

(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  
2015年11月19日(19.11.2015)



(10) 国際公開番号  
WO 2015/174541 A1

- (51) 国際特許分類:  
B22F 3/11 (2006.01) C22C 1/04 (2006.01)  
B22F 1/00 (2006.01) C22C 1/08 (2006.01)  
B22F 1/02 (2006.01) C22C 21/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/064179
- (22) 国際出願日: 2015年5月18日(18.05.2015)
- (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 2014-102834 2014年5月16日(16.05.2014) JP  
特願 2015-099292 2015年5月14日(14.05.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 楊 積彬(YANG Ji-bin); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP). 喜多 晃

一(KITA Koichi); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP). 幸 俊彦(SAIWAI Toshihiko); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP). 星野 孝二(HOSHINO Koji); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP). 加藤 純(KATO Jun); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP).

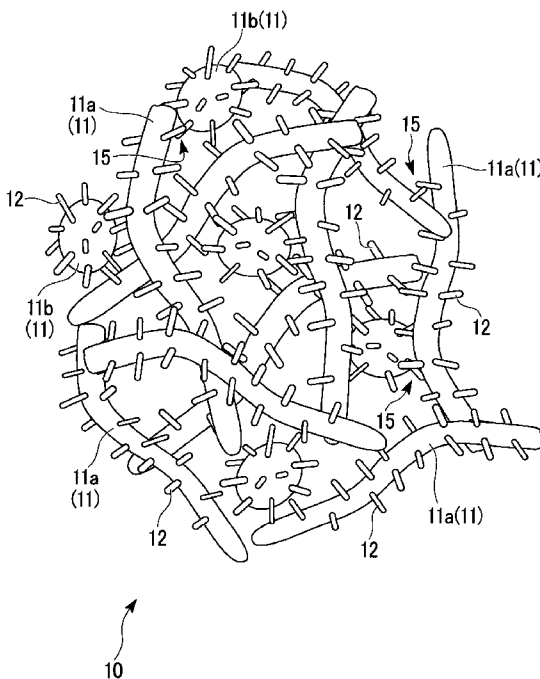
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

[続葉有]

(54) Title: POROUS ALUMINUM SINTERED BODY AND METHOD FOR PRODUCING POROUS ALUMINUM SINTERED BODY

(54) 発明の名称: 多孔質アルミニウム焼結体及び多孔質アルミニウム焼結体の製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided are: a high-quality porous aluminum sintered body which is able to be efficiently produced at low cost and exhibits excellent dimensional accuracy due to small shrinkage during sintering, while having sufficient strength; and a method for producing a porous aluminum sintered body. A porous aluminum sintered body (10) which is obtained by sintering a plurality of aluminum bases (11), and wherein a Ti-Al compound and Mg oxide are present in bond portions (15) where the aluminum bases (11) are bonded with each other. In this connection, it is preferable that the outer surface of each aluminum base (11) is provided with a plurality of columnar projections that protrudes outwardly and the columnar projections have the bond portions (15).

(57) 要約: 効率良く低コストで製造可能であり、焼結時の収縮率が小さく寸法精度に優れるとともに十分な強度を有する高品質の多孔質アルミニウム焼結体、及び、多孔質アルミニウム焼結体の製造方法を提供する。複数のアルミニウム基材(11)が焼結された多孔質アルミニウム焼結体(10)であって、アルミニウム基材(11)同士が結合された結合部(15)には、Ti-Al系化合物と、Mg酸化物が存在している。ここで、アルミニウム基材(11)の外表面には、外方に向けて突出する複数の柱状突起が形成されており、この柱状突起に上述の結合部(15)を有することが好ましい。

WO 2015/174541 A1



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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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).

(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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

多孔質アルミニウム焼結体及び多孔質アルミニウム焼結体の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、複数のアルミニウム基材同士が焼結された多孔質アルミニウム焼結体及び多孔質アルミニウム焼結体の製造方法に関するものである。

### 背景技術

[0002] 上述の多孔質アルミニウム焼結体は、例えば各種電池における電極及び集電体、熱交換器用部材、消音部材、フィルター、衝撃吸収部材等として使用されている。

従来、このような多孔質アルミニウム焼結体は、例えば、特許文献1-5に開示された方法で製造されている。

[0003] 特許文献1においては、アルミニウム粉末とパラフィンワックス粒とバインダーとを混合して形成された混合物をシート状に成形し、これを自然乾燥させた後に有機溶剤に浸漬してワックス粒を除去した後、乾燥、脱脂、焼結を行うことによって、多孔質アルミニウム焼結体を製造している。

また、特許文献2-4においては、アルミニウム粉末とチタンを含む焼結助剤粉末とバインダーと可塑剤と有機溶剤とを混合して粘性組成物を形成し、この粘性組成物を成形して発泡させた後、非酸化雰囲気中で加熱焼結することにより、多孔質アルミニウム焼結体を製造している。

[0004] さらに、特許文献5においては、アルミニウムからなるベース粉末と共晶元素を含む橋絡形成用A1合金粉末などを混合し、これを水素雰囲気あるいは水素と窒素との混合雰囲気中で加熱焼結することにより、多孔質アルミニウム焼結体を製造している。なお、この多孔質アルミニウム焼結体は、アルミニウムからなるベース粉末が過共晶組織からなる橋絡部によって互いに連結された構造とされている。

### 先行技術文献

## 特許文献

- [0005] 特許文献1：日本国特開2009-256788号公報（A）  
特許文献2：日本国特開2010-280951号公報（A）  
特許文献3：日本国特開2011-023430号公報（A）  
特許文献4：日本国特開2011-077269号公報（A）  
特許文献5：日本国特開平08-325661号公報（A）

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0006] ところで、特許文献1に記載された多孔質アルミニウム焼結体及び多孔質アルミニウム焼結体の製造方法においては、気孔率の高いものを得ることが困難であるといった問題があった。さらに、アルミニウム基材同士を焼結する場合、アルミニウム基材の表面に形成された強固な酸化膜によってアルミニウム基材同士の結合が阻害され、十分な強度を有する多孔質アルミニウム焼結体を得ることができないといった問題があった。
- [0007] また、特許文献2-4に記載された多孔質アルミニウム焼結体及び多孔質アルミニウム焼結体の製造方法においては、粘性組成物を成形・発泡させていることから、効率的に多孔質アルミニウム焼結体を製造することができないといった問題があった。さらに、粘性組成物は多くのバインダーを含有していることから、脱バインダー処理に多くの時間を要するとともに、焼結時における成形体の収縮率が大きくなり、寸法精度に優れた多孔質アルミニウム焼結体を製造することができないといった問題があった。
- [0008] さらに、特許文献5に記載された多孔質アルミニウム焼結体及び多孔質アルミニウム焼結体の製造方法においては、アルミニウムからなるベース粉末を過共晶組織からなる橋絡部によって結合した構造とされている。この橋絡部は、共晶組成の低融点A1合金粉末が溶融して液相を生じ、この液相がベース粉末間で凝固することによって形成されている。  
このため、気孔率の高いものを得ることが困難であった。
- [0009] また、特許文献1-5に記載された多孔質アルミニウム焼結体においては

、強度が不十分であり、破損しやすいものであった。このため、運搬時や加工時における取扱いに留意する必要がある。特に、高い気孔率を有する多孔質アルミニウム焼結体においては、強度がさらに低下してしまう傾向にある。

[0010] 本発明は、以上のような事情を背景としてなされたものであって、効率良く低コストで製造可能であり、焼結時の収縮率が小さく寸法精度に優れるとともに十分な強度を有する高品質の多孔質アルミニウム焼結体、及び、多孔質アルミニウム焼結体の製造方法を提供することを目的としている。

### 課題を解決するための手段

[0011] このような課題を解決して、前記目的を達成するために、本発明の多孔質アルミニウム焼結体は、複数のアルミニウム基材が焼結された多孔質アルミニウム焼結体であって、前記アルミニウム基材同士が結合された結合部には、Ti-Al系化合物と、Mg酸化物が存在していることを特徴としている。

[0012] 上述の構成とされた本発明の多孔質アルミニウム焼結体によれば、アルミニウム基材同士の結合部にTi-Al系化合物が存在しているので、アルミニウムの拡散移動が抑制されることから、アルミニウム基材同士の間の空隙を維持でき、気孔率の高い多孔質アルミニウム焼結体を得ることができる。

また、前記結合部には、Mg酸化物が存在している。このMg酸化物は、アルミニウム基材表面に形成された酸化膜の一部がMgによって還元されることによって生成されたものと推測される。このように、Mgによってアルミニウム基材表面の酸化膜が還元されることにより、複数のアルミニウム基材同士の結合部が数多く形成されやすくなり、多孔質アルミニウム焼結体の強度を向上させることができる。

[0013] ここで、本発明の多孔質アルミニウム焼結体においては、前記アルミニウム基材の外表面には、外方に向けて突出する複数の柱状突起が形成されており、前記柱状突起に前記結合部を有することが好ましい。

この場合、アルミニウム基材の外表面に形成された柱状突起を介して、ア

ルミニウム基材同士が結合された構造とされているので、別途、発泡工程等を実施することなく、気孔率の高い多孔質アルミニウム焼結体とすることができる。よって、この多孔質アルミニウム焼結体を効率良く、かつ、低コストで製造することが可能となる。

さらに、粘性組成物のようにアルミニウム基材同士の間にバインダーが多く存在していないことから、焼結時の収縮率が小さく、寸法精度に優れた多孔質アルミニウム焼結体を得ることが可能となる。

[0014] また、本発明の多孔質アルミニウム焼結体においては、前記アルミニウム基材が、アルミニウム繊維及びアルミニウム粉末のいずれか一方又は両方であることが好ましい。

前記アルミニウム基材としてアルミニウム繊維を用いた場合には、柱状突起を介してアルミニウム繊維同士が結合された際に、空隙が保持されやすく気孔率が高くなる傾向になる。そこで、前記アルミニウム基材としてアルミニウム繊維及びアルミニウム粉末を用いて、これらの混合比を調整することにより、多孔質アルミニウム焼結体の気孔率を制御することが可能となる。

[0015] さらに、本発明の多孔質アルミニウム焼結体においては、気孔率が30%以上90%以下の範囲内とされていることが好ましい。

この構成の多孔質アルミニウム焼結体においては、気孔率が30%以上90%以下の範囲内に制御されているので、用途に応じて最適な気孔率の多孔質アルミニウム焼結体を提供することが可能となる。

[0016] 本発明の多孔質アルミニウム焼結体の製造方法は、複数のアルミニウム基材が焼結された多孔質アルミニウム焼結体の製造方法であって、前記アルミニウム基材の外表面に金属チタン粉及び水素化チタン粉のいずれか一方又は両方からなるチタン粉とマグネシウム粉を固着し、焼結用アルミニウム原料を形成する焼結用アルミニウム原料形成工程と、保持体に対して前記焼結用アルミニウム原料を散布する原料散布工程と、前記保持体に保持された前記焼結用アルミニウム原料を加熱して焼結する焼結工程と、を有し、Ti-Al系化合物及びMg酸化物が存在する結合部を介して複数の前記アルミニウム

ム基材同士を結合することを特徴としている。

[0017] この構成の多孔質アルミニウム焼結体の製造方法においては、前記アルミニウム基材の外表面に、金属チタン粉及び水素化チタン粉のいずれか一方又は両方からなるチタン粉とマグネシウム粉が固着された焼結用アルミニウム原料を、焼結することによって多孔質アルミニウム焼結体を製造している。

上述の焼結用アルミニウム原料を、焼結工程においてアルミニウム基材の融点近傍にまで加熱した場合、アルミニウム基材が溶融することになるが、アルミニウム基材の表面には酸化膜が形成されていることから、溶融したアルミニウムが酸化膜によって保持されており、アルミニウム基材の形状が維持される。また、Ti-AI系化合物が存在する結合部を介して複数の前記アルミニウム基材同士を結合しているため、アルミニウムの拡散移動が抑制され、アルミニウム基材同士の間隙を維持でき、気孔率の高い多孔質アルミニウム焼結体を得ることができる。

また、前記結合部には、Mg酸化物も存在している。このMg酸化物は、アルミニウム基材表面に形成された酸化膜の一部がMgによって還元されることによって生成されたものと推測される。このように、Mgによってアルミニウム基材表面の酸化膜が還元されることにより、複数のアルミニウム基材同士の結合部が数多く形成されやすくなり、多孔質アルミニウム焼結体の強度を向上させることができる。

[0018] ここで、本発明の多孔質アルミニウム焼結体の製造方法においては、前記結合部がアルミニウム基材の外表面から外方に向けて突出する複数の柱状突起に形成されていることが望ましい。

アルミニウム基材の外表面のうちチタン粉が固着された部分においては、チタンとの反応によって酸化膜が破壊され、内部の溶融アルミニウムが外方へと噴出し、噴出した溶融アルミニウムがチタンとの反応によって融点の高い化合物を生成して固化する。これにより、アルミニウム基材の外表面に、外方に向けて突出する複数の柱状突起が形成される。

そして、アルミニウム基材の外表面に形成された柱状突起を介して、アル

ミニウム基材同士が結合されることにより、別途、発泡工程等を実施することなく、気孔率の高い多孔質アルミニウム焼結体を得られることになる。よって、多孔質アルミニウム焼結体を効率良く、かつ、低コストで製造することが可能となる。

また、アルミニウム基材の表面にマグネシウム粉が固着されているので、アルミニウム基材表面の酸化膜の一部がマグネシウムによって還元され、柱状突起が多く形成されやすくなり、多孔質アルミニウム焼結体の強度を大幅に向上させることが可能となる。

[0019] さらに、粘性組成物のようにアルミニウム基材同士の上にバインダーが多く存在していないことから、焼結時の収縮率が小さく、寸法精度に優れた多孔質アルミニウム焼結体を得ることが可能となる。

また、Ti-AI系化合物の生成によって溶融アルミニウム液相が固化されることから、アルミニウム基材同士の間隙に溶融アルミニウムが充填されることを防止でき、高い気孔率の多孔質アルミニウム焼結体を得ることができる。

[0020] ここで、前記焼結用アルミニウム原料形成工程では、前記焼結用アルミニウム原料における前記チタン粉の含有量を0.01質量%以上20質量%以下の範囲内、前記マグネシウム粉の含有量を0.01質量%以上5質量%以下の範囲内とすることが好ましい。

この場合、チタン粉の含有量が0.01質量%以上、マグネシウム粉の含有量が0.01質量%以上とされているので、アルミニウム基材同士を確実に結合することができ、十分な強度を有する多孔質アルミニウム焼結体を得ることができる。また、チタン粉末粒子の含有量が20質量%以下、マグネシウム粉の含有量が5質量%以下とされているので、アルミニウム基材同士の間隙に溶融アルミニウムが充填されることを防止でき、高い気孔率の多孔質アルミニウム焼結体を得ることができる。

[0021] また、本発明の多孔質アルミニウム焼結体の製造方法においては、前記焼結用アルミニウム原料形成工程は、前記アルミニウム基材と前記チタン粉及

び前記マグネシウム粉を、バインダーとともに混合する混合工程と、前記混合工程で得られた混合物を乾燥する乾燥工程と、を備えていることが好ましい。

この構成の焼結用アルミニウム原料の製造方法によれば、前記アルミニウム基材とチタン粉とマグネシウム粉を、バインダーとともに混合する混合工程と、この混合工程で得られた混合物を乾燥する乾燥工程と、を備えているので、アルミニウム基材の外表面にチタン粉及びマグネシウム粉が分散させて固着され、上述の焼結用アルミニウム原料が製造される。

### 発明の効果

[0022] 本発明によれば、効率良く低コストで製造可能であり、焼結時の収縮率が小さく寸法精度に優れるとともに十分な強度を有する高品質の多孔質アルミニウム焼結体、及び、多孔質アルミニウム焼結体の製造方法を提供することができる。

### 図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態である多孔質アルミニウム焼結体の拡大模式図である。

[図2]図1に示す多孔質アルミニウム焼結体におけるアルミニウム基材同士の接合部のSEM観察及び組成分析結果を示す図である。

[図3]図1に示す多孔質アルミニウム焼結体の製造方法の一例を示すフロー図である。

[図4]アルミニウム基材の外表面にチタン粉及びマグネシウム粉を固着した焼結用アルミニウム原料の説明図である。

[図5]シート状の多孔質アルミニウム焼結体を製造する連続焼結装置の概略説明図である。

[図6]焼結工程においてアルミニウム基材の外表面に柱状突起が形成される状態を示す説明図である。

[図7]バルク形状の多孔質アルミニウム焼結体を製造する製造工程を示す説明図である。

## 発明を実施するための形態

[0024] 以下に、本発明の一実施形態である多孔質アルミニウム焼結体10について、添付した図面を参照して説明する。

図1に、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体10を示す。図1に示すように、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体10は、複数のアルミニウム基材11が焼結されて一体化されたものであり、気孔率が30%以上90%以下の範囲内に設定されたものとされている。

[0025] 本実施形態においては、図1に示すように、アルミニウム基材11として、アルミニウム繊維11aとアルミニウム粉末11bとが用いられている。

そして、このアルミニウム基材11（アルミニウム繊維11a及びアルミニウム粉末11b）の外表面には、外方に向けて突出する複数の柱状突起12が形成されており、複数のアルミニウム基材11（アルミニウム繊維11a及びアルミニウム粉末11b）同士が、この柱状突起12を介して結合した構造とされている。なお、図1に示すように、アルミニウム基材11、11同士の結合部15は、柱状突起12、12同士が結合した部分や柱状突起12とアルミニウム基材11の側面とが接合した部分、さらにはアルミニウム基材11、11の側面同士が接合した部分がある。

[0026] ここで、図2に示すように、柱状突起12を介して結合されたアルミニウム基材11、11同士の結合部15には、Ti-Al系化合物16及びMg酸化物17が存在している。本実施形態では、図2の分析結果に示すように、Ti-Al系化合物16は、TiとAlの化合物とされており、より具体的には、 $Al_3Ti$ 金属間化合物とされている。また、Mg酸化物17は、結合部15及びアルミニウム基材11の表層に存在している。すなわち、本実施形態では、Ti-Al系化合物16及びMg酸化物17が存在している部分において、アルミニウム基材11、11同士が結合しているのである。

[0027] 次に、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体10の原料となる焼結用アルミニウム原料20について説明する。この焼結用アルミニウム原料20は、図4に示すように、アルミニウム基材11と、このアルミニウム基材

11の外表面に固着された複数のチタン粉末粒子22及びマグネシウム粉末粒子23と、を備えている。なお、チタン粉末粒子22としては、金属チタン粉末粒子及び水素化チタン粉末粒子のいずれか一方又は両方が用いることができる。また、マグネシウム粉末粒子23としては、金属マグネシウム粉末粒子が用いられている。

[0028] ここで、焼結用アルミニウム原料20においては、チタン粉末粒子22の含有量が0.01質量%以上20質量%以下の範囲内とされており、本実施形態では、5質量%とされている。

チタン粉末粒子22の粒径は、1 $\mu$ m以上50 $\mu$ m以下の範囲内とされており、好ましくは、5 $\mu$ m以上30 $\mu$ m以下の範囲内とされている。なお、水素化チタン粉末粒子は、金属チタン粉末粒子よりも粒径を細かくすることが可能であることから、アルミニウム基材11の外表面に固着するチタン粉末粒子22の粒径を微細にする場合には、水素化チタン粉末粒子を用いることが好ましい。

さらに、アルミニウム基材11の外表面に固着された複数のチタン粉末粒子22、22同士の間隔は、5 $\mu$ m以上100 $\mu$ m以下の範囲内とすることが好ましい。

[0029] また、焼結用アルミニウム原料20においては、マグネシウム粉末粒子23の含有量が0.01質量%以上5質量%以下の範囲内とされており、本実施形態では、1.0質量%とされている。

マグネシウム粉末粒子23の粒径は、20 $\mu$ m以上200 $\mu$ m以下の範囲内とされており、好ましくは、20 $\mu$ m以上80 $\mu$ m以下の範囲内とされている。

[0030] アルミニウム基材11としては、上述したように、アルミニウム繊維11aとアルミニウム粉末11bとが用いられている。なお、アルミニウム粉末11bとしては、アトマイズ粉末を用いることができる。

ここで、アルミニウム繊維11aの繊維径は40 $\mu$ m以上1000 $\mu$ m以下の範囲内とされており、好ましくは50 $\mu$ m以上500 $\mu$ m以下の範囲内

とされている。また、アルミニウム繊維 11a の繊維長さは 0.2 mm 以上 100 mm 以下の範囲内、好ましくは 1 mm 以上 50 mm 以下の範囲内とされている。

[0031] アルミニウム繊維 11a は、例えば、純アルミニウムもしくはアルミニウム合金からなり長さ  $L$  と繊維径  $R$  との比  $L/R$  が 4 以上、2500 以下の範囲内とすることができる。アルミニウム繊維 11a は、例えば、その外表面に、Mg 粉および Mg 合金粉のいずれか一方または両方を固着し、焼結用アルミニウム原料を形成する焼結用アルミニウム原料形成工程によって得られる。焼結工程にあたっては、焼結用アルミニウム原料を不活性ガス雰囲気下において  $590^{\circ}\text{C}$  ~  $665^{\circ}\text{C}$  の範囲の温度で焼結をすることができる。

[0032] アルミニウム繊維 11a の繊維径  $R$  が  $20\ \mu\text{m}$  未満の場合には、アルミニウム繊維同士の接合面積が小さく、焼結強度が不足するおそれがある。一方、アルミニウム繊維 11a の繊維径  $R$  が  $1000\ \mu\text{m}$  を超える場合には、アルミニウム繊維同士が接触する接点の数が不足し、やはり、焼結強度が不足するおそれがある。

[0033] 以上のことから、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体 10 では、アルミニウム繊維 11a の繊維径を  $20\ \mu\text{m}$  以上  $1000\ \mu\text{m}$  以下の範囲内としている。なお、さらなる焼結強度の向上を図る場合には、アルミニウム繊維 11a の繊維径を  $50\ \mu\text{m}$  以上とすることが好ましく、アルミニウム繊維 11a の繊維径を  $500\ \mu\text{m}$  以下とすることが好ましい。

[0034] アルミニウム繊維 11a の長さ  $L$  と繊維径  $R$  との比  $L/R$  が 4 未満の場合には、多孔質アルミニウム焼結体の製造方法において、積層配置したときの高密度  $DP$  をアルミニウム繊維の真密度  $DT$  の 50% 以下とすることが難しく、気孔率の高い多孔質アルミニウム焼結体 10 を得ることが困難となるおそれがある。一方、アルミニウム繊維 11a の長さ  $L$  と直径  $R$  との比  $L/R$  が 2500 を超える場合には、アルミニウム繊維 11a を均一に分散させることができなくなり、均一な気孔率を有する多孔質アルミニウム焼結体 10 を得ることが困難となるおそれがある。

[0035] 以上のことから、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体10では、アルミニウム繊維11aの長さLと繊維径Rとの比L/Rを4以上2500以下の範囲内とする。なお、さらなる気孔率の向上を図る場合には、アルミニウム繊維11aの長さLと繊維径Rとの比L/Rを10以上とすることが好ましい。また、より均一な気孔率を備えた多孔質アルミニウム焼結体10を得るためには、アルミニウム繊維11aの長さLと直径Rとの比L/Rを500以下とすることが好ましい。

[0036] また、アルミニウム粉末11bの粒径は20 $\mu$ m以上300 $\mu$ m以下の範囲内とされており、好ましくは20 $\mu$ m以上100 $\mu$ m以下の範囲内とされている。

[0037] アルミニウム繊維11aとしては、純アルミニウムおよび一般的なアルミニウム合金のいずれも好適に用いることが可能である。

アルミニウム繊維11aとしてアルミニウム合金を用いる場合、例えば、JISに規定されるA3003合金(Al-0.6質量%Si-0.7質量%Fe-0.1質量%Cu-1.5質量%Mn-0.1質量%Zn合金)やA5052合金(Al-0.25質量%Si-0.40質量%Fe-0.10質量%Cu-0.10質量%Mn-2.5質量%Mg合金-0.2質量%Cr-0.1質量%Zn合金)などを例示できる。

[0038] また、アルミニウム粉末11bとしては、純アルミニウム粉末および/またはアルミニウム合金粉末を使用してもよく、例えばJIS A3003合金からなる粉末等を用いることができる。

[0039] さらに、アルミニウム繊維11aの形状については、直線状、曲線状など任意であるが、アルミニウム繊維11aの少なくとも一部に、ねじり加工や曲げ加工等により所定の形状付与加工をされたものを用いると、アルミニウム繊維11a同士の間隙形状を立体的かつ等方的に形成させることができ、その結果、アルミニウム多孔質焼結体の伝熱特性等の各種特性の等方性向上に繋がるため好ましい。

[0040] また、アルミニウム繊維11aとアルミニウム粉末11bとの混合比率を

調整することで気孔率を調整することが可能となる。すなわち、アルミニウム繊維 11a の比率を増やすことにより多孔質アルミニウム焼結体 10 の気孔率を向上させることが可能となるのである。このため、アルミニウム基材 11 としては、アルミニウム繊維 11a を用いることが好ましく、アルミニウム粉末 11b を混合する場合にはアルミニウム基材におけるアルミニウム粉末 11b の比率を 15 質量%以下とすることが好ましい。

[0041] 次に、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体 10 を製造する方法について、図 3 のフロー図等を参照して説明する。

まず、図 3 に示すように、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体 10 の原料となる焼結用アルミニウム原料 20 を製造する。

[0042] 常温にて、上記アルミニウム基材 11 とチタン粉末とマグネシウム粉末とを混合する（混合工程 S01）。このとき、バインダー溶液を噴霧する。なお、バインダーとしては、大気中で 500℃ に加熱した際に燃焼・分解されるものが好ましく、具体的には、アクリル系樹脂、セルロース系高分子体を用いることが好ましい。また、バインダーの溶剤としては、水系、アルコール系、有機溶剤系の各種溶剤を用いることができる。

この混合工程 S01 においては、例えば、自動乳鉢、パン型転動造粒機、シェーカーミキサー、ポットミル、ハイスピードミキサー、V型ミキサー等の各種混合機を用いて、アルミニウム基材 11 とチタン粉末とマグネシウム粉末とを流動させながら混合する。

[0043] 次に、混合工程 S01 で得られた混合体を乾燥する（乾燥工程 S02）。この混合工程 S01 及び乾燥工程 S02 により、図 4 に示すように、アルミニウム基材 11 の外表面にチタン粉末粒子 22 及びマグネシウム粉末粒子 23 が分散させて固着されることになり、本実施形態である焼結用アルミニウム原料 20 が製造される。なお、アルミニウム基材 11 の外表面に固着された複数のチタン粉末粒子 22、22 同士の間隔が 5 μm 以上 100 μm 以下の範囲内となるようにチタン粉末粒子 22 を分散させることが好ましい。

[0044] 次に、上述のようにして得られた焼結用アルミニウム原料 20 を用いて多

孔質アルミニウム焼結体 10 を製造する。

ここで、本実施形態では、図 5 に示す連続焼結装置 30 を用いて、例えば幅：300mm×厚さ：1～5mm×長さ：20m の長尺のシート状多孔質アルミニウム焼結体 10 を製造する。

この連続焼結装置 30 は、焼結用アルミニウム原料 20 を均一に散布する粉末散布機 31 と、粉末散布機 31 から供給された焼結用アルミニウム原料 20 を保持するカーボンシート 32 と、このカーボンシート 32 を駆動する搬送ローラ 33 と、カーボンシート 32 とともに搬送される焼結用アルミニウム原料 20 を加熱してバインダーを除去する脱脂炉 34 と、バインダーが除去された焼結用アルミニウム原料 20 を加熱して焼結する焼成炉 35 と、を備えている。

[0045] まず、粉末散布機 31 から、カーボンシート 32 上に向けて、焼結用アルミニウム原料 20 を散布する（原料散布工程 S03）

カーボンシート 32 上に散布された焼結用アルミニウム原料 20 は、進行方向 F に向けて移動する際に、カーボンシート 32 の幅方向に広がって厚さが均一化され、シート状に成形される。このとき、荷重を加えていないことから、焼結用アルミニウム原料 20 中のアルミニウム基材 11、11 同士の間には空隙が形成される。なお、本実施形態では、焼結用アルミニウム原料 20 に使われたアルミニウム基材 11 中のアルミニウム繊維 11a にねじり加工や曲げ加工等の形状付与加工が施されているので、積層した焼結用アルミニウム原料 20 の間に立体的かつ等方的な空隙が確保されることになる。

[0046] 次に、カーボンシート 32 上においてシート状に成形された焼結用アルミニウム原料 20 は、カーボンシート 32 とともに脱脂炉 34 内に装入され、所定温度に加熱されることによってバインダーが除去される（脱バインダー工程 S04）。

ここで、脱バインダー工程 S04 においては、大気雰囲気中で、350～500℃の温度範囲で 0.5～5 分間保持し、焼結用アルミニウム原料 20 中のバインダーを除去する。なお、本実施形態では、上述のように、アルミ

ニウム基材 1 1 の外表面にチタン粉末粒子 2 2 及びマグネシウム粉末粒子 2 3 を固着するためにバインダーが用いられていることから、粘性組成物に比べてバインダーの含有量が極めて少なく、短時間でバインダーを十分に除去することが可能である。

[0047] 次に、バインダーが除去された焼結用アルミニウム原料 2 0 は、カーボンシート 3 2 とともに焼成炉 3 5 内に装入され、所定温度に加熱されることによって焼結される（焼結工程 S 0 5）。

この焼結工程 S 0 5 においては、不活性ガス雰囲気中で、590～665℃の温度範囲で0.5～60分間保持することにより実施される。焼結用アルミニウム原料 2 0 中の Mg 含有量に応じて、最適な焼結温度は変動するが、高強度かつ均一な焼結を実現するため、焼結温度は Al - 1 0 質量% Mg の液相線温度である 590℃以上とし、また、生じた液相が、融液同士の結合による急速な焼結収縮の進行を防ぐため焼結温度は 665℃以下とする。なお、保持時間は 1～20分間とすることがより好ましい。

[0048] この焼結工程 S 0 5 においては、上述のように、焼結用アルミニウム原料 2 0 中の Mg 含有量に応じて最適な焼結温度は変動するが、いずれも温度を 590～665℃とアルミニウム基材 1 1 の融点近くまで加熱していることから、焼結用アルミニウム原料 2 0 中のアルミニウム基材 1 1 は溶融することになる。ここで、アルミニウム基材 1 1 の表面には酸化膜が形成されていることから、溶融したアルミニウムが酸化膜によって保持され、アルミニウム基材 1 1 の形状が維持されている。

[0049] また、590～665℃に加熱されると、アルミニウム基材 1 1 の外表面のうちチタン粉末粒子 2 2 が固着された部分においては、チタンとの反応によって酸化膜が破壊され、内部の溶融アルミニウムが外方へと噴出する。噴出された溶融アルミニウムはチタンとの反応によって融点の高い化合物を生成して固化することになる。これにより、図 6 に示すように、アルミニウム基材 1 1 の外表面に、外方に向けて突出する複数の柱状突起 1 2 が形成される。ここで、柱状突起 1 2 の先端には、Ti - Al 系化合物 1 6 が存在して

おり、このTi-A系化合物16によって柱状突起12の成長が抑制されているのである。

なお、チタン粉末粒子22として水素化チタンを用いた場合には、300～400℃付近で水素化チタンが分解し、生成したチタンがアルミニウム基材11の表面の酸化膜と反応することになる。

また、本実施形態では、アルミニウム基材11の外表面に固着されたマグネシウム粉末粒子23によって、アルミニウム基材11の表面に形成された酸化膜の一部が還元され、柱状突起12が数多く形成されることになる。具体的には、マグネシウム粉末粒子23が昇華して酸化膜に拡散し、還元することによって酸化膜の厚みが薄くなったことによるものと考えられる。

[0050] このとき、隣接するアルミニウム基材11、11同士が、互いの柱状突起12を介して熔融状態で一体化あるいは固相焼結することによって結合され、図1に示すように、柱状突起12を介して複数のアルミニウム基材11、11同士が結合された多孔質アルミニウム焼結体10が製造されることになる。そして、柱状突起12を介してアルミニウム基材11、11同士が結合された結合部15には、Ti-A系化合物16（本実施形態では、 $Al_3Ti$ 金属間化合物）及びMg酸化物17が存在することになる。

[0051] 以上のような構成とされた本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体10においては、アルミニウム基材11、11同士の結合部15にTi-A系化合物16が存在しているので、このTi-A系化合物16によってアルミニウム基材11の表面に形成された酸化膜が除去されており、アルミニウム基材11、11同士が良好に結合している。よって、強度が十分な高品質の多孔質アルミニウム焼結体10を得ることができる。

また、このTi-A系化合物16によって柱状突起12の成長が抑制されることから、熔融アルミニウムがアルミニウム基材11、11同士の間の空隙に噴出することを抑制でき、高い気孔率の多孔質アルミニウム焼結体10を得ることができる。

[0052] 特に、本実施形態では、アルミニウム基材11、11同士の結合部15に

Ti-Al系化合物16として $Al_3Ti$ が存在しているので、アルミニウム基材11の表面に形成された酸化膜が確実に除去され、アルミニウム基材11, 11同士が良好に結合しており、多孔質アルミニウム焼結体10の強度を確保することができる。

また、本実施形態では、結合部15にMg酸化物17が存在しているので、アルミニウム基材11の表面に形成された酸化膜の一部が還元され、アルミニウム基材11, 11同士の結合部15を数多く形成することができ、多孔質アルミニウム焼結体10の強度を大幅に向上させることができる。

[0053] また、アルミニウム基材11の外表面に形成された柱状突起12を介して、アルミニウム基材11, 11同士が結合されている構造とされているので、別途、発泡工程等を実施することなく、気孔率の高い多孔質アルミニウム焼結体10を得ることができる。よって、本実施形態である多孔質アルミニウム焼結体10を効率良く、かつ、低コストで製造することが可能となる。

特に本実施形態では、図6に示す連続焼結装置30を用いていることから、シート状の多孔質アルミニウム焼結体10を連続して製造することができ、生産効率が大幅に向上することになる。

[0054] さらに、本実施形態では、粘性組成物に比べてバインダーの含有量が極めて少ないことから、脱バインダー工程S04を短時間で実施することができる。また、焼結時の収縮率が例えば1%程度と小さくなり、寸法精度に優れた多孔質アルミニウム焼結体10を得ることが可能となる。

[0055] また、本実施形態においては、アルミニウム基材11としてアルミニウム繊維11a及びアルミニウム粉末11bを用いているので、これらの混合比を調整することにより、多孔質アルミニウム焼結体10の気孔率を制御することが可能となる。

そして、本実施形態の多孔質アルミニウム焼結体10においては、気孔率が30%以上90%以下の範囲内とされているので、用途に応じて最適な気孔率の多孔質アルミニウム焼結体10を提供することが可能となる。

[0056] さらに、本実施形態では、焼結用アルミニウム原料20におけるチタン粉

末粒子 22 の含有量が 0.01 質量%以上 20 質量%以下とされているので、アルミニウム基材 11 の外表面に適切な間隔で柱状突起 12 を形成することができ、十分な強度と高い気孔率を有する多孔質アルミニウム焼結体 10 を得ることができる。

また、本実施形態においては、アルミニウム基材 11 の外表面に固着された複数のチタン粉末粒子 22、22 同士の間隔が 5  $\mu\text{m}$  以上 100  $\mu\text{m}$  以下の範囲内とされているので、柱状突起 12 の間隔が適正化されており、十分な強度と高い気孔率を有する多孔質アルミニウム焼結体 10 を得ることができる。

[0057] さらに、本実施形態では、焼結用アルミニウム原料 20 におけるマグネシウム粉末粒子 23 の含有量が 0.01 質量%以上 5 質量%以下とされているので、アルミニウム基材 11 の表面の酸化膜を適度に還元させて、適切な間隔で数多くの柱状突起 12 を形成することができ、十分な強度と高い気孔率を有する多孔質アルミニウム焼結体 10 を得ることができる。

[0058] さらに、本実施形態では、アルミニウム基材 11 であるアルミニウム繊維 11a の繊維径が 40  $\mu\text{m}$  以上 500  $\mu\text{m}$  以下の範囲内、アルミニウム粉末 11b の粒径が 20  $\mu\text{m}$  以上 300  $\mu\text{m}$  以下の範囲内とされるとともに、チタン粉末粒子 22 の粒径が 1  $\mu\text{m}$  以上 50  $\mu\text{m}$  以下の範囲内及びマグネシウム粉末粒子 23 の粒径が 20  $\mu\text{m}$  以上 150  $\mu\text{m}$  以下の範囲内とされているので、アルミニウム基材 11（アルミニウム繊維 11a 及びアルミニウム粉末 11b）の外表面に確実にチタン粉末粒子 22 及びマグネシウム粉末粒子 23 を分散させて固着することができる。

[0059] また、本実施形態では、アルミニウム基材 11 としてアルミニウム繊維 11a とアルミニウム粉末 11b とを用いており、アルミニウム基材 11 におけるアルミニウム粉末 11b の比率を 15 質量%以下としているので、気孔率の高い多孔質アルミニウム焼結体 10 を得ることができる。

[0060] 多孔質アルミニウム焼結体の別な製造方法を示す。

例えば、常温にて、アルミニウム繊維 11a と、Mg 粉末および Mg 合金

粉末23のいずれか一方または両方とを混合する。混合する際にはバインダー溶液を噴霧する。なお、バインダーとしては、大気中で500℃に加熱した際に燃焼・分解されるものが好ましく、具体的には、アクリル系樹脂、セルロース系高分子体を用いることが好ましい。また、バインダーの溶剤としては、水系、アルコール系、有機溶剤系の各種溶剤を用いることができる。

[0061] 混合の際には、例えば、自動乳鉢、パン型転動造粒機、シェーカーミキサー、ポットミル、ハイスピードミキサー、V型ミキサー等の各種混合機を用いて、アルミニウム繊維11aとMg粉末23とを流動させながら混合する。

[0062] 次に、混合によって得られた混合体を乾燥すると、アルミニウム繊維11aの外表面にMg粉およびMg合金粉23が分散されて固着され、本実施形態である焼結用アルミニウム原料20が製造される。

[0063] 次に、上述のようにして得られた焼結用アルミニウム原料20を用いて多孔質アルミニウム焼結体10を製造する際には、例えば、連続焼結装置などを用いて、例えば幅：300mm×厚さ：1～5mm×長さ：20mの長尺のシート状多孔質アルミニウム焼結体10を製造する。

例えば、原料散布機から、カーボンシート上に向けて、焼結用アルミニウム原料20を散布し、焼結用アルミニウム原料を積層配置し、カーボンシート上に積層された焼結用アルミニウム原料20をシート状に成形する。このとき、焼結用アルミニウム原料20中のアルミニウム繊維11a同士の間には空隙が形成される。

[0064] ここで、例えば、充填後の嵩密度がアルミニウム繊維の真密度の50%以下となるように複数のアルミニウム繊維11aを積層配置し、積層時にアルミニウム繊維11a同士の間立体的かつ等方的な空隙が確保されるようにする。

[0065] 次に、カーボンシート上においてシート状に成形された焼結用アルミニウム原料20を脱脂炉内に装入し、所定温度に加熱されることによってバインダーが除去される。ここで、大気雰囲気中で、350～500℃の温度範囲

で0.5～5分間保持し、焼結用アルミニウム原料中のバインダーを除去する。なお、本実施形態では、アルミニウム繊維11aの外表面にMg粉、Mg合金粉23を固着する目的でのみバインダーを用いていることから、粘性組成物に比べてバインダーの含有量が極めて少なく、短時間でバインダーを十分に除去することが可能である。

[0066] 次に、バインダーが除去された焼結用アルミニウム原料20をカーボンシートとともに焼成炉内に装入し、所定温度に加熱されることによって焼結する。焼結にあたっては、例えば、不活性ガス雰囲気中で、590℃～665℃の温度範囲で0.5～60分間保持することにより実施される。焼結用アルミニウム原料中のMgの含有量に応じて、最適な焼結温度は変動するが、高強度かつ均一な焼結を実現するため、焼結温度はAl-10質量%Mgの液相線温度である590℃以上とし、また、生じた液相が、融液同士の結合による急速な焼結収縮の進行を防ぐため焼結温度は665℃以下とする。なお、保持時間は1分～20分間とすることが好ましい。

[0067] この焼結時には、焼結用アルミニウム原料20中のアルミニウム繊維11aの一部は溶融することになるが、アルミニウム繊維11aの表面には酸化被膜が形成されていることから、溶融したアルミニウムが酸化被膜によって保持され、アルミニウム繊維11aの形状が維持される。

[0068] そして、アルミニウム繊維11aの外表面のうちMg粉末粒子、Mg合金粉末粒子23が固着された部分においては、Mgが $Al_2O_3$ の酸化被膜の還元剤として働き、酸化被膜が破壊され焼結結合が促進される。また、アルミニウム繊維表面に固着したMgがアルミニウム繊維と局所的に反応する事で、固着部近傍において局所的な融点降下効果を引き起こす。その結果、Mg無添加時に比べて、純アルミニウム繊維もしくはアルミニウム合金繊維の融点より、より低温で液相が生じることにより焼結が促進され強度が向上する。

[0069] なお、焼結の進行とともにMgは徐々にアルミニウム繊維中に拡散していくため、最終的に得られる多孔質アルミニウム焼結体中にはMgは固溶もし

くはMg酸化物の形態として存在している状態となる。

[0070] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、図5に示す連続焼結装置を用いて多孔質アルミニウム焼結体を連続的に製造するものとして説明したが、これに限定されることはなく、他の製造装置によって多孔質アルミニウム焼結体を製造してもよい。

[0071] また、本実施形態では、シート状の多孔質アルミニウム焼結体として説明したが、これに限定されることはなく、例えば図7で示す製造工程によって製造されるバルク形状の多孔質アルミニウム焼結体であってもよい。

図7に示すように、焼結用アルミニウム原料20を散布する粉末散布機131から、カーボン製容器132内に向けて焼結用アルミニウム原料20を散布してかさ充填する（原料散布工程）。これを、脱脂炉134内に装入して、大気雰囲気加熱してバインダーを除去する（脱バインダー工程）。その後、焼成炉135内に装入して、Ar雰囲気中で590～665℃に加熱保持することにより、バルク形状の多孔質アルミニウム焼結体110が得られる。なお、離型性の良いカーボン製容器132を用いており、かつ、焼結時に1%程度の収縮が発生することから、カーボン製容器132からバルク形状の多孔質アルミニウム焼結体110を比較的容易に取り出すことができる。

## 実施例

[0072] 以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

上述の実施形態で示した方法により、表1に示す原料を用いて、焼結用アルミニウム原料を作製した。なお、アルミニウム基材として、繊維径が40 $\mu$ m以上500 $\mu$ m以下のアルミニウム繊維、及び、粒径が20 $\mu$ m以上300 $\mu$ m以下のアルミニウム粉末を用いた。

[0073] これらの焼結用アルミニウム原料を用いて、上述の実施形態で示した製造

方法により、幅30mm×長さ200mm×厚さ5mmの多孔質アルミニウム焼結体を製造した。具体的には、高純度アルゴン雰囲気中において、それぞれのアルミニウム原料に応じて選択した590～655℃の焼結温度、保持時間はいずれも15分という条件において焼結工程を行った。

得られた多孔質アルミニウム焼結体について、見掛気孔率、引張強度について評価した。評価結果を表1に示す。なお、評価方法を以下に示す。

[0074] (見掛気孔率)

得られた多孔質アルミニウム焼結体の質量 $m$  (g)、体積 $V$  (cm<sup>3</sup>)、真密度 $d$  (g/cm<sup>3</sup>)を測定し、以下の式で見掛気孔率を算出した。

$$\text{見掛気孔率 (\%)} = (1 - (m \div (V \times d))) \times 100$$

なお、真密度 (g/cm<sup>3</sup>)は、精密天秤を用いて、水中法によって測定した。

[0075] (引張強度)

得られた多孔質アルミニウム焼結体の引張強度は、引張法によって測定した。

[0076] (接合部の金属組織)

接合部のTi-AI系化合物、Mg酸化物の同定及び分布状態は、エネルギー分散型X線分光法(EDX法)又は電子線マイクロアナライザ(EPMA法)によって測定した。

[0077]

[表1]

	アルミニウム基材			チタン粉			マグネシウム粉		焼結温度 (°C)	見掛気孔率 (%)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
	材質	繊維 (%)	粉末 (%)	材質	粒径 (μm)	含有量 (質量%)	粒径 (μm)	含有量 (質量%)			
1	A1070	94.0	-	水素化チタン	1.0	5.0	30.0	1.0	630	74.2	3.5
2	A1070	94.0	-	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	1.0	645	72.0	3.1
3	A1070	94.0	-	金属チタン	30.0	5.0	30.0	1.0	645	73.2	2.8
4	A1070	94.0	-	金属チタン	50.0	5.0	30.0	1.0	630	75.0	2.5
5	A1070	98.99	-	水素化チタン	5.0	0.01	30.0	1.0	635	74.0	1.5
6	A1070	79.0	-	水素化チタン	5.0	20.0	30.0	1.0	640	70.6	2.8
7	A1070	94.0	-	水素化チタン	5.0	5.0	20.0	1.0	640	74.3	3.4
8	A1070	94.0	-	水素化チタン	5.0	5.0	75.0	1.0	640	74.0	3.0
9	A1070	94.99	-	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	0.01	655	73.0	2.5
10	A1070	90.0	-	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	5.0	645	71.5	3.6
11	A1070	89.0	5.0	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	1.0	650	69.2	2.9
12	A1070	84.0	10.0	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	1.0	655	68.5	3.2
13	A1050	96.0	-	水素化チタン	5.0	0.5	30.0	3.5	655	56.5	7.0
14	A1050	96.0	-	水素化チタン	5.0	2.0	50.0	2.0	645	60.1	4.9
15	A1050	97.3	-	水素化チタン	5.0	2.0	30.0	0.7	650	65.5	4.1
16	A1050	93.5	-	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	1.5	640	69.3	3.7
17	A1050	94.0	-	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	1.0	630	74.6	2.1
18	A1050	85.5	-	水素化チタン	5.0	10.0	20.0	4.5	600	83.7	1.3
19	A3003	98.5	-	水素化チタン	10.0	1.0	30.0	0.5	620	60.3	4.4
20	A3003	94.0	-	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	1.0	605	70.4	2.4
21	A3003	84.0	-	水素化チタン	5.0	12.0	20.0	4.0	595	82.6	1.5
22	A5052	98.7	-	水素化チタン	10.0	1.0	30.0	0.3	630	59.0	6.4
23	A5052	93.5	-	水素化チタン	5.0	5.0	30.0	1.5	600	68.8	4.2
24	A5052	84.5	-	水素化チタン	5.0	12.0	20.0	3.5	590	80.5	1.7
比較例1	A1070	80.0	-	水素化チタン	5.0	20.0	-	-	660	70.2	0.5
比較例2	A1070	100.0	-	-	-	-	-	-	662	75.0	0.1

[0078] 表1に示すように、マグネシウム粉を添加した焼結用アルミニウム原料を用いた本発明例1-12においては、マグネシウム粉を添加していない焼結

用アルミニウム原料を用いた比較例 1、2 に比べて同等の見掛気孔率であっても、強度が十分に向上していることが確認される。

以上のことから、本発明によれば、高い気孔率を有するとともに十分な強度を有する高品質の多孔質アルミニウム焼結体を提供可能であることが確認された。

### 符号の説明

[0079] 10、110 多孔質アルミニウム焼結体、11 アルミニウム基材、11a アルミニウム繊維、11b アルミニウム粉末、12 柱状突起、15 結合部、16 Ti-Al系化合物、17 Mg酸化物、20 焼結用アルミニウム原料、22 チタン粉末粒子（チタン粉）、23 マグネシウム粉末粒子（マグネシウム粉）。

## 請求の範囲

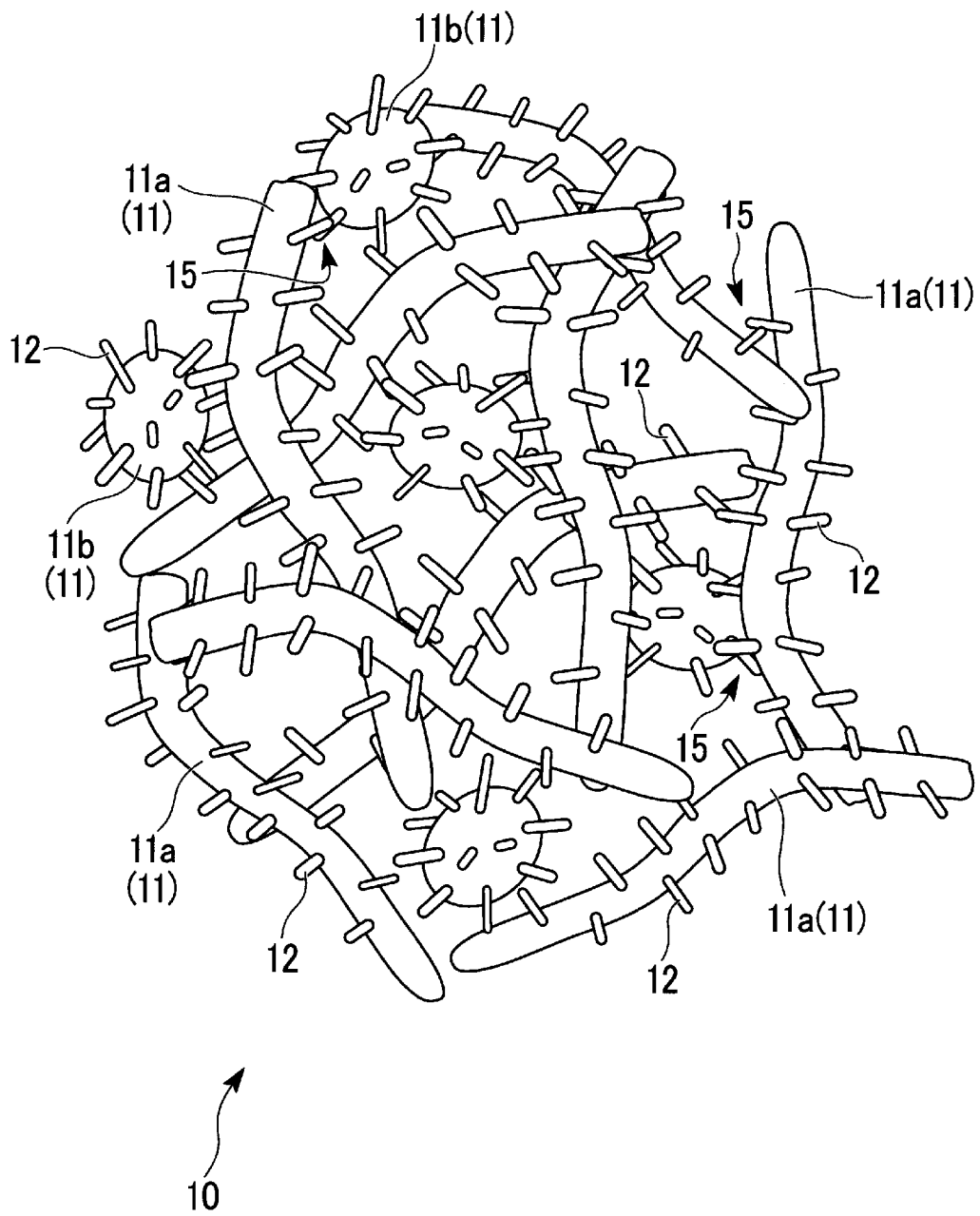
- [請求項1] 複数のアルミニウム基材が焼結された多孔質アルミニウム焼結体であって、  
前記アルミニウム基材同士が結合された結合部には、Ti-Al系化合物と、Mg酸化物が存在していることを特徴とする多孔質アルミニウム焼結体。
- [請求項2] 前記アルミニウム基材の外表面には、外方に向けて突出する複数の柱状突起が形成されており、前記柱状突起に前記結合部を有することを特徴とする請求項1に記載の多孔質アルミニウム焼結体。
- [請求項3] 前記アルミニウム基材が、アルミニウム繊維及びアルミニウム粉末のいずれか一方又は両方であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の多孔質アルミニウム焼結体。
- [請求項4] 気孔率が30%以上90%以下の範囲内とされていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の多孔質アルミニウム焼結体。
- [請求項5] 複数のアルミニウム基材が焼結された多孔質アルミニウム焼結体の製造方法であって、  
前記アルミニウム基材の外表面に金属チタン粉及び水素化チタン粉のいずれか一方又は両方からなるチタン粉とマグネシウム粉を固着し、焼結用アルミニウム原料を形成する焼結用アルミニウム原料形成工程と、保持体に対して前記焼結用アルミニウム原料を散布する原料散布工程と、前記保持体に保持された前記焼結用アルミニウム原料を加熱して焼結する焼結工程と、を有し、  
Ti-Al系化合物及びMg酸化物が存在する結合部を介して複数の前記アルミニウム基材同士を結合することを特徴とする多孔質アルミニウム焼結体の製造方法。
- [請求項6] 前記結合部が、前記アルミニウム基材の外表面から外方に向けて突出する複数の柱状突起に形成されていることを特徴とする請求項5に

記載の多孔質アルミニウム焼結体の製造方法。

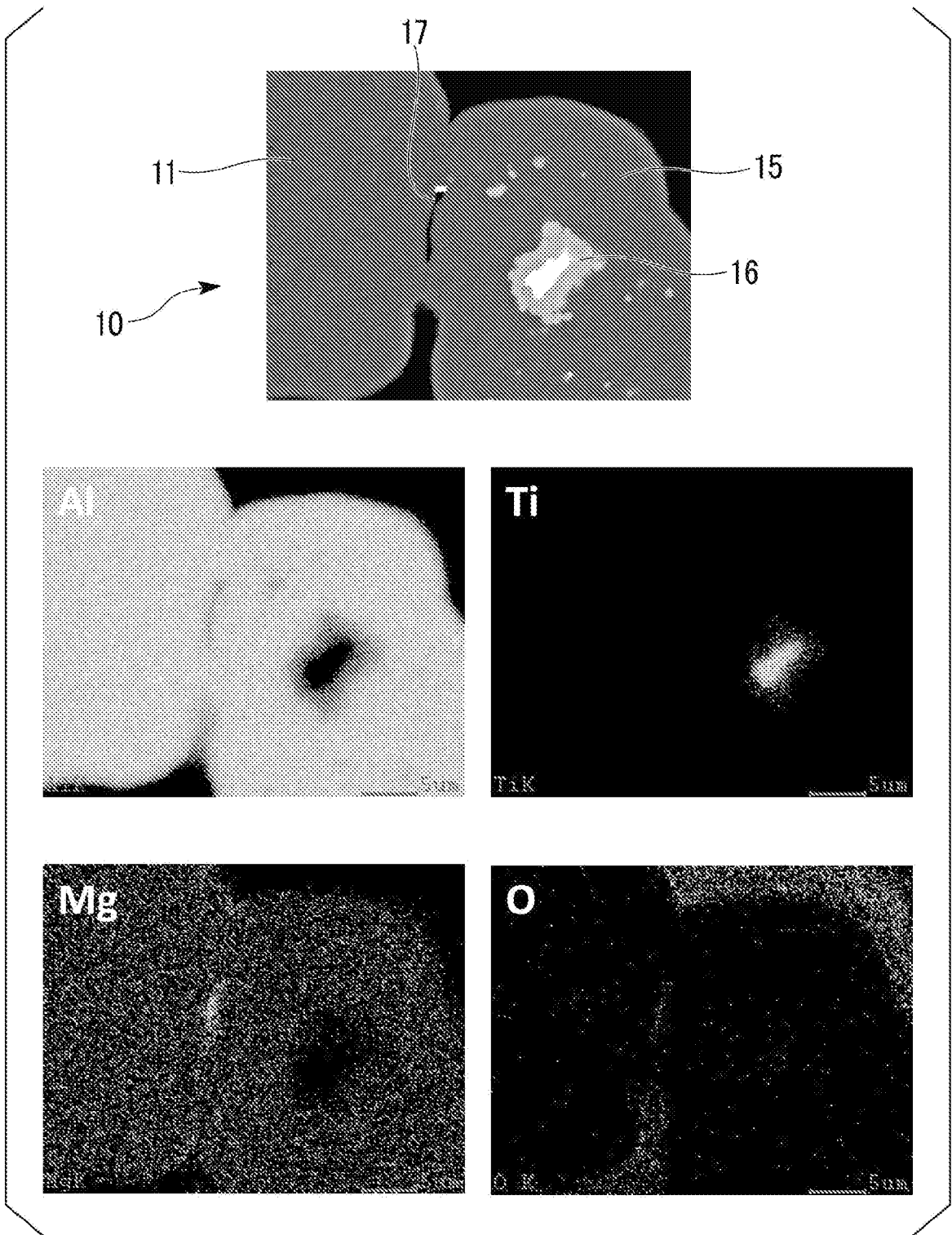
[請求項7] 前記焼結用アルミニウム原料形成工程では、前記焼結用アルミニウム原料における前記チタン粉の含有量を0.01質量%以上20質量%以下の範囲内、前記マグネシウム粉の含有量を0.01質量%以上5質量%以下の範囲内とすることを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の多孔質アルミニウム焼結体の製造方法。

[請求項8] 前記焼結用アルミニウム原料形成工程は、前記アルミニウム基材と前記チタン粉及び前記マグネシウム粉とを、バインダーとともに混合する混合工程と、前記混合工程で得られた混合物を乾燥する乾燥工程と、を備えていることを特徴とする請求項5から請求項7のいずれか一項に記載の多孔質アルミニウム焼結体の製造方法。

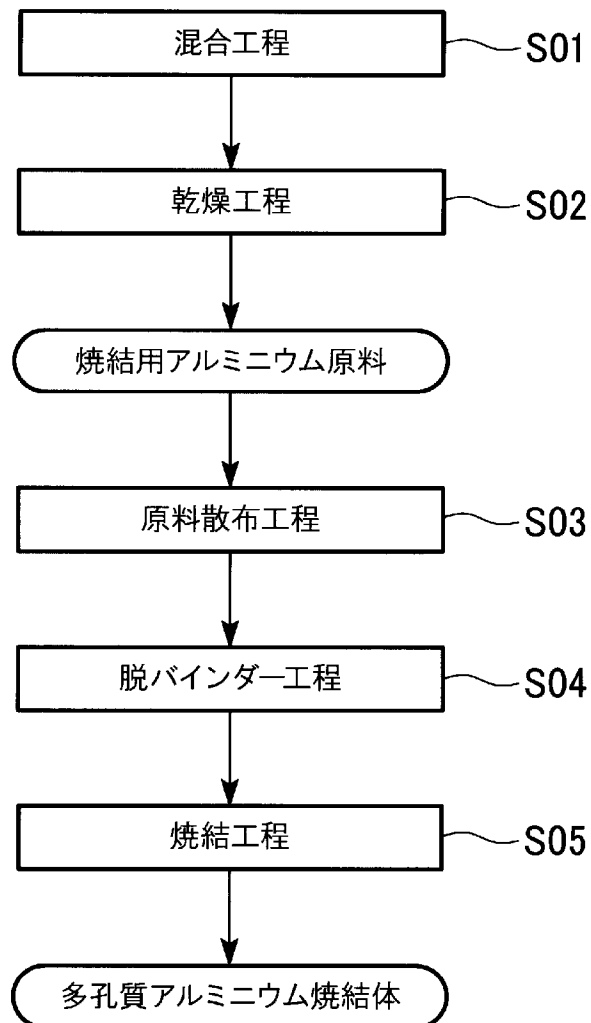
[図1]



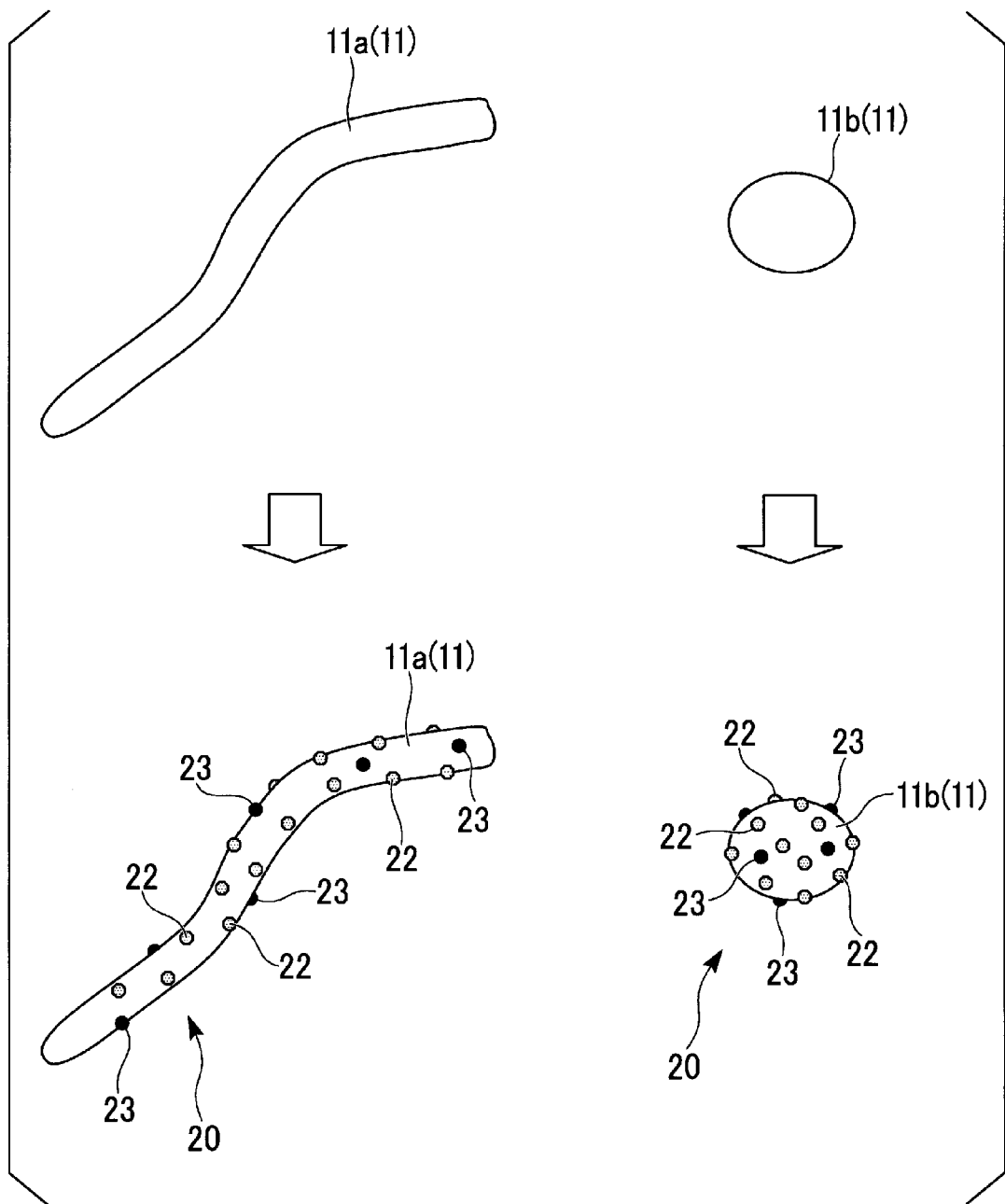
[図2]



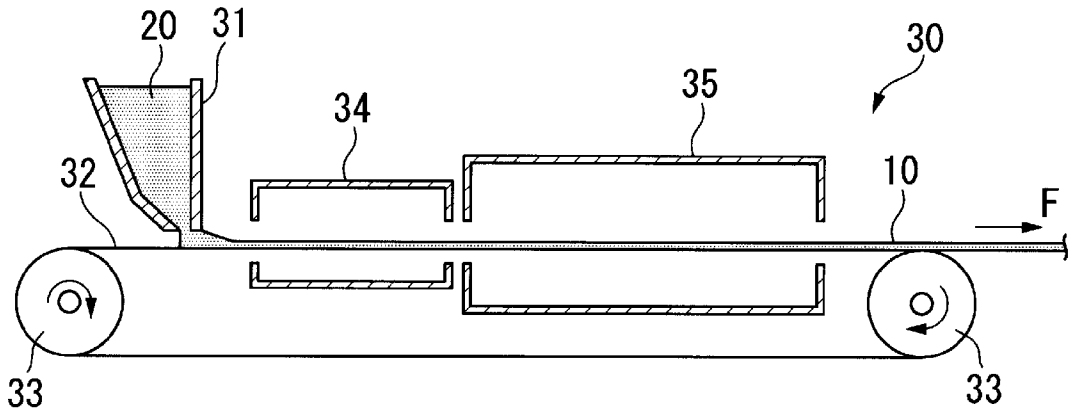
[図3]



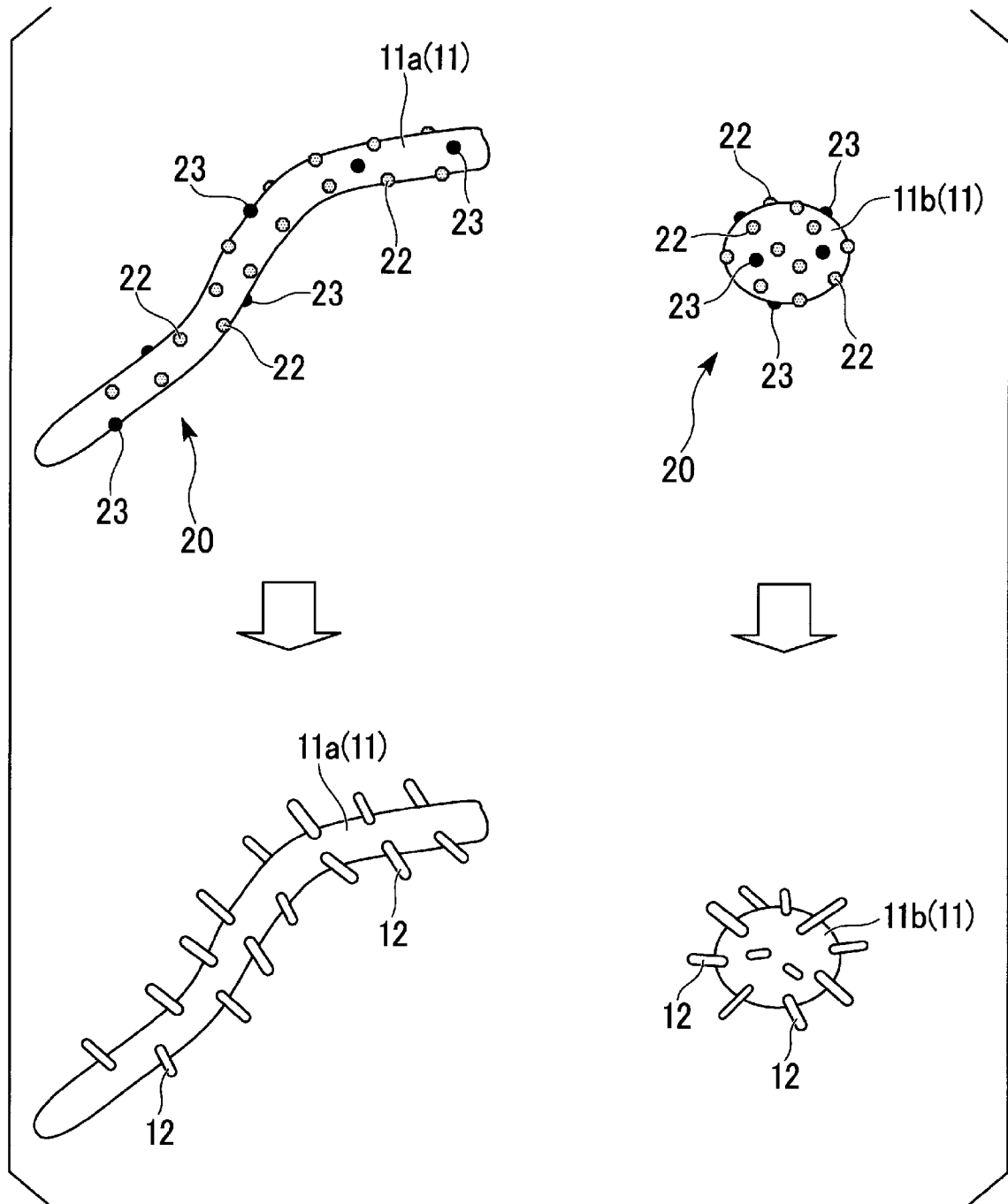
[図4]



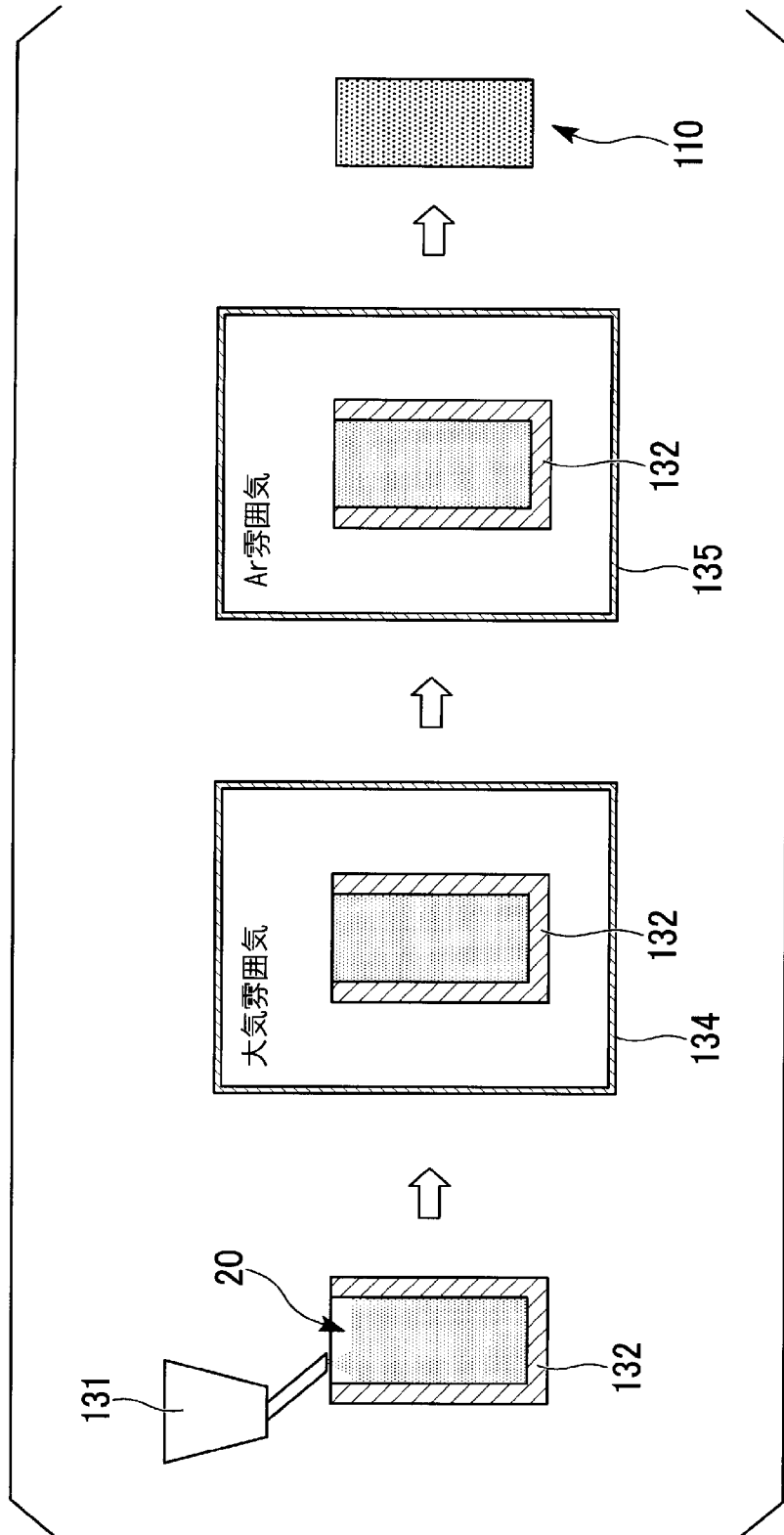
[図5]



[図6]



[図7]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/064179

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*B22F3/11(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F1/02(2006.01)i, C22C1/04(2006.01)i, C22C1/08(2006.01)i, C22C21/00(2006.01)i*

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)  
*B22F3/11, B22F1/00, B22F1/02, C22C1/04, C22C1/08, C22C21/00*

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	WO 2010/116679 A1 (Mitsubishi Materials Corp.), 14 October 2010 (14.10.2010), paragraphs [0066] to [0086] & JP 2010-255089 A & US 2012/0094142 A1 & US 2012/0107166 A1 & WO 2010/116682 A1 & EP 2415542 A1 & EP 2415543 A1 & KR 10-2011-0122207 A & CN 102365143 A	1-8
A	JP 2011-214049 A (Mitsubishi Materials Corp.), 27 October 2011 (27.10.2011), paragraphs [0031] to [0055] (Family: none)	1-8
A	JP 2011-253645 A (Mitsubishi Materials Corp.), 15 December 2011 (15.12.2011), paragraphs [0041] to [0049] (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 17 June 2015 (17.06.15)	Date of mailing of the international search report 30 June 2015 (30.06.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/064179

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-119465 A (Mitsubishi Materials Corp.), 21 June 2012 (21.06.2012), paragraphs [0024] to [0036], [0047] to [0054] (Family: none)	1-8
A	JP 2010-500469 A (The University of Queensland), 07 January 2010 (07.01.2010), paragraphs [0016] to [0023] & US 2010/0183471 A1 & WO 2008/017111 A1 & EP 2056984 A1 & CA 2660484 A1 & CN 101594954 A	1-8
A	JP 2009-228025 A (YKK Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), paragraphs [0015] to [0016], [0045] to [0047] & WO 2009/116305 A1	1-8
A	JP 2009-256788 A (Hitachi Metals, Ltd.), 05 November 2009 (05.11.2009), paragraphs [0018] to [0021] (Family: none)	1-8
P,A	WO 2014/133077 A1 (Mitsubishi Materials Corp.), 04 September 2014 (04.09.2014), entire text; all drawings & JP 2014-194074 A	1-8
P,A	WO 2014/133079 A1 (Mitsubishi Materials Corp.), 04 September 2014 (04.09.2014), entire text; all drawings & JP 2014-194075 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. B22F3/11(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F1/02(2006.01)i, C22C1/04(2006.01)i, C22C1/08(2006.01)i, C22C21/00(2006.01)i

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））  
 Int.Cl. B22F3/11, B22F1/00, B22F1/02, C22C1/04, C22C1/08, C22C21/00

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 1971-2015年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2015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	WO 2010/116679 A1（三菱マテリアル株式会社）2010.10.14, [0066]-[0086] & JP 2010-255089 A & US 2012/0094142 A1 & US 2012/0107166 A1 & WO 2010/116682 A1 & EP 2415542 A1 & EP 2415543 A1 & KR 10-2011-0122207 A & CN 102365143 A	1-8
A	JP 2011-214049 A（三菱マテリアル株式会社）2011.10.27, 【0031】 - 【0055】（ファミリーなし）	1-8

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	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 17.06.2015	国際調査報告の発送日 30.06.2015
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 田中 永一 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	4 K	9 5 3 9
--	---	-----	---------

C (続き) . 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	JP 2011-253645 A (三菱マテリアル株式会社) 2011. 12. 15, 【0041】 - 【0049】 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2012-119465 A (三菱マテリアル株式会社) 2012. 06. 21, 【0024】 - 【0036】 , 【0047】 - 【0054】 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2010-500469 A (ザ ユニバーシティー オブ クイーンズラン ド) 2010. 01. 07, 【0016】 - 【0023】 & US 2010/0183471 A1 & WO 2008/017111 A1 & EP 2056984 A1 & CA 2660484 A1 & CN 101594954 A	1-8
A	JP 2009-228025 A (Y K K株式会社) 2009. 10. 08, 【0015】 - 【0016】 , 【0045】 - 【0047】 & WO 2009/116305 A1	1-8
A	JP 2009-256788 A (日立金属株式会社) 2009. 11. 05, 【0018】 - 【0021】 (ファミリーなし)	1-8
P, A	WO 2014/133077 A1 (三菱マテリアル株式会社) 2014. 09. 04, 全文, 全図 & JP 2014-194074 A	1-8
P, A	WO 2014/133079 A1 (三菱マテリアル株式会社) 2014. 09. 04, 全文, 全図 & JP 2014-194075 A	1-8