

(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  
2021年9月2日(02.09.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/171747 A1

- (51) 国際特許分類:  
*B22F 3/11* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/046805
- (22) 国際出願日: 2020年12月15日(15.12.2020)
- (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 2020-032181 2020年2月27日(27.02.2020) JP
- (71) 出願人: 東邦チタニウム株式会社 (TOHO TITANIUM CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒2538510 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目3番5号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 井上 洋介 (INOUE, Yosuke); 〒2538510 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目3番5号 東邦チタニウム株式会社内 Kanagawa (JP). 津曲 昭吾 (TSUMAGARI, Syogo); 〒2538510 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目3番5号 東邦チタニウム株式会社内 Kanagawa (JP). 後藤 恭彦 (GOTO, Yasuhiko); 〒2538510 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目3番5号 東邦チタニウム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: アクシス国際特許業務法人 (AXIS PATENT INTERNATIONAL); 〒1050004 東京都港区新橋二丁目6番2号 新橋アイマークビル 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, 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, 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: METHOD FOR MANUFACTURING POROUS METAL BODY, AND POROUS METAL BODY

(54) 発明の名称: 多孔質金属体の製造方法及び、多孔質金属体

(57) Abstract: A method for manufacturing a porous metal body according to the present invention is a method for manufacturing a porous metal body containing titanium, and comprises: a surface oxidization step in which a titanium-containing powder is heated at a temperature of 250°C or higher for 30 minutes or longer under an oxygen-containing atmosphere to produce a surface-oxidized powder; and a sintering step in which the surface-oxidized powder is accumulated in a dry mode and is then sintered by heating at a temperature of 950 ° C or higher under a pressure-reduced atmosphere or an inert atmosphere.

(57) 要約: この発明の多孔質金属体の製造方法は、チタンを含有する多孔質金属体を製造する方法であって、酸素を含有する雰囲気中で、チタン含有粉末を250°C以上の温度に30分以上にわたって加熱し、表面酸化粉末を得る表面酸化工程と、前記表面酸化粉末を乾式で堆積させ、当該表面酸化粉末を減圧雰囲気もしくは不活性雰囲気の下、950°C以上の温度に加熱して焼結させる焼結工程とを含む。



WO 2021/171747 A1

## 明 細 書

**発明の名称**：多孔質金属体の製造方法及び、多孔質金属体

### 技術分野

[0001] この発明は、チタンを含有する多孔質金属体の製造方法及び、多孔質金属体に関するものである。

### 背景技術

[0002] チタンやチタン合金は、その表面に不動態皮膜が形成されること等により、耐食性に優れた材料であることが知られている。このような高い耐食性を利用し、たとえば、腐食され得る環境下で使用されて所要の通気性もしくは通液性が求められる多孔質の導電材料等に、チタン又はチタン合金を用いることが期待される。

[0003] チタンを含有する多孔質金属体に関し、従来は、特許文献1等に記載された技術がある。特許文献1には、湿式法による多孔質金属体の製造方法が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2013/035690号

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] チタンを含有する多孔質金属体を製造するには、チタン含有粉末を加熱して当該チタン含有粉末どうしを焼結させることにより、その焼結体として多孔質金属体を得ることができる。

[0006] ここで一般に、このような多孔質金属体では、曲げ強度等の強度を高めようとするれば、通気性もしくは通液性が低下する。これはすなわち、多孔質金属体の製造時に、チタン含有粉末を大きな加圧力の作用下で焼結させた場合は、多孔質金属体が緻密な焼結体となり、強度は向上するも通気性もしくは通液性が低下するからである。したがって、多孔質金属体の強度と通気性も

しくは通液性とは、相反する関係にあるといえる。それ故に、これまでは、用途等に応じて必要になる比較的高い強度と、所定の気体もしくは液体を良好に通すことができる程度の通気性もしくは通液性とを兼ね備えた多孔質金属体を製造することが困難であった。

[0007] 特許文献1に記載された技術では、多孔質金属体を製造するに当り、湿式法を採用している。この場合、加熱焼結で、乾燥体に含まれる粉末どうしがそのまま結合することによって多孔質金属体になることから、上述した相反関係は避けられず、強度と通気性もしくは通液性とを両立させることができない。

[0008] この発明の目的は、強度と通気性もしくは通液性とを比較的高い次元で両立させることができる多孔質金属体の製造方法及び、多孔質金属体を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0009] 発明者は鋭意検討の結果、焼結前において、酸素を含有する雰囲気下でチタン含有粉末を別途加熱処理し、その表面に酸化物層を形成しておくことを案出した。そしてその後、このような表面に酸化物層を有する表面酸化粉末を所定の温度で加熱して焼結させると、焼結体として得られる多孔質金属体の強度が向上することを見出した。これは、焼結時に、表面酸化粉末の表面における酸化物層中の酸素が当該粉末の内部に固溶拡散して強化されることによるものと考えられる。特に、原料である粉末同士が接触し焼結により結合する部分においても酸素の固溶拡散効果が確保され、焼結により得られる多孔質金属体の高強度化が達成されることが考えられる。但し、この発明は、このような理論に限定されるものではない。これを利用すれば、粉末を必要以上に緻密に焼結しなくても、比較的高い強度の多孔質金属体を得られるので、多孔質金属体の所要の通気性もしくは通液性を確保しつつ、強度を向上させることができる。

[0010] この発明の多孔質金属体の製造方法は、チタンを含有する多孔質金属体を製造する方法であって、酸素を含有する雰囲気下で、チタン含有粉末を25

0℃以上の温度に30分以上にわたって加熱し、表面酸化粉末を得る表面酸化工程と、前記表面酸化粉末を乾式で堆積させ、当該表面酸化粉末を減圧雰囲気もしくは不活性雰囲気の下、950℃以上の温度に加熱して焼結させる焼結工程とを含むものである。

- [0011] 前記表面酸化工程で用いる前記チタン含有粉末の平均粒径は15 μm～90 μmであることが好ましい。
- [0012] 前記焼結工程では、前記表面酸化粉末を、少なくともその堆積方向に加圧せずに堆積させて焼結することができる。
- [0013] 前記表面酸化工程では、前記チタン含有粉末のチタン含有量が75質量%以上、鉄含有量が0.08質量%以下、酸素含有量が0.40質量%以下、炭素含有量が0.02質量%以下であることが好ましい。
- [0014] この発明の多孔質金属体は、チタン含有量が75質量%以上、鉄含有量が0.08質量%以下、酸素含有量が0.40質量%～0.80質量%、炭素含有量が0.001質量%～0.03質量%、固溶酸素量が0.35質量%～0.70質量%であるものである。
- [0015] 上記の多孔質金属体は、厚みが5.0mm以下のシート状とする場合がある。
- [0016] 上記の多孔質金属体は、空隙率が30%～70%であることが好ましい。

### 発明の効果

- [0017] この発明によれば、多孔質金属体の強度と通気性もしくは通液性とを比較的高い次元で両立させることができる。

### 図面の簡単な説明

- [0018] [図1]比較例6として作製した多孔質金属体の写真である。  
[図2]実施例3として作製した多孔質金属体の写真である。

### 発明を実施するための形態

- [0019] 以下に、この発明の実施の形態について詳細に説明する。

この発明の一の実施形態に係る多孔質金属体の製造方法は、チタンを含有する多孔質金属体を製造する方法であって、酸素を含有する雰囲気下で、チ

タン含有粉末を250℃以上の温度に30分以上にわたって加熱し、表面酸化粉末を得る表面酸化工程と、前記表面酸化粉末を乾式で堆積させ、当該表面酸化粉末を減圧雰囲気もしくは不活性雰囲気の下、950℃以上の温度に加熱して焼結させる焼結工程とが含まれる。

[0020] (チタン含有粉末)

はじめに、チタン含有粉末を準備する。チタン含有粉末としては、チタンを含有するものであれば様々な粉末とすることができるが、たとえば、純チタン粉末、チタン合金粉末を用いることができる。ここでいう純チタン粉末は実質的にチタンのみからなる粉末であってよく、チタン合金粉末はチタン及び合金元素を含む粉末である。

例えば、チタン合金は、チタンとFe、Sn、Cr、Al、V、Mn、Zr、Mo等の金属（合金元素）との合金であり、具体例としては、Ti-6-4 (Ti-6Al-4V)、Ti-5Al-2.5Sn、Ti-8-1-1 (Ti-8Al-1Mo-1V)、Ti-6-2-4-2 (Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.1Si)、Ti-6-6-2 (Ti-6Al-6V-2Sn-0.7Fe-0.7Cu)、Ti-6-2-4-6 (Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo)、SP700 (Ti-4.5Al-3V-2Fe-2Mo)、Ti-17 (Ti-5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr)、β-CEZ (Ti-5Al-2Sn-4Zr-4Mo-2Cr-1Fe)、TIMETAL555、Ti-5553 (Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr-0.5Fe)、TIMETAL21S (Ti-15Mo-2.7Nb-3Al-0.2Si)、TIMETAL LCB (Ti-4.5Fe-6.8Mo-1.5Al)、10-2-3 (Ti-10V-2Fe-3Al)、Beta C (Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Cr)、Ti-8823 (Ti-8Mo-8V-2Fe-3Al)、15-3 (Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn)、Betalll (Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn)、Ti-13V-11Cr-3Al等が挙げられる。なお、上記において、各合金金属の前に付されている数字は

、含有量（質量％）を指す。例えば、「Ti-6Al-4V」とは、合金金属としては、6質量％のAlと4質量％のVとを含有するチタン合金を指す。

[0021] 上述した純チタン粉末とは、チタンの含有量が95質量％以上である粉末を意味する。チタン含有粉末のなかでも、純チタン粉末として具体的には、たとえばスポンジチタンを水素化して粉砕した後に脱水素して得られる水素化脱水素チタン粉末（いわゆるHDHチタン粉末）や、上記の破砕後に脱水素を行わなかった水素化チタン粉末等が挙げられる。純チタン粉末である上記水素化チタン粉末では水素含有量が5質量％まで許容される。

チタン含有粉末の平均円形度は、0.93以下であることが好ましい。平均円形度を0.93以下とすることで多孔質金属体の良好な透気度と空隙率の並立を図る。平均円形度が0.93を超えることはチタン含有粉末が球形に近づきすぎることの意味する。すなわち、多孔質金属体の空隙率が不十分となり、粉末同士の接触点を十分に確保できないため所望の強度を達成できない懸念がある。チタン含有粉末の平均円形度は、好ましくは0.91以下であり、より好ましくは0.89以下である。

チタン含有粉末の平均円形度は次のようにして求める。電子顕微鏡を使用して粒子の投影面積の周囲長（A）を測定し、前記投影面積と等しい面積の円の周囲長（B）との比を円形度（ $B/A$ ）とする。平均円形度は、セル内にキャリア液とともに粒子を流し、CCDカメラで多量の粒子の画像を撮り込み、1000～1500個の個々の粒子画像から、各粒子の投影面積の周囲長（A）と投影面積と等しい面積の円の周囲長（B）を測定して円形度（ $B/A$ ）を算出し、各粒子の円形度の平均値として求める。上記円形度の数値は粒子の形状が真球に近くなるほど大きくなり、完全な真球の形状を有する粒子の円形度は1となる。逆に、粒子の形状が真球から離れるにつれて円形度の数値は小さくなる。

[0022] チタン含有粉末は、純チタン粉末のみとすることができる。あるいは、チタン含有粉末は、チタンと合金元素を含むチタン合金粉末とすることも可能

である。製造しようとする多孔質金属体の組成等に応じて、それらの粉末を適宜選択する。チタン含有粉末における金属の質量比は、たとえば、チタン：合金元素＝100：0～75：25とすることができる。

[0023] チタン含有粉末のチタン含有量は、75質量%以上、鉄含有量は0.08質量%以下であることが好ましい。たとえば多孔質金属体が導電材料として用いられる場合、鉄はそのような多孔質金属体で不純物とみなされることがあり、鉄含有量が十分に少ないことが求められる場合がある。チタン含有粉末の鉄含有量は、0.06質量%以下であることがより一層好ましい。チタン含有粉末の鉄含有量は典型的には、0.02質量%～0.04質量%である。

[0024] チタン含有粉末の酸素含有量は、好ましくは0.40質量%以下であり、より好ましくは0.15質量%～0.30質量%である。この酸素含有量であれば、一般的に市場に流通しているHDHチタン粉末を適用可能である。

[0025] 多孔質金属体の炭素含有量は、ある程度少ないことが要求される場合がある。このような観点から好ましくは、チタン含有粉末の炭素含有量は、0.02質量%以下、特に0.01質量%以下である。また、チタン含有粉末の炭素含有量は、0.005質量%～0.02質量%であることが好ましい。この実施形態では後述するように、先述の特許文献1で用いられているようなスラリーを使用しないので、炭素含有量の少ないチタン含有粉末を使用すると、炭素含有量の少ない多孔質金属体を製造することができる。

チタン含有粉末の窒素含有量は、化学的に極めて安定な窒化チタンの存在により焼結が阻害されることを防ぐ観点から、0.02質量%以下であることが好ましく、たとえば0.001質量%～0.02質量%が好ましい。

[0026] チタン含有粉末の平均粒径は、15 $\mu\text{m}$ ～90 $\mu\text{m}$ とすることが好ましい。このような平均粒径のチタン含有粉末を用いることにより、強度と通気性を高い次元で両立するチタン含有多孔質金属体を得られる。より好ましくは、平均粒径が16 $\mu\text{m}$ ～30 $\mu\text{m}$ であるチタン含有粉末を用いる。平均粒径は、レーザー回折散乱法によって得られた粒度分布（体積基準）の粒子径D

50（メジアン径）を意味する。

[0027]（表面酸化工程）

表面酸化工程では、上述したようなチタン含有粉末を、酸素が含まれる雰囲気、たとえば大気雰囲気下で、250℃以上の温度に30分以上にわたって加熱する。これにより、チタン含有粉末は、その表面に、二酸化チタン等のチタン酸化物を含む酸化物層が形成された表面酸化粉末になる。表面酸化粉末はチタン含有粉末より酸素濃度が高くなる。よって、酸素濃度の上昇は酸化物層のおおよその厚さを把握する指標として利用できる。表面酸化工程でチタン含有粉末を加熱する際の雰囲気中の酸素濃度は、たとえば18体積%以上とすることができる。

[0028] チタン含有粉末の加熱温度が250℃を下回ると、チタン含有粉末の表面への酸化物の形成が不十分になる。それ故に、加熱温度は250℃以上とし、好ましくは300℃以上である。また、加熱温度は、たとえば450℃以下、典型的には400℃以下、さらには350℃以下とすることがある。加熱温度をこの程度に温度を抑えることにより、焼結を阻害する膜の形成等が適切に抑制されて、後述の焼結工程で表面酸化粉末を良好に焼結させることができる。

[0029] 上記の加熱温度の保持時間が短すぎても、チタン含有粉末の表面への酸化物の形成が不十分になる。そのため、保持時間は30分以上とし、保持時間は600分以下とすることが好ましい。保持時間の上限側は、たとえば480分以下、典型的には360分以下とし、これにより、効率的にチタン含有粉末の表面に酸化被膜等の酸化物層を付与することが可能である。さらに保持時間は180分以下、特に120分以下とすることもある。

[0030]（焼結工程）

焼結工程にて、上記の表面酸化工程で得られた表面酸化粉末を、液体中（湿式）ではなく乾式で、たとえば成型型の底部等の平面上に堆積させ、その状態で当該表面酸化粉末を減圧雰囲気または不活性雰囲気の下、950℃以上の温度に加熱して焼結させる。これにより、焼結体として多孔質金属体を

製造することができる。原料である粉末同士が接触し焼結により結合することにより多くの箇所酸素の固溶拡散効果を確保するため、通常、表面酸化粉末のみを乾式で堆積させる。

[0031] 焼結工程では、 $\beta$ 変態点より高い温度まで加熱する。例えば純チタンでは $950^{\circ}\text{C}$ であれば $\beta$ 変態点より高い温度となる。焼結工程では、 $950^{\circ}\text{C}$ 以上の温度に表面酸化粉末を加熱することにより、はじめに、表面酸化粉末の各粒子の表面に存在する酸化物層中の酸素が、当該粒子の内部に固溶して拡散する。次いで、内部拡散により表面の酸化物層が消失した後、隣り合う粒子間でその表面のチタンが拡散して結合し焼結が起こる。その結果、原料として使用した表面酸化粉末の各粒子の内部の深い位置にまで酸素が行き渡った状態で粉末が焼結するので、焼結体として高い強度を有する多孔質金属体を得られる。

[0032] 仮に、表面酸化粉末ではなく純チタン粉末を用いて焼結を行った場合、その焼結後に酸化処理を施しても純チタン粉末を構成していた各粒子の内部の深くまで酸素が到達せず、この発明の実施形態のような酸素固溶強化は見込めない。焼結体形成後に更なる焼結を行うと、過剰な焼結により空隙が減少して、通気性もしくは通液性が低下するおそれがある。

また仮に、表面酸化粉末ではなく既存の酸化チタン粉末と純チタン粉末を混合して焼結を行った場合、酸化チタン粉末の粒径が純チタン粉末よりも微細であるために両粉末の均一な混合が難しく、酸化チタン粉の凝集が生じ、焼結後には酸化チタン粉の凝集箇所に酸素が局在するため、この発明の実施形態のような酸素固溶強化は見込めない。それにより、この場合も、所望の強度と通気性もしくは通液性を両立させることができない。

[0033] 焼結を始めるに当たっては、事前に、平面上に表面酸化粉末を堆積させる。このとき、所定の通気性もしくは通液性を有する多孔質金属体とするため、表面酸化粉末を、少なくともその堆積方向に加圧せずに堆積させることが好ましい。堆積方向に意図的に加圧すると、焼結後に緻密な多孔質金属体となって、通気性もしくは通液性が低下するからである。

[0034] 表面酸化粉末の堆積手法の一例として、より詳細には、たとえば、底面上に周囲を取り囲む所定の高さの側壁が設けられたカーボン製等の容器状の焼結用セッターないし型を用いて、当該焼結用セッターの底面である平面上で側壁の内側に、その上方側から表面酸化粉末を振り落として堆積させる。焼結用セッターの側壁内の平面上に表面酸化粉末をある程度堆積させた後は、平板状のヘラ等を側壁の上面に沿わせて移動させ、側壁の上面よりも上方側に盛り上がった表面酸化粉末の一部を、側壁の外部に除去する。この際に、表面酸化粉末はその堆積方向には意図的には加圧されない。これにより、表面酸化粉末を、焼結用セッターの側壁の内側に、その側壁の高さ分だけ堆積させることができる。この表面酸化粉末を焼結用セッターごと炉内に入れて加熱することで、容器状の焼結用セッターの内部空間に対応するシート状等の形状の多孔質金属体が得られる。シート状の多孔質金属体の厚みは、焼結用セッターの側壁の高さの変更等により調整することができる。

[0035] この実施形態では、焼結工程で表面酸化粉末の焼結を真空等の減圧雰囲気下もしくは不活性雰囲気で行う。これにより、焼結時にチタン粉末が過剰に酸化されるのを防ぐことができる。具体的には、たとえば真空炉内で真空度を $10^{-4}\text{Pa}$ ～ $10^{-2}\text{Pa}$ に到達させて、減圧雰囲気下で焼結を行うことができる。また例えば、雰囲気をアルゴンガスとした状態で、不活性雰囲気にて焼結を行うことができる。なお、本実施形態の焼結において窒素ガスは不活性ガスには該当しない。

[0036] 焼結工程では、焼結時の最高到達温度を $950^{\circ}\text{C}$ 以上とする。これを $950^{\circ}\text{C}$ 未満とすると、酸化物層の分解が不十分となり多孔質金属体内の酸素分布がより不均一になり多孔質金属体の強度が適切に高くないおそれがある。前記最高到達温度は $1000^{\circ}\text{C}$ 以上とすることが好ましい。一方、最高到達温度は、好ましくは $1200^{\circ}\text{C}$ 以下、より好ましくは $1100^{\circ}\text{C}$ 以下とすることができる。このように温度を高くし過ぎないことにより、過剰な焼結の進行を防ぐことができる他、多孔質金属体と焼結用セッターの反応を抑制することができる。

[0037] また焼結工程では、上記の最高到達温度を30分～480分、さらには60分～360分にわたって保持することが好適である。すなわち、例えば上記のように950℃以上である時間を30分～480分、さらには60分～360分にわたって保持することが好適である。最高到達温度の保持時間を短くし過ぎないことにより、表面酸化粉末の表面の酸化物層が消失した後に隣り合う表面酸化粉末のチタンどうしを十分強固に結合させ、多孔質金属体の強度をより一層大きく高めることができる。また、保持時間を長くし過ぎないことにより、過度な焼結による多孔質金属体の緻密化が抑えられて、多孔質金属体が所要の通気性もしくは通液性を良好に発揮することができるようになる。

[0038] (多孔質金属体)

上述したようにして製造され得る多孔質金属体は、従来はトレードオフであった強度と通気性もしくは通液性が比較的高い次元で両立されたものになる。

[0039] このような多孔質金属体は、先述したように製造時の焼結工程前に表面酸化工程が行われたこと等に起因して、固溶酸素量が0.35質量%～0.70質量%であり、好ましくは0.37質量%～0.60質量%、より好ましくは0.37質量%～0.55質量%である。ここで、固溶酸素量とは、多孔質金属体全体の酸素濃度から表面酸素濃度を減じた値を意味する。この多孔質金属体全体の酸素濃度としては、不活性ガス溶融-赤外線吸収法により測定した値を使用する。また、表面酸素濃度としては、Krガスを使用したBET法にて求めた比表面積 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) に表面酸化膜の厚みおよび酸素濃度を乗じて求めた値を使用する。この時、表面酸化膜の厚みには10nm、表面酸化膜中の酸素濃度は40質量%と仮定して計算を行い、この場合、比表面積 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) に、係数1.71を乗じた値が表面酸素濃度 (質量%) となる。BET法による表面積の測定には、たとえば、マイクロトラック・ベル社製のBELSORP-Max等を使用することができる。

[0040] 多孔質金属体の組成はチタン合金であってよく、チタンの割合は75質量

%以上としてよい。また、チタン合金製ではなくチタン製の多孔質金属体である場合は、多孔質金属体のチタンの割合が98質量%以上としてよい。チタン製の多孔質金属体では鉄含有量は0.08質量%以下であることが好ましいことがある。チタン合金製の多孔質金属体においても鉄含有量を0.08質量%以下とすることができる。鉄含有量がこの程度であれば、多孔質金属体が導電材料として用いられる場合に特に好適である。多孔質金属体の鉄含有量は、0.06質量%以下であることがより一層好ましい。多孔質金属体の鉄含有量は典型的には、0.02質量%~0.04質量%である。

[0041] 多孔質金属体の酸素含有量は、好ましくは0.40質量%~0.80質量%であり、より好ましくは0.45質量%~0.65質量%である。これにより、酸素の固溶による適度な強度向上効果を得つつ、過度な強度向上による脆化を防止することができる。多孔質金属体の酸素含有量は上記固溶酸素量を含むものであるため、通常多孔質金属体の酸素含有量は上記固溶酸素量を上回る。

多孔質金属体の窒素含有量は0.2質量%以下であることが好ましく、たとえば0.001質量%~0.1質量%である。窒素含有量がこの範囲であれば、窒素の固溶による多孔質金属体の脆化を防止できると共に、耐食性に劣る窒化物形成が抑制される。

[0042] 先に述べた製造方法のように、有機溶剤を含むスラリーを用いずに、乾式により多孔質金属体を製造した場合は、当該スラリーを用いた場合に比して、多孔質金属体の炭素含有量が少なくなる。これは、少ない炭素含有量の多孔質金属体が求められる用途に用いるときに好適である。多孔質金属体の炭素含有量は、好ましくは0.03質量%以下、より好ましくは0.001質量%~0.03質量%、さらに好ましくは0.001質量%~0.02質量%である。

[0043] 多孔質金属体は、全体として外形がシート状であるものとする場合がある。この場合、厚みが5.0mm以下の薄い多孔質金属体を得ることも可能である。このような厚みが薄い多孔質金属体であっても、所要の通気性もしく

は通液性が確保されつつ、比較的高い強度を有するものになる。多孔質金属体の厚みは、0.3 mm～1.0 mmとすることがある。多孔質金属体の厚みは、シックネスゲージにて測定し、例えば、ミットヨ社製ABSデジマチックシックネスゲージ547-321などを使用して測定できる。

[0044] 多孔質金属体の空隙率は、好ましくは30%～70%、より好ましくは35%～65%である。空隙率を上述したような範囲とすることにより、用途に応じて通気性もしくは通液性を実現することができる。多孔質金属体の空隙率 $\varepsilon$ は、多孔質金属体の幅、長さ、厚みから求めた体積および質量から算出した見かけ密度 $\rho'$ と対象金属の真密度 $\rho$ （例えば、純チタンの場合は4.51 g/cm<sup>3</sup>、Ti-6Al-4Vの場合は4.43 g/cm<sup>3</sup>）を用いて下記式により測定する。

$$\varepsilon = (1 - \rho' / \rho) \times 100$$

[0045] 本実施形態では、強度と通気性もしくは通液性とを比較的高い次元で両立させることができる。強度は曲げ強度、通気性もしくは通液性は透気度で代表できるものの、両者がどの程度、高い次元で両立できているかを評価する指標があると望ましい。そこで、表面酸化処理や酸化チタン粉末の混合などの特殊な処理を何ら施していないHDHチタン粉末（チタン含有量99質量%以上、D50：18 $\mu$ m、D90：28 $\mu$ m、平均円形度0.89以下）を使用して多孔質金属体を製作し、曲げ強度B（MPa）と透気度P（ $\mu$ m / (Pa $\cdot$ s)）を実測した値を整理すると、両者の間には下式の関係が成り立つことがわかった。

$$B = 0.81 \times 10^6 \cdot (P \cdot t^{0.33})^{-1.902} = k \cdot (P \cdot t^{0.33})^{-1.902}$$

tは多孔質金属体の厚み（mm）で、透気度Pに $t^{0.33}$ を乗ずることで、厚みの影響を反映することができる。kは係数で、透気度Pが一定であれば係数kが大きいほど曲げ強度Bが大きくなる、即ち、強度と通気性が比較的高い次元で両立していると見做せる。よって、係数kの大小によって、多孔質金属体の強度が向上し、強度と通気性の両立の次元が高まったことを評価可能である。なお、係数kの自然科学における意味は必ずしも明らかではない

が、チタン含有粉末同士の結合の強固さを表す指標と理解できる。本発明では、固溶酸素量を増大することで係数kの値を適切に向上させ、厚みに対する比較的高い強度と透気度を実現できる。

[0046] 本実施形態で得られるチタン含有多孔質金属体のk（下式で求められる）は、好ましくは $1.1 \times 10^6 \sim 10.0 \times 10^6$ 、より好ましくは $1.5 \times 10^6 \sim 5.0 \times 10^6$ である。さらにkは、その下限側は $1.6 \times 10^6$ 以上であることが特に好ましい。

$$k = B / ( (P \cdot t^{0.33})^{-1.902} )$$

[0047] 多孔質金属体の曲げ強度は、三点曲げ試験にて測定する。三点曲げ試験に供する多孔質金属体は幅15mm、長さ60mmとし、圧子径は5mm、支点径は5mm、支点間距離は25mmとする。透気度はガーレー式デンソメータを使用して測定する。空気容量と空気透過穴径は、空気の透過時間が3～100秒の範囲に収まるよう、任意の値を選択する。

[0048] 上記の係数kを算出する際には、三点曲げ試験に島津製作所社製の万能試験機、透気度測定に東洋精機製作所社製のガーレー式デンソメータをそれぞれ用いることができる。

## 実施例

[0049] 次に、この発明の多孔質金属体の製造方法により多孔質金属体を試作したので説明する。但し、ここでの説明は単なる例示を目的としたものであり、これに限定されることを意図するものではない。

[0050] (試験例1)

粒度分布がD50:18 $\mu$ m、D90:28 $\mu$ mであり、酸素含有量が0.26質量%であるHDHチタン粉末（チタン含有量は99質量%以上、平均円形度は0.89以下）を準備した。

[0051] このHDHチタン粉末を大気雰囲気下（酸素濃度18体積%以上）で、200℃で加熱した場合と、250℃で加熱した場合と、300℃で加熱した場合と、350℃で加熱した場合とのそれぞれで得られた粉末の酸素含有量を測定した。なお、当該温度に加熱した時間はいずれも60分または180

分とした。当該加熱処理後の粉末の酸素濃度を求め、表1にその結果を記載した（表1中「-」は測定していないことを示す）。なお、HDHチタン粉末の鉄含有量は0.04質量%以下、炭素含有量は0.01質量%以下、窒素含有量は0.02質量%以下であった。

[0052] その結果、上記HDHチタン粉末に対し、200℃で加熱して得られた粉末では、酸素含有量が1.2倍とほとんど上昇しなかったが、250℃以上で加熱して得られた粉末では、酸素含有量が1.4倍～2.4倍程度に上昇していた。したがって、250℃以上で加熱した場合は、HDHチタン粉末の粒子表面に酸化物層が良好に形成されたと考えられる。

[0053] [表1]

	0%	
酸化処理	1h	3h
200℃	0.32	-
250℃	0.36	-
300℃	0.43	0.47
350℃	0.54	0.61

[0054] (試験例2)

表2に示す粒径、酸素含有量0.26質量%のHDHチタン粉末を準備した。なお、HDHチタン粉末の鉄含有量は0.04質量%以下、炭素含有量は0.01質量%以下、窒素含有量は0.02質量%以下であった。また、チタン含有量は99質量%以上、チタン含有粉末の平均円形度は0.89以下であった。

[0055] 実施例1～9では、上記のHDHチタン粉末を大気雰囲気（酸素濃度18体積%以上）の下、表2に示す温度及び時間で加熱して、表面に酸化物層が形成された表面酸化粉末とした。その後、表面酸化粉末を、側壁付きの焼結用セッター内に乾式で堆積させ、これを表2に示す条件で加熱して焼結させて、厚み0.3mmの多孔質金属体を得た。焼結用セッターとしては、側壁の内側の底面が縦100mm、横100mmの寸法で、側壁の高さが0.35mmであるものを用いた。この焼結用セッターで、表面酸化粉末を側壁の

内側で底面上に振り落として堆積させた後、平板状のヘラで側壁の上面よりも上方側に盛り上がった表面酸化粉末の一部を除去した。その後の焼結では減圧雰囲気とし、その真空度を $10^{-3}$ パスカル台とした。

[0056] 実施例10から13では、上記のHDHチタン粉末を大気雰囲気（酸素濃度18体積%以上）の下、表2に示す温度及び時間で加熱して、表面に酸化物層が形成された表面酸化粉末とした。その後、表面酸化粉末を、側壁付きの焼結用セッター内に乾式で堆積させ、これを表2に示す条件で加熱して焼結させて、厚み0.6mm、1.0mmの多孔質金属体を得た。焼結用セッターとしては、側壁の内側の底面が縦100mm、横100mmの寸法で、側壁の高さが、それぞれ0.70mm、1.20mmであるものを用いた。その他の条件は、実施例1～9と同じとした。

[0057] 実施例14は、焼結時の温度を1050℃としたことを除いて、実施例1と同様にして、多孔質金属体を作製した。

[0058] 実施例15、16では、上記のHDHチタン粉末と実質的に粒径のみが異なるHDHチタン粉末を用い、表2に示した条件を採用して多孔質金属体を作製した。その他の条件は、実施例1～9と同様とした。

[0059] 比較例1～4では、上記のHDHチタン粉末の表面酸化を行わずに加熱して焼結したことを除いて、実質的に実施例と同様にして多孔質金属体を作製した。

比較例5では、表2に示すように、焼結温度を900℃に変更したことを除いて、実施例1と同様にして多孔質金属体を作製した。

[0060] 比較例6では、上記のHDHチタン粉末と酸化チタン粉末（東邦チタニウム社製（HYO210）であり、二酸化チタン純度が99.9質量%以上、D50が $2.3\mu\text{m}$ である。）を質量比99.5：0.5で混合し、この混合粉末を加熱して焼結したことを除いて、実施例3と同様にして多孔質金属体を作製した。比較例6の多孔質金属体は、図1に示すように、表面に黒いシミが点在していた。これに対し、実施例3の多孔質金属体は、図2に示すように、そのようなシミが見当たらなかった。

[0061] [表2]

	HDHチタン粉末		厚みt mm	表面酸化条件	焼結条件
	D50	D90			
実施例1	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	300°C×1h	1000°C×1h
実施例2	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	300°C×1h	1000°C×6h
実施例3	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	300°C×1h	1000°C×3h
実施例4	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	300°C×3h	1000°C×1h
実施例5	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	300°C×3h	1000°C×3h
実施例6	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	350°C×1h	1000°C×1h
実施例7	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	350°C×1h	1000°C×3h
実施例8	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	350°C×3h	1000°C×1h
実施例9	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	350°C×3h	1000°C×3h
実施例10	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.6	300°C×1h	1000°C×1h
実施例11	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.6	300°C×1h	1000°C×3h
実施例12	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	1.0	300°C×1h	1000°C×1h
実施例13	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	1.0	300°C×1h	1000°C×3h
実施例14	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	300°C×1h	1050°C×1h
実施例15	30 $\mu$ m	47 $\mu$ m	0.6	350°C×3h	1000°C×1h
実施例16	72 $\mu$ m	110 $\mu$ m	0.5	350°C×3h	950°C×1h
比較例1	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	なし	900°C×1h
比較例2	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	なし	1000°C×1h
比較例3	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	なし	1000°C×3h
比較例4	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	なし	1000°C×6h
比較例5	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	300°C×1h	900°C×1h
比較例6	18 $\mu$ m	28 $\mu$ m	0.3	TiO <sub>2</sub> 粉添加	1000°C×3h

[0062] 上述した実施例1～16及び比較例1～6のそれぞれで得られた多孔質金属体について、先述した空隙率、酸素含有量、固溶酸素量及び係数kを算出した。その結果を表3に示す。なお、実施例1～16及び比較例1～6のそれぞれで得られた多孔質金属体について、チタン含有量は98質量%以上、鉄含有量は0.04質量%以下、炭素含有量は0.01質量%以下、窒素含有量は0.02質量%以下であった。

[0063]

[表3]

	空隙率	透気度	透気度 $P \cdot t^{0.33}$	三点曲げ強度	表面酸化粉末酸素	多孔体酸素	表面酸素	固溶酸素	係数k
	%	$\mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	$\mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s}) \cdot \text{mm}^{0.33}$	MPa	mass%	mass%	mass%	mass%	$10^{-6}$
実施例1	49	182.0	122	144	0.43	0.46	0.11	0.35	1.3
実施例2	34	101.0	68	459	0.43	0.46	0.07	0.39	1.4
実施例3	52	188.3	127	224	0.43	0.50	0.12	0.38	2.2
実施例4	51	260.9	175	135	0.47	0.56	0.12	0.44	2.5
実施例5	40	140.0	94	253	0.47	0.58	0.09	0.49	1.4
実施例6	46	169.9	114	218	0.54	0.57	0.10	0.47	1.8
実施例7	47	123.4	83	337	0.55	0.59	0.11	0.48	1.5
実施例8	46	175.0	118	185	0.61	0.67	0.10	0.57	1.6
実施例9	47	131.0	88	311	0.60	0.68	0.11	0.57	1.6
実施例10	48	102.0	86	278	0.43	0.57	0.11	0.46	1.3
実施例11	43	100.0	84	261	0.43	0.58	0.10	0.48	1.2
実施例12	45	94.0	94	230	0.43	0.56	0.10	0.46	1.3
実施例13	39	89.0	89	251	0.43	0.59	0.09	0.50	1.3
実施例14	38	110.0	74	401	0.43	0.52	0.07	0.45	1.4
実施例15	43	224.0	189	156	0.48	0.52	0.08	0.44	3.3
実施例16	60	488.0	388	36	0.35	0.41	0.04	0.37	3.0
比較例1	60	264.1	178	47	0.26	0.33	0.17	0.16	0.9
比較例2	51	149.0	100	110	0.26	0.35	0.12	0.23	0.7
比較例3	41	110.0	74	210	0.26	0.31	0.09	0.22	0.8
比較例4	32	82.0	55	450	0.26	0.36	0.07	0.29	0.9
比較例5	65	275.0	185	21	0.43	0.52	0.19	0.33	0.4
比較例6	45	175.0	118	59	0.45	0.57	0.12	0.45	0.5

[0064] 表3より、実施例1～16はいずれも係数 $k$ が $1.1 \times 10^6$ 以上を実現し、 $1.2 \times 10^6$ 以上と大きな値となったことから、強度と通気性がバランスよく両立できていることが解かる。すなわち、厚みが増えたとしても強度と通気性が高いレベルで両立されている。係数 $k$ については、さらに、 $1.5 \times 10^6$ 以上、 $2.0 \times 10^6$ 以上などより高い数値も実現できた。一方、比較例1～4では、表面酸化処理を行わなかったことに起因して酸素固溶強化がなされず、係数 $k$ が $0.9 \times 10^6$ 以下となった。比較例5、6では、焼結の際の温度が低かったこと、又は、二酸化チタン粉末を混合させたことにより、比較例1～4と同様に係数 $k$ が $0.9 \times 10^6$ 以下の範囲内となった。

なお、この試験結果では、実施例1～16及び比較例1～6の曲げ強度が $20\text{MPa} \sim 470\text{MPa}$ の範囲内、透気度 $P \times$ 厚み $t^{0.33}$ が $50 \sim 400$ の範囲内であった。

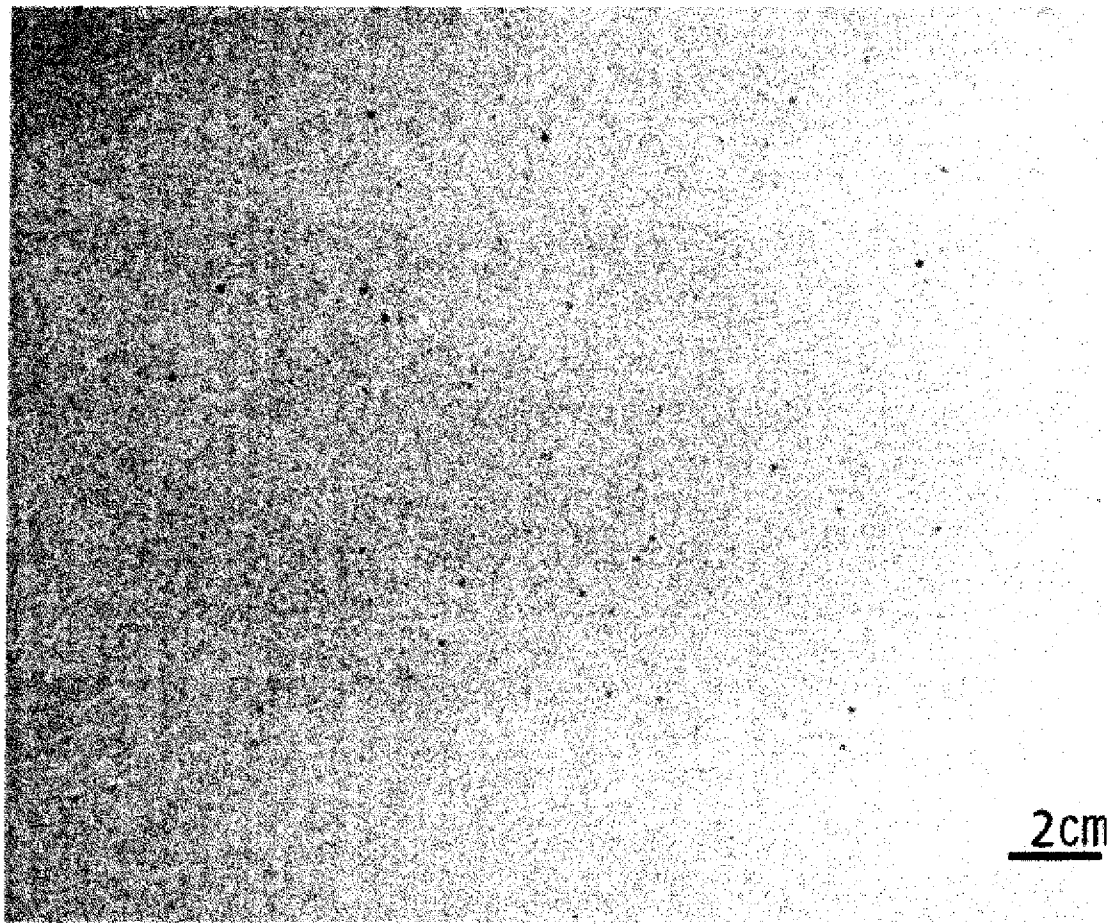
係数 $k$ が $1.1 \times 10^6$ 以上である多孔質金属体は、より高強度であることが好ましい。具体的には、3点曲げ強度は、実施例1～15のように $100\text{MPa}$ 以上であることが好ましく、特に実施例2、3、5～7、9～14のように $200\text{MPa}$ 以上であることがより好ましい。係数 $k$ が $1.1 \times 10^6$ 以上である多孔質金属体は、より透気度 $P \times$ 厚み $t^{0.33}$ の値が大きいことが好ましい。透気度 $P \times$ 厚み $t^{0.33}$ の値は、実施例1～16のように $50$ 以上が好ましく、特に実施例1、3～6、8、12、15、16のように $90$ 以上がより好ましい。

[0065] 以上より、この発明によれば、強度と通気性もしくは通液性とを比較的高い次元で両立できることが解かった。

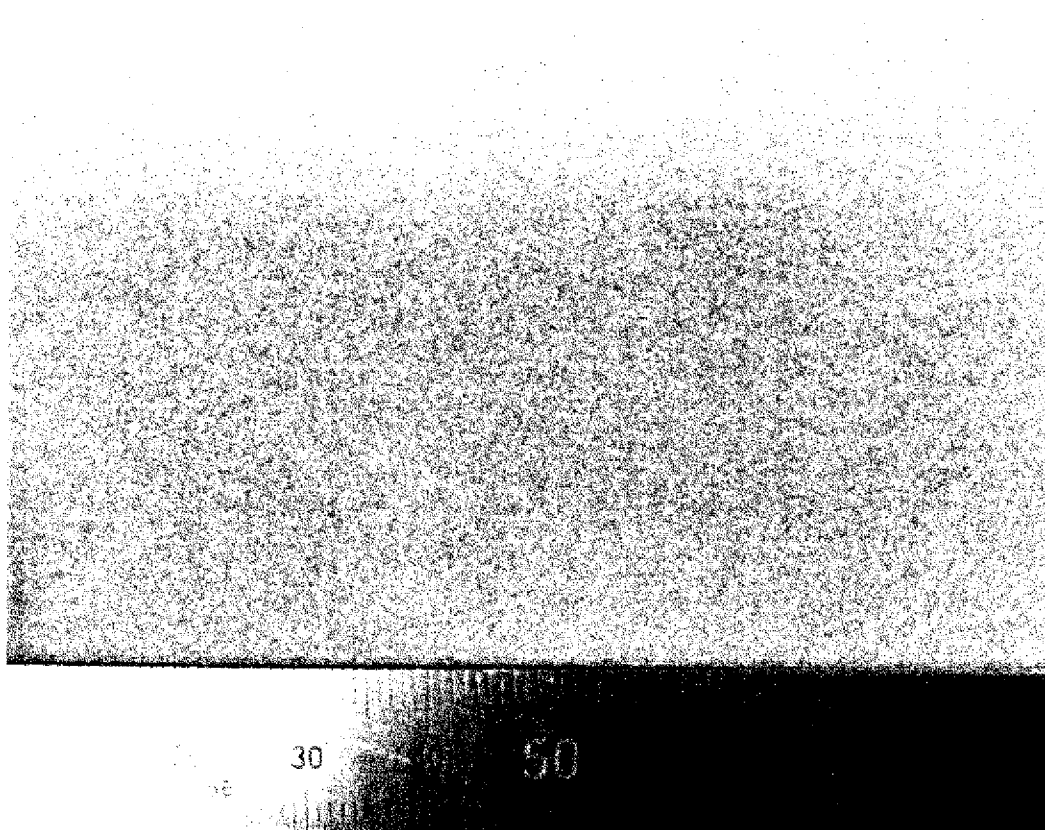
## 請求の範囲

- [請求項1] チタンを含有する多孔質金属体を製造する方法であって、  
酸素を含有する雰囲気下で、チタン含有粉末を250℃以上の温度に30分以上にわたって加熱し、表面酸化粉末を得る表面酸化工程と、  
前記表面酸化粉末を乾式で堆積させ、当該表面酸化粉末を減圧雰囲気もしくは不活性雰囲気の下、950℃以上の温度に加熱して焼結させる焼結工程とを含む、多孔質金属体の製造方法。
- [請求項2] 前記表面酸化工程で用いる前記チタン含有粉末の平均粒径が15 μm～90 μmである、請求項1に記載の多孔質金属体の製造方法。
- [請求項3] 前記焼結工程で、前記表面酸化粉末を、少なくともその堆積方向に加圧せずに堆積させて焼結する、請求項1又は2に記載の多孔質金属体の製造方法。
- [請求項4] 前記表面酸化工程で、前記チタン含有粉末のチタン含有量が75質量%以上、鉄含有量が0.08質量%以下、酸素含有量が0.40質量%以下、炭素含有量が0.02質量%以下である、請求項1～3のいずれか一項に記載の多孔質金属体の製造方法。
- [請求項5] チタン含有量が75質量%以上、鉄含有量が0.08質量%以下、酸素含有量が0.40質量%～0.80質量%、炭素含有量が0.001質量%～0.03質量%、固溶酸素量が0.35質量%～0.70質量%である多孔質金属体。
- [請求項6] 厚みが5.0mm以下のシート状である請求項5に記載の多孔質金属体。
- [請求項7] 空隙率が30%～70%である請求項5又は6に記載の多孔質金属体。

[図1]



[図2]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/046805

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. B22F3/11 (2006.01) i

FI: B22F3/11A

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)

Int.Cl. B22F3/11

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.
Y	JP 2014-084505 A (TOHO TITANIUM CO., LTD.) 12 May 2014 (2014-05-12), claims, paragraph [0032]	5-7 1-4
A	claims	
Y	JP 2012-241241 A (KONDO, Katsuyoshi) 10 December 2012 (2012-12-10), claims, paragraph [0024]	5-7
A	claims	1-4

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

08 February 2021

Date of mailing of the international search report

16 February 2021

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/JP2020/046805

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17 (2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/046805

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) Claims 1-4

Claims 1-4 have a special technical feature of a "method for producing a porous metal substance containing titanium, comprising a surface oxidation step for heating titanium-containing powder in an atmosphere containing oxygen to a temperature of 250°C or above for 30 minutes or more to obtain surface-oxidized powder, and a sintering step for depositing the surface-oxidized powder in a dry manner and heating the surface-oxidized powder in a reduced-pressure atmosphere or an inert atmosphere to a temperature of 950°C or above to sinter the same", and thus are classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 5-7

Claims 5-7 and claim 1 classified as invention 1 have a common technical feature of a "porous metal substance containing titanium". However, the technical feature is not considered to make a contribution over the prior art in light of the disclosure in document 1, and thus is not considered to be a special technical feature. Moreover, there is no other same or corresponding special technical feature between claims 3-4 and claim 1.

Further, claims 5-7 are not dependent on claim 1. Furthermore, claims 5-7 are not substantially the same as or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Therefore, claims 5-7 cannot be classified as invention 1.

Claims 5-7 have a special technical feature of a "porous metal substance having a titanium content of 75% by mass or more, an iron content of 0.08% by mass or less, an oxygen content of 0.40% by mass-0.80% by mass, a carbon content of 0.001% by mass-0.03% by mass and a solid-solute oxygen content of 0.35% by mass-0.70% by mass", and thus are classified as invention 2.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/046805

JP 2014-084505 A 12 May 2014 (Family: none)

JP 2012-241241 A 10 December 2012 (Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B22F 3/11(2006.01)i FI: B22F3/11 A		
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）） B22F3/11 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
Y	JP 2014-084505 A (東邦チタニウム株式会社) 12.05.2014 (2014-05-12)	5-7
A	特許請求の範囲、第0032段落 特許請求の範囲	1-4
Y	JP 2012-241241 A (近藤 勝義) 10.12.2012 (2012-12-10)	5-7
A	特許請求の範囲、第0024段落 特許請求の範囲	1-4
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 08.02.2021	国際調査報告の発送日 16.02.2021	
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） 米田 健志 4E 8924 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1） 請求項1-4

請求項1-4 は、

「チタンを含有する多孔質金属体を製造する方法であって、酸素を含有する雰囲気下で、チタン含有粉末を250℃以上の温度に30分以上にわたって加熱し、表面酸化粉末を得る表面酸化工程と、前記表面酸化粉末を乾式で堆積させ、当該表面酸化粉末を減圧雰囲気もしくは不活性雰囲気の下、950℃以上の温度に加熱して焼結させる焼結工程とを含む、多孔質金属体の製造方法。」

という特別な技術的特徴を有しているので、発明1 に区分する。

（発明2） 請求項5-7

請求項5-7 は、発明1 に区分された請求項1 と、「チタンを含有する多孔質金属体」という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献1 の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項3-4 と請求項1 との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項5-7 は請求項1 の従属請求項ではない。また、請求項5-7 は、発明1 に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項5-7 は発明1 に区分できない。

そして、請求項5-7 は、「チタン含有量が75質量%以上、鉄含有量が0.08質量%以下、酸素含有量が0.40質量%～0.80質量%、炭素含有量が0.001質量%～0.03質量%、固溶酸素量が0.35質量%～0.70質量%である多孔質金属体。」という特別な技術的特徴を有しているの

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2020/046805

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-084505 A	12.05.2014	(ファミリーなし)	
JP 2012-241241 A	10.12.2012	(ファミリーなし)	