 1 8 3 5 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 9 6 3 7 0 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 6 5 3 6 0 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

F 1 6 L 5 9 / 0 2
E 0 4 B 1 / 9 4
E 0 4 B 1 / 8 0
B 3 2 B 5 / 0 2
B 3 2 B 5 / 2 6
B 3 2 B 7 / 0 2 2
B 3 2 B 2 7 / 1 2