

(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
2025年5月15日(15.05.2025)



(10) 国際公開番号

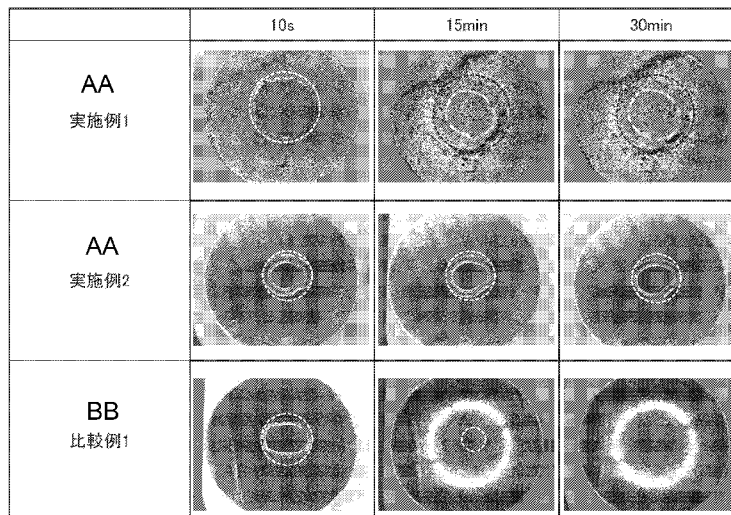
WO 2025/099878 A1

- (51) 国際特許分類:
B22F 1/00 (2022.01) *B22F 5/00* (2006.01)
B22F 3/11 (2006.01) *C22C 33/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/040289
- (22) 国際出願日: 2023年11月8日(08.11.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社レゾナック (RESONAC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1057325 東京都港区東新橋一丁目9番1号 (JP).
- (72) 発明者: 宮崎 亮一 (MIYAZAKI Ryoichi); 〒1057325 東京都港区東新橋一丁目9番1号 株式会社レゾナック内 (JP). 河田 英昭(KAWATA Hideaki); 〒1057325 東京都港区東新橋一丁目9番1号 株式会社レゾナック内 (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: IRON-BASED SINTERED BODY, SINTERED OIL-CONTAINING BEARING, AND METHOD FOR PRODUCING IRON-BASED SINTERED BODY

(54) 発明の名称: 鉄系焼結体、焼結含油軸受、及び鉄系焼結体の製造方法

【図3】



AA Example
BB Comparative example

(57) Abstract: The present disclosure pertains to an iron-based sintered body which has an air permeability of 0.01×10^{-11} to $5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$, and in which, when a lubricating oil is dropped onto the surface, the rate of change in the diameter of oil droplets is -15 to 15%.

(57) 要約: 本開示は、通気度が $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ であり、表面上に潤滑油を滴下したときに、油滴の径の変化率が -15 ~ 15% である、鉄系焼結体に関する。

[続葉有]

WO 2025/099878 A1

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

鉄系焼結体、焼結含油軸受、及び鉄系焼結体の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、鉄系焼結体、焼結含油軸受、及び鉄系焼結体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 回転軸を支持する軸受として、粉末冶金技術による焼結軸受が知られている。焼結軸受の一例である焼結含油軸受は、焼結体の気孔に潤滑油を含浸させ、自己潤滑性を持たせたすべり軸受けである（特許文献1参照）。焼結含油軸受は、無給油で長時間使用できるという利点により、家電、OA機器、自動車等の分野で広く使用されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-77474号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、優れた耐久性を有する鉄系焼結体及びその製造方法を提供する。
また、本開示は、優れた耐久性を有する焼結含油軸受を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明は、以下の実施形態を含む。本発明は以下の実施形態に限定されない。

一実施形態は、通気度が $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ であり、表面上に油を滴下したときに、油滴の径の変化率が $-15 \sim 15\%$ である、鉄系焼結体に関する。

他の一実施形態は、通気度が $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ で

あり、気孔内に、Mg、Si、及びOを含有する、鉄系焼結体に関する。

他の一実施形態は、鉄系粉末と、Mg、Si、及びOを含む粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形し、成形体を得ること；及び、前記成形体を加熱し、焼結体を得ること、を含む、鉄系焼結体の製造方法に関する。

他の一実施形態は、前記いずれかの鉄系焼結体と、潤滑油とを含む、焼結含油軸受に関する。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、優れた耐久性を有する鉄系焼結体及びその製造方法が提供される。また、本開示によれば、優れた耐久性を有する焼結含油軸受が提供される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、鉄系焼結体の一実施形態を示す模式図である。(a)は正面模式図、(b)は側面模式図、(c)は斜視模式図である。

[図2]図2は、実施例において、通気度を求めるために使用した装置の概略を示す模式図である。

[図3]図3は、実施例において観察した、表面に潤滑油が滴下された鉄系焼結体のデジタルマイクロスコープによる画像である。

[図4]図4は、実施例において使用した軸受試験機の概略を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0008] 本開示による実施形態について説明する。本発明は以下の実施形態に限定されない。また、以下の実施形態は、単独で又は組み合わせて実施することが可能である。複数の実施形態の組み合わせも本発明に含まれる。

[0009] 本開示において、「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に記載されている数値をそれぞれ最小値及び最大値として含む範囲を意味する。

本開示中に段階的に記載されている数値範囲において、ある数値範囲の上限値又は下限値は、別の数値範囲の上限値又は下限値に置き換えてもよい。本開示中に記載されている数値範囲の上限値又は下限値は、実施例に示されて

いる値に置き換えてもよい。

本開示中に段階的に記載されている上限の数値と下限の数値とから、それぞれある数値を選択し、段階的な数値範囲としてもよい。本開示中に記載されている上限の数値と下限の数値は、実施例に示されている値に置き換えてもよい。

本開示において、各成分には、該当する物質が複数種含まれていてもよい。組成物中に各成分に該当する物質が複数種存在する場合、各成分の含有率又は含有量は、特に断らない限り、組成物中に存在する当該複数種の物質の合計の含有率又は含有量を意味する。

本開示において「工程」の語には、他の工程から独立した工程に加え、他の工程と明確に区別できない工程であってもその工程の初期の作用が達成されれば、当該工程も含まれる。

本開示において、実施形態を図面を参照して説明する場合、当該実施形態の構成は図面に示された構成に限定されない。また、各図における部材の大きさは概念的なものであり、部材間の大きさの相対的な関係は図面に示した関係に限定されない。

[0010] <鉄系焼結体>

鉄系焼結体は、鉄系マトリックスと、鉄系マトリックス中に分散する気孔とを有する。鉄系焼結体は、鉄を含有し、更に銅を含有してよい。

[0011] [通気度]

いくつかの実施形態において、鉄系焼結体の通気度は、 $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ である。鉄系焼結体の通気度が $0.01 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以上であると、鉄系焼結体を含油軸受に用いた場合、摺動時に含油軸受の表面に十分な量の潤滑油が供給され、耐久性が向上しやすくなる。鉄系焼結体の通気度は、例えば、 $0.05 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以上、 $0.08 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以上、又は $0.1 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以上である。鉄系焼結体の通気度が $5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以下であると、鉄系焼結体を含油軸受に用いた場合、摺動時に含油軸受の表面に安定した油膜が形成されやすくなる。鉄系焼結体の

通気度は、例えば、 $4.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以下、 $3.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以下、 $1.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以下、又は $0.5 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 以下である。鉄系焼結体の通気度は、例えば、 $0.05 \times 10^{-11} \sim 4.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 、 $0.08 \times 10^{-11} \sim 3.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 、 $0.08 \times 10^{-11} \sim 1.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ 、又は $0.1 \times 10^{-11} \sim 0.5 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ であり得る。

[0012] 鉄系焼結体の通気度は、原料粉末の粒径、成形条件、焼結条件等を変化させることによって調整できる。例えば、原料粉末の粒径を小さくする、成形圧力を高くする、焼結温度を高くする、焼結時間を長くする等により、鉄系焼結体の通気度を小さくすることができる傾向がある。鉄系焼結体の通気度は、下記式により求めることができる。Qの測定には、例えば、図2に示す装置を使用できる。 η は、 $1.82 \times 10^{-4} \text{ g} / (\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{c})$ とする。

$$\phi = Q \cdot \eta \cdot \ln(b/a) / (2\pi \cdot L \cdot \Delta p)$$

ϕ : 通気度 (cm^2)

Q : 通気速度 ($\text{cm}^3 / \text{s} \cdot \text{c}$)

η : 空気の粘度 ($\text{g} / (\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{c})$)

L : 焼結体の長さ (cm)

Δp : 圧力差 ($\text{g} / (\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{c}^2)$)

b/a : 外径 (cm) / 内径 (cm)

[0013] 図2中、21は鉄系焼結体、22は空気遮断部材、23は通気路、24は真空ポンプ、25は真空メーター、26はエアフロメーター、aは鉄系焼結体の内径、bは鉄系焼結体の外径、Lは鉄系焼結体の長さを表す。図中の破線の波線矢印は、空気の流れを表す。

[0014] [気孔率]

鉄系焼結体の気孔率は、例えば、鉄系焼結体の体積を基準として、1～20体積%である。鉄系焼結体の気孔率が1体積%以上であると、鉄系焼結体を含油軸受に用いた場合、摺動時に含油軸受の表面に十分な量の潤滑油が供給

されやすくなる。鉄系焼結体の気孔率は、例えば、2体積%以上、5体積%以上、又は8体積%以上であってよい。鉄系焼結体の気孔率が20体積%以下であると、摺動時に含油軸受の表面に十分な厚さを有する油膜を維持しやすくなる。鉄系焼結体の気孔率は、例えば、19体積%以下、18体積%以下、又は15体積%以下であってよい。鉄系焼結体の気孔率は、例えば、1～20体積%、2～19体積%、5～18体積%、又は8～15体積%であり得る。

[0015] 鉄系焼結体の気孔率は、原料粉末の粒径、銅の含有率、成形条件、焼結条件等を変化させることによって調整できる。例えば、原料粉末の粒径を小さくする、成形圧力を高くする、焼結温度を高くする、焼結時間を長くする等により、鉄系焼結体の気孔率を小さくすることができる傾向がある。本開示において、鉄系焼結体の気孔率は開放気孔率であり、JIS Z 2501：2000に従い測定することができる。

[0016] [気孔の平均孔径]

気孔の平均孔径は、例えば、0.1～50 μm である。気孔の平均孔径が0.1 μm 以上であると、鉄系焼結体を含油軸受に用いた場合、摺動時に含油軸受の表面に十分な量の潤滑油が供給されやすくなる。気孔の平均孔径は、例えば、0.3 μm 以上、0.5 μm 以上、又は1.0 μm 以上であってよい。気孔の平均孔径が50 μm 以下であると、摺動時に含油軸受の表面に十分な厚さを有する油膜が維持されやすくなる。気孔の平均孔径は、例えば、40 μm 以下、20 μm 以下、15 μm 以下、又は10 μm 以下であってよい。気孔の平均孔径は、0.3～20 μm 、0.5～15 μm 、又は1.0～10 μm であり得る。

[0017] 気孔の平均孔径は、以下の方法により測定することができる。

鉄系焼結体を切断し、断面を鏡面研磨する。研磨面を観察し、研磨面のカラー画像を得る。研磨面の任意の測定領域に含まれる気孔のそれぞれについて面積を測定し、同等面積の真円の直径を算出する。算出した真円の直径を、その気孔の孔径とする。得られた各気孔の孔径から求められる算術平均値を

、気孔の平均孔径とする。研磨面の観察には、例えば、光学顕微鏡（株式会社ニコン製「ECLIPSE」、落射照明）を用いることができる。倍率は、例えば、100倍である。測定領域の面積は、例えば、 1.0 mm^2 である。測定する気孔の個数は、例えば、2,000個である。測定には、市販の画像解析ソフトウェアを使用してもよい。

[0018] 気孔は、孔径が $30\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の気孔を、2,000個中に5～50個の比率で含んでよい。孔径 $30\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の気孔を、気孔2,000個中に5～50個の比率で含む場合、摺動時に含油軸受の表面に十分な厚さを有する油膜が維持されやすくなる。

[0019] [油滴の径の変化率]

いくつかの実施形態において、鉄系焼結体は、以下の特性を満たす。

鉄系焼結体の表面に潤滑油を滴下したとき、油滴の径（本開示において、「油滴径」という場合がある。）の変化率が $-15\sim 15\%$ となる。

[0020] 焼結含油軸受においては、一般的に、鉄系焼結体に含まれる気孔が大きいと、潤滑油が気孔の内部から摺動面にしみ出しやすく、一方で、気孔が小さいと、潤滑油が摺動面の表面から気孔の内部に戻りにくい。従来の鉄系焼結体では、粗大気孔と微細気孔とのバランスによって摺動時の油膜の安定化、つまり、良好な自己潤滑性を図っていると考えられる。本開示において、油滴径の変化率が 15% 以下であることは、潤滑油が鉄系焼結体の表面で濡れ広がりにくいことを意味する。これは、鉄系焼結体が撥油性を有するためであると推測される。鉄系焼結体が撥油性を有すると、潤滑油が摺動時に表面から気孔の内部に戻りにくくなり、油膜が安定化する。本開示において、油滴径の変化率が -15% 以上であることは、潤滑油が鉄系焼結体にしみ込みにくいことを意味する。これも、鉄系焼結体が撥油性を有することに起因すると推測される。本開示によれば、油膜が安定し、良好な自己潤滑性が得られるため、鉄系焼結体の耐久性が向上すると考えられる。以上は推測であり、本発明はこれらによって限定されない。

[0021] 油滴径の変化率が $-15\sim 15\%$ であると、摺動時に含油軸受の表面に十分

な厚さを有する油膜が形成されやすくなり、その結果、含油軸受の焼付きが防止され、耐久性が向上すると考えられる。油滴径の変化率は、例えば、 -10% 以上、 -5% 以上、 0% 以上、又は 3% 以上であってよい。油滴径の変化率は、例えば、 13% 以下、 12% 以下、 10% 以下、又は 7% 以下であってよい。油滴径の変化率は、例えば、 $-10\sim 13\%$ 、 $-5\sim 12\%$ 、 $0\sim 10\%$ 、又は $3\sim 7\%$ であり得る。

[0022] 油滴径の変化率は、油を滴下した直後の油滴径を基準とする、滴下してから $15\sim 30$ 分が経過したいずれかの時点の油滴径の変化率であってよく、例えば、油を滴下した直後の油滴径を基準とする、滴下してから 15 分後又は 30 分後の油滴径の変化率であってよい。長い時間が経過した後の油滴径の変化率が前記範囲を満たす場合、より安定した油膜が形成される傾向がある。

[0023] 油滴径の変化率は、例えば、鉄系焼結体が気孔内にMg、Si、及びOを含む、気孔率を変化させる、通気度を変化させる、製造に用いる原料粉末がMg、Si、及びOを含む粉末を含有する等により、調整することができる。

[0024] 油滴径の変化率は、以下の方法により測定することができる。測定は、大気（ 1 気圧）中、室温（ 25°C ）で行うことができる。測定用の鉄系焼結体を用いて測定してもよい。

（１）鉄系焼結体を炭化水素溶剤により洗浄し、乾燥させる。

（２）鉄系焼結体を、下記にて油滴を形成する表面が水平になるように静置する。

（３）潤滑油（ 25°C ）を入れた精密ピペット（ $20\mu\text{L}$ ）を用意する。

（４）精密ピペットの先端を鉄系焼結体に、鉄系焼結体の表面からの距離が 5mm 以下になるように近づける。鉄系焼結体の表面に潤滑油 $20\mu\text{L}$ を滴下し、鉄系焼結体の表面に油滴を形成する。

（５）潤滑油を滴下してから 10 秒後に、油滴の外接円の直径を測定する。得られた値を直径 1mm とする。

（６）潤滑油を滴下してから $10\sim 30$ 分が経過した後に、油滴の外接円の

直径を測定する。得られた値を直径 2 (mm) とする。

(7) 下記式により、油滴径の変化率 (%) を算出する。

$$\text{油滴径の変化率 (\%)} = [(\text{直径 2} - \text{直径 1}) / \text{直径 1}] \times 100$$

[0025] 鉄系焼結体は、動粘度 (40℃) が 10~460 mm²/s であり、粘度指数が 100~300 である合成油から選択される潤滑油を用いて測定したときに、油滴径の変化率が -15~15% であればよい。測定には、例えば、動粘度 55~70 mm²/s (40℃)、粘度指数 180~200 であるエステル系合成油、又は、動粘度 63.8 mm²/s (40℃)、粘度指数 189 であるエステル系合成油を使用できる。本開示において、動粘度及び粘度指数は、JIS K 2283:2000 に従い測定することができる。或いは、鉄系焼結体は、その鉄系焼結体を用いる焼結含有軸受が含む潤滑油を使用して測定したときに、油滴径の変化率が -15~15% 以下であればよい。

[0026] 油滴の最大径の計測には、例えば、光学顕微鏡、デジタルマイクロスコープ等により油滴を観察して得た画像を用いることができる。デジタルマイクロスコープとして、例えば、株式会社キーエンス製「VHX-1000」を使用できる。倍率は、例えば 20 倍である。

[0027] [組成、金属組織]

いくつかの実施形態において、鉄系焼結体は、鉄 (Fe) を少なくとも含有し、好ましくは鉄を主成分として含有する。鉄系焼結体は、高周速用、高面圧用、又は高周速かつ高面圧用の含油軸受として用いた場合に特に良好な特性を示すことから、含油軸受用の部材に適している。鉄の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、45.0 質量%超、50.0 質量%以上、70.0 質量%以上、又は 80.0 質量%以上である。鉄の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、99.0 質量%以下、97.0 質量%以下、又は 95.0 質量%以下である。鉄の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、50.0~99.0 質量%、70.0~97.0 質量%、又は 80.0~95.0 質量%であり得る。

[0028] 鉄系焼結体は、銅 (Cu) を含有してよい。鉄系焼結体が銅を含有する場合

、鉄系焼結体の強度が向上する傾向がある。銅の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、0.1質量%以上、1.0質量%以上、2.0質量%以上、3.0質量%以上、又は5.0質量%以上である。銅の含有率が大きいほど、鉄系焼結体の強度が大きくなる傾向がある。銅の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、40.0質量%以下、30.0質量%以下、25.0質量%以下、又は20.0質量%以下である。銅の含有率は、10.0質量%以下、7.0質量%以下、又は5.0質量%以下であってもよい。銅の含有率が小さいほど、錆の発生を抑えることができる傾向がある。銅の含有率は、例えば、0.1～40.0質量%、1.0～10.0質量%、又は2.0～7.0質量%であり得る。

[0029] 鉄系焼結体は、Sn、C、Zn、Ni、P、Co、Cr、Mo、V、W、Mg、Si、及びOからなる群から選択される少なくとも1種の元素を更に含有してよい。これらの元素は、目的とする鉄系焼結体の用途に応じて、適宜選択して鉄系焼結体に含有させることができる。いくつかの実施形態において、鉄系焼結体は、Cを含有し、更にNiを含有してよい。いくつかの実施形態において、鉄系焼結体は、Snを含有し、更にZnを含有してよい。いくつかの実施形態において、鉄系焼結体は、Snを含有し、更にPを含有してよい。

[0030] 鉄系マトリックスの例としては、Fe、Fe-Mg系、Fe-Si系、Fe-Mg-Si系、Fe-C系、Fe-Ni系、Fe-Ni-C系、Fe-Sn系、Fe-Zn-Sn系、Fe-Sn-P系、Fe-P系、Fe-Cr系、Fe-Mo系等のマトリックスが挙げられる。

[0031] 鉄系マトリックスの例としては、Fe、Fe-Cu系、Fe-Cu-Mg系、Fe-Cu-Si系、Fe-Cu-Mg-Si系、Fe-Cu-C系、Fe-Cu-Ni系、Fe-Cu-Ni-C系、Fe-Cu-Sn系、Fe-Cu-Zn-Sn系、Fe-Cu-Sn-P系、Fe-Cu-P系、Fe-Cu-Cr系、Fe-Cu-Mo系、Fe-Mg系、Fe-Si系、Fe-Mg-Si系、Fe-C系、Fe-Ni系、Fe-Ni-C系、Fe-Sn

系、Fe-Zn-Sn系、Fe-Sn-P系、Fe-P系、Fe-Cr系、Fe-Mo系等のマトリックスが挙げられる。

[0032] 鉄系マトリックスは、例えば、フェライト相、パーライト相、銅相等を含んでよい。鉄系マトリックスは、更に他の任意の相を含んでよい。

[0033] 鉄系マトリックスは、フェライト相を含むことが好ましい。フェライト相を含むと回転軸の摩耗を防止することができる。鉄系マトリックスはパーライト相を含んでもよい。パーライト相を含むと焼結含油軸受の強度が向上する傾向がある。例えば、鉄系マトリックス中のフェライト相の含有率（面積比率）は、鉄系マトリックスの面積を基準として、90%以上である。荷重が高いか回転軸が硬い場合は、例えば、鉄系マトリックス中のパーライト相の含有率（面積比率）は、鉄系マトリックスの面積を基準として、90%以上であってよい。鉄系焼結体を、高周速用、高面圧用、又は高周速かつ高面圧用の軸受として用いる場合、又は、硬い回転軸の軸受として用いる場合は、パーライト相の含有率が高いことが好ましい。面積比率は、鉄系焼結体の表面又は断面を光学顕微鏡で観察して求めることができる。

[0034] 鉄系マトリックスは、銅相を含むことができる。銅相は、銅を含有する相であり、銅合金相であってもよい。鉄系焼結体が銅相を含む場合、焼結含油軸受と回転軸とのなじみ性が向上する傾向がある。

[0035] 鉄系焼結体は、気孔内に、マグネシウム（Mg）、珪素（Si）、及び酸素（O）を含有してよい。気孔内にMg、Si、及びOを含有することは、鉄系焼結体の表面を、例えば、走査電子顕微鏡（SEM）を用いてエネルギー分散型X線分光法（EDX）により面分析することにより確認できる。鉄系焼結体が気孔内にMg、Si、及びOを含む場合、鉄系焼結体を含油軸受に使用したときに耐久性が向上する傾向がある。気孔内にMg、Si、及びOを含有することにより、摺動時に含油軸受の表面に安定した油膜が形成されやすくなり、その結果、含油軸受の焼付きが防止され、耐久性が向上すると考えられる。走査電子顕微鏡として、例えば、日本電子株式会社製「JSM-IT100 InTouchScope」を使用することができ、条件は

、例えば、加速電圧20kV、作動距離10mmである。

[0036] 鉄系焼結体中のMg、Si、及びOの合計の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、10.0質量%以下、9.0質量%以下、8.0質量%以下、5.0質量%以下、又は2.0質量%以下である。Mg、Si、及びOの合計の含有率が10.0質量%以下である場合、鉄系焼結体の強度を維持しやすい傾向がある。Mg、Si、及びOの合計の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、0.01質量%以上、0.05質量%以上、0.1質量%以上、0.5質量%以上、1.0質量%以上、又は1.5質量%以上である。Mg、Si、及びOの合計の含有率が0.01質量%以上である場合、油膜が形成されやすく、耐久性がより向上する傾向がある。Mg、Si、及びOの合計の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、0.01～10.0質量%、0.1～8.0質量%、又は1.0～5.0質量%であり得る。

[0037] 鉄系焼結体は、気孔内に、エンスタタイト、フェロシライト、二酸化珪素、及び酸化マグネシウムからなる群から選択される1種又は2種以上を含有してよい。例えば、鉄系焼結体は、気孔内に、エンスタタイトを含有し、更に、二酸化珪素、酸化マグネシウム、又はこれらの両方を含有してよい。例えば、鉄系焼結体は、気孔内に、二酸化珪素及び酸化マグネシウムを含有し、更にエンスタタイトを含有してよい。これらの鉄系焼結体は、いずれも、気孔内に、Mg、Si、及びOを含有する鉄系焼結体に該当する。

[0038] エンスタタイト（頑火輝石）は、斜方輝石の一種であり、 MgSiO_3 又は $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$ （但し、 $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}) \geq 0.5$ ）の化学組成を有する。フェロシライト（鉄珪輝石）は、斜方輝石の一種であり、 FeSiO_3 又は $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$ （但し、 $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}) < 0.5$ ）の化学組成を有する。本開示においては、一般に入手できるエンスタタイト及びフェロシライトを用いることができる。一般に入手できるエンスタタイト及びフェロシライトには、 CaO 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等の不純物が含まれていてもよい。

[0039] 鉄系焼結体がエンスタタイト、フェロシライト、二酸化珪素、及び酸化マグネシウムからなる群から選択される1種又は2種以上を含有する場合、鉄系焼結体中の前記1種又は2種以上の合計の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、10.0質量%以下、9.0質量%以下、8.0質量%以下、5.0質量%以下、又は2.0質量%以下である。合計の含有率が10.0質量%以下である場合、鉄系焼結体の強度を維持しやすい傾向があり、特に5.0質量%以下である場合、良好な強度が得られやすい。合計の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、0.1質量%以上、0.5質量%以上、1.0質量%以上、1.5質量%以上、又は2.0質量%以上である。合計の含有率が0.1質量%以上である場合、油膜が形成されやすく、耐久性がより向上する傾向がある。合計の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、0.01～10.0質量%、0.1～8.0質量%、又は1.0～5.0質量%であり得る。

[0040] 鉄系焼結体が二酸化珪素 (SiO_2) を含有する場合、二酸化珪素の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、4.0質量%以下、3.5質量%以下、3.0質量%以下、2.5質量%以下、又は1.5質量%以下である。二酸化珪素の含有率が4.0質量%以下である場合、回転軸の摩耗の防止効果が得られやすく、回転装置の耐久性をより向上させることができる。二酸化珪素の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、0.01質量%以上、0.1質量%以上、0.1質量%以上、0.5質量%以上、又は1.0質量%以上である。二酸化珪素の含有率が0.01質量%以上である場合、油膜が形成されやすく、耐久性がより向上する傾向がある。二酸化珪素の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、0.1～3.5質量%、0.3～2.5質量%、又は0.5～2.5質量%であり得る。

[0041] 鉄系焼結体が酸化マグネシウム (MgO) を含有する場合、酸化マグネシウムの含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、3.5質量%以下、3.0質量%以下、2.0質量%以下、1.0質量%以下、又は0.8質量%以下である。酸化マグネシウムの含有率が3.5質量%以下である場合

、回転軸の摩耗の防止効果が得られやすく、回転装置の耐久性をより向上させることができる。酸化マグネシウムの含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、0.01質量%以上、0.05質量%以上、0.1質量%以上、0.3質量%以上、又は0.5質量%以上である。酸化マグネシウムの含有率が0.01質量%以上である場合、油膜が形成されやすく、耐久性がより向上する傾向がある。酸化マグネシウムの含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、0.1～3.5質量%、0.3～2.0質量%、又は0.5～1.0質量%であり得る。

[0042] 鉄系焼結体は、気孔内に炭素（C）を含むことができる。鉄系焼結体が気孔内に炭素を含む場合、潤滑性が向上する傾向がある。炭素は、遊離黒鉛であり得る。炭素の含有率は、自己潤滑性の向上の観点から、鉄系焼結体の質量を基準として、0.1質量%以上、1.0質量%以上、又は2.0質量%以上である。炭素の含有率は、焼結含油軸受の強度向上の観点から、鉄系焼結体の質量を基準として、例えば、10.0質量%以下、5.0質量%以下、4.0質量%以下、又は3.0質量%以下である。炭素の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、0.1～10.0質量%、1.0～5.0質量%、又は2.0～3.0質量%であり得る。

[0043] 鉄系焼結体は、例えば、鉄系焼結体の質量を基準として、合計して0.01～10.0質量のMg、Si、及びOと、0.1～40.0質量%のCuと、0.1～10.0質量%のCとを含み、残部がFeと不可避不純物とからなる。

[0044] [密度]

鉄系焼結体の密度は、焼結含油軸受の強度を考慮し、例えば、5.5 g/cm³以上、6.0 g/cm³以上、6.2 g/cm³以上、又は6.5 g/cm³以上であってよい。鉄系焼結体の密度は、気孔に十分な量の潤滑油を含浸させて潤滑効果を得るという観点から、7.0 g/cm³以下、6.7 g/cm³以下、又は6.5 g/cm³以下であってよい。鉄系焼結体の密度は、JIS Z 2501：2000に従い測定することができる。

[0045] [硬さ]

鉄系焼結体の硬さは、本開示において、ロックウェル硬さ試験により測定される硬さである。鉄系焼結体の硬さは、10HRH以上、20HRH以上、30HRH以上、40HRH以上、50HRH以上、又は、60HRH以上であってよい。鉄系焼結体の硬さの上限は特に限定されないが、例えば、90HRH以下、80HRH以下、又は70HRH以下であってよい。鉄系焼結体の硬さは、JIS Z 2245:2016の方法に従い測定できる。

[0046] [圧環強度]

鉄系焼結体の圧環強度は、80MPa以上、100MPa以上、120MPa以上、140MPa、160MPa以上、又は180MPa以上であってよい。鉄系焼結体の圧環強度の上限は特に限定されないが、例えば、300MPa以下、250MPa以下、又は、200MPa以下であってよい。鉄系焼結体の圧環強度は、JIS Z 2507:2000の方法に従い測定できる。

[0047] 鉄系焼結体の密度、硬さ、及び圧環強度は、例えば、鉄系焼結体の組成、成形条件、焼結条件、気孔の大きさ、結晶粒の大きさ、添加物等を変化させることによって調整できる。例えば、成形圧力を高くする、焼結温度を高くする、焼結時間を長くする、気孔の粗大化を抑制する、結晶粒の粗大化を抑制する等により鉄系焼結体の密度、硬さ、及び圧環強度を大きくすることができる傾向がある。鉄系焼結体の密度、硬さ、及び圧環強度が大きいと、鉄系焼結体の密度、硬さ、及び圧環強度が大きいと、摺動時の負荷に耐えることができる。

[0048] <鉄系焼結体の製造方法>

いくつかの実施形態において、鉄系焼結体の製造方法は、鉄系粉末を含有する原料粉末を圧縮成形し、成形体を得ること、前記成形体を加熱し、鉄系焼結体を得ること、を含む。鉄系焼結体の製造方法は、更に、原料粉末を用意すること、鉄系焼結体を冷却すること、などの任意の工程を含んでもよい。

[0049] [原料粉末を用意する工程]

原料粉末は、例えば、少なくとも鉄系粉末を含有する。原料粉末は、複数種の粉末を含有する粉末混合物であってよい。鉄系粉末として、鉄粉末及び鉄合金粉末が挙げられる。鉄系粉末の含有率は、焼結含油軸受の十分な強度を得る観点から、原料粉末の質量を基準として、例えば、45.0質量%以上、50.0質量%以上、70.0質量%以上、又は80.0質量%以上である。鉄系粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、例えば、99.0質量%以下、97.0質量%以下、又は95.0質量%以下である。鉄系粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、50.0～99.0質量%、70.0～97.0質量%、又は80.0～95.0質量%であり得る。但し、本開示における粉末の含有率に関して、「原料粉末の質量を基準とする」という場合、「後述する粉末潤滑剤の質量を除いた原料粉末の合計の質量を基準とする」ことを意味する。

[0050] 原料粉末は、銅系粉末を含有してよい。銅系粉末として、銅粉末及び銅合金粉末が挙げられる。銅系粉末の含有率は、回転の初期段階におけるなじみ性の向上の観点から、原料粉末の全質量を基準として、例えば、0.1質量%以上、1.0質量%以上、2.0質量%以上、3.0質量%、又は5.0質量%以上である。銅系粉末の含有率は、材料強度の観点から、原料粉末の全質量を基準として、40.0質量%以下、30.0質量%以下、25.0質量%以下、又は20.0質量%以下である。銅系粉末の含有率は、10.0質量%以下、7.0質量%以下、又は5.0質量%以下であってもよい。銅の含有率が小さいほど、錆の発生を抑えることができる傾向がある。銅系粉末の含有率は、例えば、0.1～40.0質量%、1.0～10.0質量%、又は2.0～7.0質量%であり得る。原料粉末は扁平状の銅系粉末を含有することが好ましく、扁平状の銅系粉末として、例えば、銅箔粉が挙げられる。

[0051] 原料粉末は、例えば、鉄系粉末と、Mg、Si、及びOを含む粉末とを含有し、銅の含有率が1.0質量%未満である粉末混合物であってよい。Mg、Si、及びOを含む粉末は、エンスタタイト粉末、フェロシライト粉末、ニ

酸化珪素粉末、及び酸化マグネシウム粉末からなる群から選択される１種又は２種以上を含有してよい。例えば、粉末混合物は、鉄系粉末と、エンスタタイト粉末とを含有し、更に、二酸化珪素粉末、酸化マグネシウム粉末、又はこれらの両方を含有してよい。例えば、粉末混合物は、鉄系粉末と、二酸化珪素粉末及び酸化マグネシウム粉末とを含有し、更にエンスタタイト粉末を含有してよい。エンスタタイト粉末は、Mg、Si、及びOを含有する粉末に該当し、二酸化珪素粉末及び酸化マグネシウム粉末の組み合わせは、Mg、Si、及びOを含有する粉末に該当する。

[0052] 原料粉末がエンスタタイト粉末、フェロシライト粉末、二酸化珪素粉末、及び酸化マグネシウム粉末からなる群から選択される１種又は２種以上を含有する場合、前記１種又は２種以上の合計の含有率は、原料粉末の質量を基準として、例えば、１０．０質量％以下、９．０質量％以下、８．０質量％以下、５．０質量％以下、又は２．０質量％以下である。合計の含有率が１０．０質量％以下である場合、鉄系焼結体の強度を維持しやすい傾向があり、特に５．０質量％以下である場合、良好な強度が得られやすい。合計の含有率は、原料粉末の質量を基準として、例えば、０．１質量％以上、０．５質量％以上、１．０質量％以上、１．５質量％以上、又は２．０質量％以上である。合計の含有率が０．１質量％以上である場合、油膜が形成されやすく、耐久性がより向上する傾向がある。合計の含有率は、鉄系焼結体の質量を基準として、０．０１～１０．０質量％、０．１～８．０質量％、又は１．０～５．０質量％であり得る。

[0053] 原料粉末は、二酸化珪素（ SiO_2 ）粉末を含有してよい。原料粉末が二酸化珪素粉末を含有する場合、二酸化珪素粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、例えば、４．０質量％以下、３．５質量％以下、３．０質量％以下、２．５質量％以下、又は１．５質量％以下である。二酸化珪素粉末の含有率が４．０質量％以下である場合、回転軸の摩耗の防止効果が得られやすく、回転装置の耐久性をより向上させることができる。二酸化珪素粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、例えば、０．０１質量％以上、０．

1 質量%以上、0.1 質量%以上、0.5 質量%以上、又は1.0 質量%以上である。二酸化珪素粉末の含有率が0.01 質量%以上である場合、油膜が形成されやすく、耐久性がより向上する傾向がある。二酸化珪素粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、0.1～3.5 質量%、0.3～2.5 質量%、又は0.5～2.5 質量%であり得る。

[0054] 原料粉末は、酸化マグネシウム (MgO) 粉末を含有してよい。原料粉末が酸化マグネシウム粉末を含有する場合、酸化マグネシウム粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、例えば、3.5 質量%以下、3.0 質量%以下、2.0 質量%以下、1.0 質量%以下、又は0.8 質量%以下である。酸化マグネシウム粉末の含有率が3.5 質量%以下である場合、回転軸の摩耗の防止効果が得られやすく、回転装置の耐久性をより向上させることができる。酸化マグネシウム粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、例えば、0.01 質量%以上、0.05 質量%以上、0.1 質量%以上、0.3 質量%以上、又は0.5 質量%以上である。酸化マグネシウム粉末の含有率が0.01 質量%以上である場合、油膜が形成されやすく、耐久性がより向上する傾向がある。酸化マグネシウム粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、0.1～3.5 質量%、0.3～2.0 質量%、又は0.5～1.0 質量%であり得る。

[0055] 原料粉末は、炭素粉末を含有してもよい。炭素粉末としては、例えば、黒鉛粉末、カーボンブラック、フラーレン等が挙げられ、好ましくは黒鉛粉末である。炭素粉末の含有率は、自己潤滑性の向上の観点から、原料粉末の全質量を基準として、例えば、0.1 質量%以上、1.0 質量%以上、又は2.0 質量%以上である。炭素粉末の含有率は、焼結含油軸受の強度向上の観点から、原料粉末の全質量を基準として、例えば、10.0 質量%以下、5.0 質量%以下、4.0 質量%以下、又は3.0 質量%以下である。炭素粉末の含有率は、原料粉末の質量を基準として、0.1～10.0 質量%、1.0～5.0 質量%、又は2.0～3.0 質量%であり得る。

[0056] 原料粉末は、更に他の任意の粉末を含んでもよい。任意の粉末として、例え

ば、金属酸化物、粉末潤滑剤、流動度改善剤等が挙げられる。なかでも、成形後の抜き出し圧力の低減を図るため、粉末潤滑剤を含有することが好ましい。

[0057] 粉末潤滑剤としては、例えば、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸カルシウム等の金属石鹸；ステアリン酸アミド、ステアリン酸ビスアミド、エチレンビスステアリン酸アミド等のアミド系潤滑剤などが挙げられる。粉末潤滑剤は、1種を単独で用いても、2種類以上を組み合わせ用いてもよい。粉末潤滑剤の含有量は、原料粉末の質量を基準として、例えば、0.01～2.0質量%、0.1～1.5質量%、又は、0.5～1.0質量%であり得る。

[0058] [成形工程]

鉄系焼結体の製造方法は、前記原料粉末を圧縮成形し、成形体を得る工程を含む。成形には、例えば、型孔を有するダイ、型孔内に配置されるコアロッド、ダイの型孔とコアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する下パンチ、及びダイの型孔とコアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する上パンチを備えた金型を使用できる。成形圧力は、潤滑油を含浸させるため、成形体に適切な量の気孔を形成できる圧力とする。

[0059] 一実施形態において、成形工程は、型孔を有するダイと、型孔内に配置されるコアロッドと、ダイの型孔と前記コアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する下パンチとから構成されるキャビティに原料粉末を充填し、原料粉末を、ダイの型孔とコアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する上パンチと下パンチとにより圧縮成形することを含む。

[0060] 成形工程においては、上述の原料粉末への粉末潤滑剤（内部潤滑剤）の添加に代えて、又は、粉末潤滑剤の添加と共に、金型に金型潤滑剤を塗布し、金型潤滑成形を行ってもよい。

[0061] [加熱工程]

鉄系焼結体の製造方法は、前記成形体を加熱し、鉄系焼結体を得る工程を含む。加熱によって、任意で用いられる粉末潤滑剤等が除去され（脱脂工程）、焼結が進行し、鉄系焼結体を得られる（焼結工程）。

[0062] 焼結工程では、成形体を焼結し、鉄系焼結体を得る。例えば、焼結温度が950℃以上であると、焼結が進行し、鉄系焼結体の十分な強度が得られやすい。また、焼結温度が1,050℃以下であると、パーライト相の量が増えることによって鉄系マトリックスが硬くなることを防止でき、回転軸の摩耗を防ぐことができる。このため、焼結温度は、950～1,050℃であることが好ましく、960～1,030℃であることがより好ましい。焼結温度での保持時間は、例えば、0.5～3時間であってよい。

[0063] 焼結には、メッシュベルト炉等のベルト炉、ポット型炉などを使用でき、ベルト炉を用いることが好ましい。焼結を行う際の雰囲気は、例えば、窒素ガス等の非酸化性ガス、アンモニア分解ガス（A_xガス）等の還元性ガス、浸炭性ガス（例えば、カーボンポテンシャルが0.1～1.2%の範囲内の水素、窒素、一酸化炭素の混合ガス）等から選択することができる。好ましくは、アンモニア分解ガス雰囲気下で成形体を焼結する。

[0064] [任意の工程]

鉄系焼結体の製造方法は、他の任意の工程を更に含んでもよい。任意の工程として、高温の鉄系焼結体を冷却すること（冷却工程）、改質のために鉄系焼結体を加熱すること（熱処理工程）、鉄系焼結体を圧縮すること（圧縮工程）等が挙げられる。

[0065] <焼結含油軸受>

いくつかの実施形態において、焼結含油軸受は、上述の鉄系焼結体と、潤滑油とを含む。焼結含油軸受は、回転軸を支持できる形状を有する。焼結含油軸受は、好ましくは、回転軸を支持できる内径面を持つ形状を有する。例えば、焼結含油軸受の形状は、中空円筒形である。円筒の内径面が軸受面となる。回転軸は、円筒の内径に挿入され、支持される。図1は、鉄系焼結体の一実施形態を示す模式図である。（a）は正面模式図、（b）は側面模式図、（c）は斜視模式図である。図1中、11は鉄系焼結体を、12は内径面を、13は端面を示す。

[0066] 潤滑油は、焼結含油軸受の用途、求められる特性等に応じて適切な種類を選

択して用いればよい。潤滑油の例には、大きく分けて鉱物油と合成油の2種類が含まれる。鉱物油としては、例えば、パラフィン系鉱物油、ナフテン系鉱物油、及び水素化脱ろう油がある。合成油としては、例えば、炭化水素系合成油、エステル系合成油、エーテル系合成油、及びフッ素系合成油がある。潤滑油は、合成油であることが好ましく、炭化水素系合成油、エステル系合成油、及びフッ素系合成油であることがより好ましく、フッ素系合成油であることが更に好ましい。

[0067] 潤滑油は、更に添加剤を含有してもよい。添加剤としては、粘度指数向上剤、流動点降下剤、油性剤、摩擦調整剤、酸化防止剤、極圧剤、洗浄剤、さび止め剤、消泡剤等が挙げられる。

[0068] 潤滑油は、ベアリング油、冷凍機油、エンジン油、ギヤー油等として、市販されている。潤滑油として市販品を使用することが可能である。例えば、エステル系合成油（ISO VG 68）、合成炭化水素油（ISO VG 68）、フッ素油（ISO VG 150）、又はパラフィン系鉱油（VG ISO 460）として市販されている潤滑油を使用できる。前記の括弧内は、ISO粘度グレードである。

[0069] 40℃における潤滑油の動粘度は、 $10\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上であることが好ましい。潤滑油の動粘度は、例えば、 $15\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上、 $20\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上、 $25\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上、又は $30\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上であってよい。潤滑油の動粘度は、 $460\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下であることが好ましい。潤滑油の動粘度は、例えば、 $460\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下、 $400\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下、 $350\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下、 $300\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下、又は $200\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下であってよい。潤滑油の粘度指数は、例えば、50以上、70以上、100以上、又は150以上であってよい。潤滑油の粘度指数は、例えば、300以下、200以下、150以下、又は100以下であってよい。

[0070] 焼結含油軸受の含油率は、十分な潤滑効果を得るという観点から、焼結含油軸受の体積を基準とし、例えば、1体積%以上、2体積%以上、又は5体積%以上であってよい。また、焼結含油軸受の含油率は、焼結含油軸受の強度

を考慮し、焼結含油軸受の体積を基準とし、20体積%以下、19体積%以下、又は18体積%以下であってよい。焼結含油軸受の含油率は、JIS Z 2501:2000により測定することができる。

[0071] 焼結含油軸受は、焼結体に潤滑油を含浸させること（含油工程）を含む製造方法により製造できる。含油工程において、焼結体に潤滑油を含浸させる方法として、真空含浸法が好ましく用いられる。潤滑油としては、上述の潤滑油を使用できる。

[0072] 優れた耐久性を得る観点から、焼結含油軸受は、好ましくは周速0.2 m/sec以上で使用される。優れた摺動特性を得る観点から、周速10 m/sec以下であることが好ましく、周速7 m/sec以下であることがより好ましい。

[0073] いくつかの実施形態によれば、焼結含油軸受は、高周速用、高面圧用、又は高周速かつ高面圧用の軸受として用いた場合に特に良好な特性を示す。例えば、焼結含油軸受は、周速5 m/sec以上で使用される。「周速」とは、焼結含油軸受に対する、回転軸の相対的な回転速度である。焼結含油軸受を周速5 m/sec以上で使用した場合に、特に良好な耐久性が得られる。周速5 m/sec以上の摺動条件下であっても、焼結含油軸受が十分な油膜を維持することができ、良好な潤滑状態が保たれると考えられる。なお、回転数は、使用時間の経過によって変化してよい。すなわち、焼結含油軸受は、「周速5 m/sec以上」の摺動条件に限定されず、「周速5 m/sec未満」の摺動条件で使用されてもよい。例えば、焼結含油軸受の摺動条件は、使用時間の経過に伴って、「周速5 m/sec以上」の条件と、「周速5 m/sec未満」の条件とを交互に含んでもよい。

[0074] いくつかの実施形態によれば、焼結含油軸受は、偏心軸受として好ましく使用できる。偏心軸受は、偏心して回転する回転軸を支持するために、摺動時のポンプ作用とそれによる油膜形成が抑制されるものと推測される。本発明の実施形態による焼結含油軸受は、安定した油膜を形成することができるために、偏心軸受として使用した場合にも良好な耐久性を示す。

[0075] <実施形態の例>

本発明の実施形態の好ましい例を以下に挙げる。本発明の実施形態は以下の例に限定されない。

[0076] (1) 通気度が $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ であり、表面上に潤滑油を滴下したときに、油滴の径の変化率が $-15 \sim 15\%$ である、鉄系焼結体。

(2) 気孔率が、 $1 \sim 20$ 体積%である、上記(1)に記載の鉄系焼結体。

(3) 気孔内に、Mg、Si、及びOを含有する、上記(1)又は(2)に記載の鉄系焼結体。

(4) 通気度が $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ であり、気孔内に、Mg、Si、及びOを含有する、鉄系焼結体。

(5) 銅を含有し、銅の含有率が 0.1 質量%以上である、上記(1)～(4)のいずれかに記載の鉄系焼結体。

(6) 気孔内に、エンスタタイト、フェロシライト、二酸化珪素、及び酸化マグネシウムからなる群から選択される少なくとも1種又は2種以上を含有する、上記(1)～(5)のいずれかに記載の鉄系焼結体。

(7) エンスタタイト、フェロシライト、二酸化珪素、及び酸化マグネシウムからなる群から選択される少なくとも1種又は2種以上の合計の含有率が、 10.0 質量%以下である、上記(6)に記載の鉄系焼結体。

(8) 気孔内に二酸化珪素を含有し、二酸化珪素の含有率が、 4.0 質量%以下である、上記(1)～(7)のいずれかに記載の鉄系焼結体。

(9) 気孔内に酸化マグネシウムを含有し、酸化マグネシウムの含有率が、 3.5 質量%以下である、上記(1)～(8)のいずれかに記載の鉄系焼結体。

(10) 鉄系マトリックスと、前記鉄系マトリックス中に分散する前記気孔とを有し、

前記鉄系マトリックスが、フェライト相及びパーライト相からなる群より選

ばれる少なくとも１種を含む、上記（１）～（９）のいずれかに記載の鉄系焼結体。

（１１） 鉄系粉末と、Mg、Si、及びOを含む粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形し、成形体を得ること、
前記成形体を加熱し、焼結体を得ること、
を含む、鉄系焼結体の製造方法。

（１２） 前記原料粉末が、炭素粉末を含有する、上記（１１）に記載の鉄系焼結体の製造方法。

（１３） 上記（１）～（１０）のいずれかに記載の鉄系焼結体、又は、上記（１１）若しくは（１２）に記載の製造方法により得られた鉄系焼結体と、潤滑油とを含む、焼結含油軸受。

実施例

[0077] 本発明の実施形態について実施例により具体的に説明する。本発明の実施形態は以下の実施例に限定されない。

[0078] <鉄系焼結体の作製及び特性測定>

[鉄系焼結体の作製]

以下の方法により鉄系焼結体を作製した。原料粉末の組成を表１に示す。

[0079] （実施例１）

（a）原料粉末の調製には下記の粉末を用いた。平均粒径は、レーザー回折散乱式の粒子径分布測定装置を用いて測定した、体積基準の粒度分布におけるメジアン径（D50）である。

鉄系粉末：鉱石還元鉄粉、平均粒径100 μ m

銅系粉末：銅箔粉、平均粒径50 μ m

Mg、Si、及びOを含む粉末：組成比が、二酸化珪素68質量%、酸化マグネシウム31量%、及び不純物1%である粉末、平均粒径27 μ m

炭素粉末：天然黒鉛粉、平均粒径60 μ m

粉末潤滑剤：ステアリン酸亜鉛粉末

[0080] 上記粉末を表１に示す組成となるように用い、混合機で混合し、原料粉末を

得た。表 1 中の鉄系粉末、銅系粉末、Mg、Si、及びOを含む粉末、並びに炭素系粉末の含有率は、粉末潤滑剤を除く原料粉末の合計の質量を基準とする含有率（質量％）である。粉末潤滑剤は、粉末潤滑剤を除く原料粉末の合計を100.0質量％としたときに、原料粉末100.0質量％に対して表 1 に示す量（質量％）を用いた。

[0081] [表1]

表 1

		鉄系粉末	銅系粉末	Mg,Si,O含有粉末	炭素粉末	粉末潤滑剤	成形体密度
		合計100.0				—	g/cm ³
実施例	1	93.4	0.1	1.6	5.0	0.8	6.2
	2	94.5	2.6	3.0	0.0	0.8	6.3
	3	93.4	2.6	1.6	2.5	0.8	6.4
	4	89.5	2.6	3.0	5.0	0.8	5.7
	5	89.5	5.0	3.0	2.5	0.8	5.6
	6	88.5	5.0	1.6	5.0	0.8	5.9
比較例	1	98.4	0.1	1.6	0.0	0.8	5.7
	2	97.4	2.6	0.1	0.0	0.8	5.8
	3	93.4	2.6	1.6	2.5	0.8	5.4
	4	92.4	2.6	0.1	5.0	0.8	5.4
	5	93.5	5.0	1.6	0.0	0.8	5.3
	6	92.0	5.0	0.0	3.0	0.8	5.7

粉末の単位：質量％

[0082] (b) 原料粉末を金型に投入し、圧力を調整し、形状が中空円筒形であり、表 1 に示す密度を有する成形体を得た。成形体の密度は、JIS Z 2501：2000に従い測定した。

(c) 成形体を水素ガスと窒素ガスの混合ガス中で、970℃で2時間にわたり加熱し、中空円筒形の焼結体を得た。

(d) 焼結体を、上記(b)で用いた金型と同じ金型を用い、上記(b)における圧力と同じ圧力で再圧縮し、円筒外径16.0mm、円筒内径10.0mm、円筒長さ10.0mmの焼結体を作製した。

[0083] また、上記(a)～(d)と同様にして、形状が円柱であること以外は上記と同様の鉄系焼結体を作製した。

[0084] 得られた鉄系焼結体は、フェライト相とパーライト相とを含む鉄マトリックスを有し、鉄マトリックス中に分散する気孔内に、珪素(Si)、マグネシ

ウム (Mg)、及び酸素 (O) と、炭素 (C) とを有していた。気孔内に珪素 (Si)、マグネシウム (Mg)、及び酸素 (O) と、炭素 (C) とを有していることは、SEM-EDXにより確認した。具体的には、鉄系焼結体の表面を、SEM-EDX (日本電子株式会社製「JSM-IT100 In Touch Scope」) によって観察し、元素分布を示すマッピング画像を得た。観察条件は、加速電圧 20 kV、作動距離 10 mm である。

[0085] (実施例 2～6、及び、比較例 1～6)

表 1 に示す原料粉末を用い、実施例 1 と同様にして中空円筒形の鉄系焼結体と円柱の鉄系焼結体とを作製した。実施例 2～6 の鉄系焼結体は、フェライト相とパーライト相とを含む鉄マトリックスを有し、鉄マトリックス中に分散する気孔内に、珪素 (Si)、マグネシウム (Mg)、及び酸素 (O) と、炭素 (C) とを有していた。

[0086] [鉄系焼結体の密度等]

鉄系焼結体の密度、通気度、気孔率、硬さ、圧環強度、及び油滴径の変化率を、以下の方法に従い測定した。測定結果を表 2 及び 3 に示す。油滴径の変化率の測定には、円柱の鉄系焼結体を使用した。

[0087] (密度)

鉄系焼結体の密度は、JIS Z 2501:2000 に従い測定した。

(通気度)

鉄系焼結体の通気度は、図 2 に示す装置を利用し、上述の方法に従い測定した。

(気孔率)

鉄系焼結体の気孔率は、JIS Z 2501:2000 に従い測定した。

(ロックウェル硬さ)

鉄系焼結体の硬さは、JIS Z 2245:2016 に従い測定した。

(圧環強度)

鉄系焼結体の硬さは、JIS Z 2507:2000 に従い測定した。

[0088]

[表2]

表 2

		密度 (g/cm^3)	通気度 ($\times 10^{-11}\text{cm}^2$)	気孔率 (%)	硬さ (HRH)	圧環強度 (MPa)
実施 例	1	6.29	0.1	7.6	16	90
	2	6.54	0.5	10.9	67	150
	3	6.51	0.1	8.2	67	190
	4	6.00	0.1	9.6	24	100
	5	5.77	3.6	17.9	27	120
	6	6.06	0.7	11.5	57	150
比較 例	1	5.99	11.5	20.7	20	90
	2	5.96	11.5	23.0	55	250
	3	5.55	12.0	22.5	6	110
	4	5.52	5.7	20.4	24	110
	5	5.52	23.2	26.9	22	130
	6	5.89	6.3	19.5	78	230

[0089] (油滴径の変化率)

鉄系焼結体の表面を # 800 の研磨紙を用いて研磨し、ナフテン系溶剤 (Exxon Mobil Corporation 製「エクソール」) にて洗浄し、乾燥機 (50℃、3時間) を用いて乾燥させた。鉄系焼結体を、油滴を形成する表面が水平になるように、デジタルマイクロ스코プ (株式会社キーエンス製「VHX-1000」) のステージ上に静置した。

室温 (25℃) にて精密ピペット (20 μL 、ギルソン製ピペットマン) でベアリングオイル (アンデロール製「ANDEROL 465」、エステル系化合物、動粘度 63.8 mm^2/s (40℃)、粘度指数 189) を吸い込み、精密ピペットの先端を鉄系焼結体 (25℃) の表面に、表面との距離が 5 mm 以下になるように近づけた。精密ピペットからベアリングオイル 20 μL を鉄系焼結体の表面に静かに滴下し、鉄系焼結体の表面に油滴を形成した。

デジタルマイクロ스코プ (20倍) を用いて油滴を真上から観察し、滴下から 10秒後、15分後、及び30分後の油滴の外接円の直径を測定した。

10秒後の油滴の外接円の直径を直径1（mm）とし、15分後の油滴の外接円の直径を直径2（mm）とした。下記式より油滴径の変化率（％）を求めた。30分後の油滴径の変化率も同様にして求めた。

$$\text{油滴径の変化率（％）} = [（\text{直径2} - \text{直径1}） / \text{直径1}] \times 100$$

[0090] 図3に、滴下から10秒後、15分後、及び30分秒後の油滴のデジタルマイクروسコープによる画像（20倍）を示す。

[0091] [表3]

表3

		油滴径（mm）			油滴径の変化率（％）	
		10 s	15 min	30 min	15 min	30 min
実施例	1	13.3	14.5	14.8	8.8	11.2
	2	9.8	9.9	9.9	1.2	0.8
	3	12.6	13.4	13.1	6.0	4.2
	4	13.0	13.7	13.5	5.5	3.9
	5	11.3	11.5	10.3	1.9	-8.6
	6	11.2	11.3	11.4	1.0	1.7
比較例	1	10.5	3.8	0.0	-63.7	-100.0
	2	10.7	0.0	0.0	-100.0	-100.0
	3	11.1	5.9	0.0	-47.0	-100.0
	4	12.2	9.7	0.0	-19.8	-100.0
	5	9.6	0.0	0.0	-100.0	-100.0
	6	9.9	12.7	12.8	28.8	29.5

[0092] <鉄系焼結体の評価>

鉄系焼結体を焼結軸受として使用し、以下の方法により、油膜形成状態を評価した。

[0093] （油膜形成状態）

鉄系焼結体をハウジング（真鍮製）に圧入し、軸受としての鉄系焼結体に、軸受試験機に取り付けた回転軸（軸受試験機：千穂田精衡株式会社製「4連高速軸受試験機」、回転軸（シャフト）：S45C材（機械構造用炭素鋼鋼材）、直径9.980mm×長さ80mm）を支持させた。シャフトと鉄系焼結体とは、シャフトの軸方向が地面に対して水平になるように設置した。クリアランスは20μmであった。鉄系焼結体に支持されているシャフトの

両端部分にANDEROL 465（エステル系化合物、粘度63.8 cSt（40℃）、粘度指数189）を10μLずつ塗布し、シャフトを長手方向に動かすことでクリアランス内にANDEROL 465を導入した。

[0094] 軸受試験機の概略を図4に示す。図4中、31は軸受（鉄系焼結体）、32はシャフト

33はカーボンブラシを表す。軸受試験機では、電源（V）に対して抵抗体（R）と軸受—シャフト（B）とが並列に接続された回路が形成されている。シャフト停止時、軸受31とシャフト32は導通しているため、電流は電気抵抗の小さいBを流れ、Rには流れない。シャフト回転時には、油膜の形成により軸受—シャフト間が絶縁されるため、電流は相対的に電気抵抗が小さいRを流れる。このときRに発生する電圧は油膜の形成状態（軸受—シャフト間の絶縁の程度）を反映する。電圧が高いほど安定した油膜が形成されているといえる。

[0095] 室温（25℃）でシャフトを回転させた。回転数は4,000 min⁻¹（周速2.09 m/sec）とした。ハウジングには垂直方向に、荷重20N、40N、以降は20Nずつ増加させて300Nまで（面圧0.2 MPa、0.4 MPa、以降は0.2 MPaずつ増加させて3.0 MPaまで）を加えた。10秒間の回転と、10秒間の停止とで摺動させ、各荷重につき保持時間は3分間とした。各荷重につき電圧を測定した。荷重20N（面圧0.2 MPa）であるときと荷重300N（面圧3.0 MPa）であるときの電圧と、全ての荷重における電圧の平均値とを表4に示す。

[0096]

[表4]

表 4

		電圧 (mV)		
		20N	300N	平均
実 施 例	1	30.5	24.7	51.0
	2	46.2	60.4	51.2
	3	24.0	31.6	42.4
	4	45.4	59.9	51.0
	5	29.7	24.2	19.7
	6	22.1	45.6	31.4
比 較 例	1	31.0	1.3	7.1
	2	5.5	1.4	0.6
	3	25.0	0.3	6.9
	4	15.0	0.0	4.5
	5	19.7	0.3	4.9
	6	10.1	1.0	1.3

符号の説明

[0097] 1 1 鉄系焼結体、1 2 内径面、1 3 端面、2 1 鉄系焼結体、2 2 空気遮断部材、2 3 通気路、2 4 真空ポンプ、2 5 真空メーター、2 6 エアフロメーター、a 内径、b 外径、L 長さ、3 1 軸受（鉄系焼結体）、3 2 シャフト、3 3 カーボンブラシ、B 鉄系焼結体－シャフト、V 電源、R 抵抗

請求の範囲

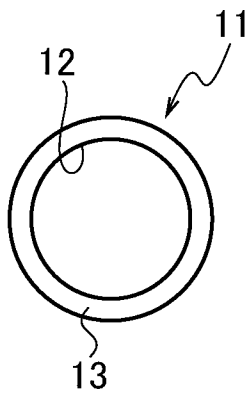
- [請求項1] 通気度が $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ であり、表面上に潤滑油を滴下したときに、油滴の径の変化率が $-15 \sim 15\%$ である、鉄系焼結体。
- [請求項2] 気孔率が、 $1 \sim 20$ 体積%である、請求項1に記載の鉄系焼結体。
- [請求項3] 気孔内に、Mg、Si、及びOを含有する、請求項1又は2に記載の鉄系焼結体。
- [請求項4] 通気度が $0.01 \times 10^{-11} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ であり、気孔内に、Mg、Si、及びOを含有する、鉄系焼結体。
- [請求項5] 銅を含有し、銅の含有率が 0.1 質量%以上である、請求項1～4のいずれかに記載の鉄系焼結体。
- [請求項6] 気孔内に、エンスタタイト、フェロシライト、二酸化珪素、及び酸化マグネシウムからなる群から選択される少なくとも1種又は2種以上を含有する、請求項1～5のいずれかに記載の鉄系焼結体。
- [請求項7] エンスタタイト、フェロシライト、二酸化珪素、及び酸化マグネシウムからなる群から選択される少なくとも1種又は2種以上の合計の含有率が、 10.0 質量%以下である、請求項6に記載の鉄系焼結体。
- [請求項8] 気孔内に二酸化珪素を含有し、二酸化珪素の含有率が、 4.0 質量%以下である、請求項1～7のいずれかに記載の鉄系焼結体。
- [請求項9] 気孔内に酸化マグネシウムを含有し、酸化マグネシウムの含有率が、 3.5 質量%以下である、請求項1～8のいずれかに記載の鉄系焼結体。
- [請求項10] 鉄系マトリックスと、前記鉄系マトリックス中に分散する気孔とを有し、
前記鉄系マトリックスが、フェライト相及びパーライト相からなる群より選ばれる少なくとも1種を含む、請求項1～9のいずれかに記載の鉄系焼結体。
- [請求項11] 鉄系粉末と、Mg、Si、及びOを含む粉末とを含有する粉末混合物

を圧縮成形し、成形体を得ること、及び
前記成形体を加熱し、焼結体を得ること、
を含む、鉄系焼結体の製造方法。

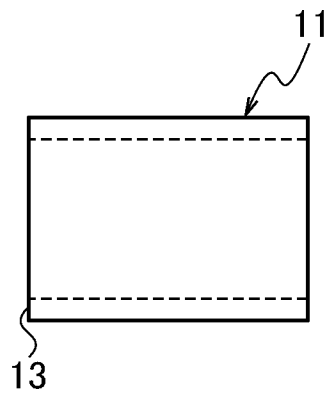
[請求項12] 前記原料粉末が、炭素粉末を含有する、請求項 1 1 に記載の鉄系焼結体の製造方法。

[請求項13] 請求項 1 ～ 1 0 のいずれかに記載の鉄系焼結体と、潤滑油とを含む、焼結含油軸受。

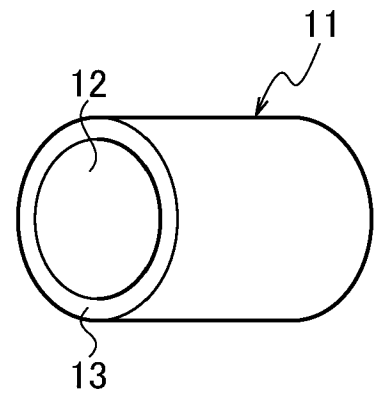
[図1]



(a)

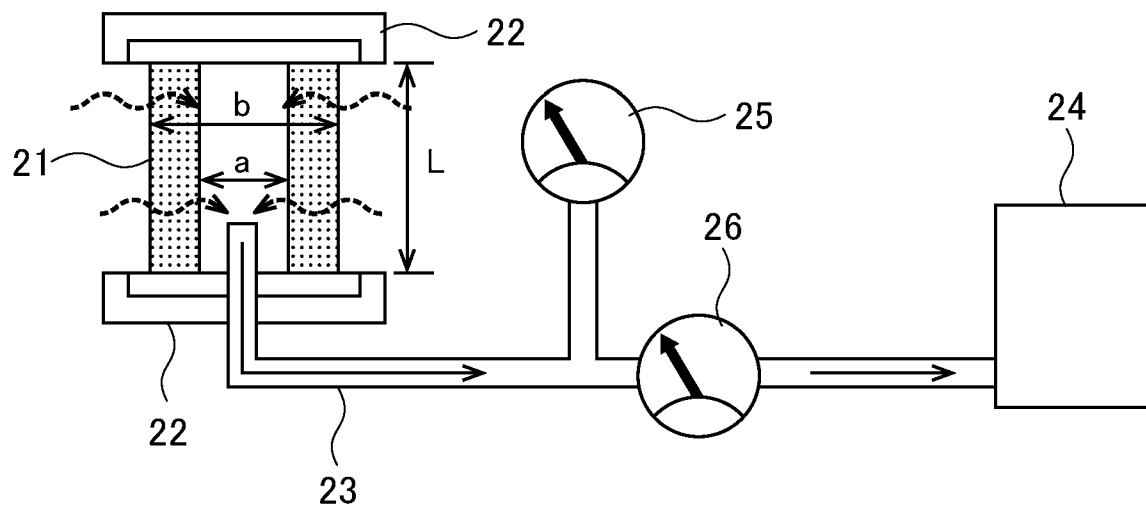


(b)

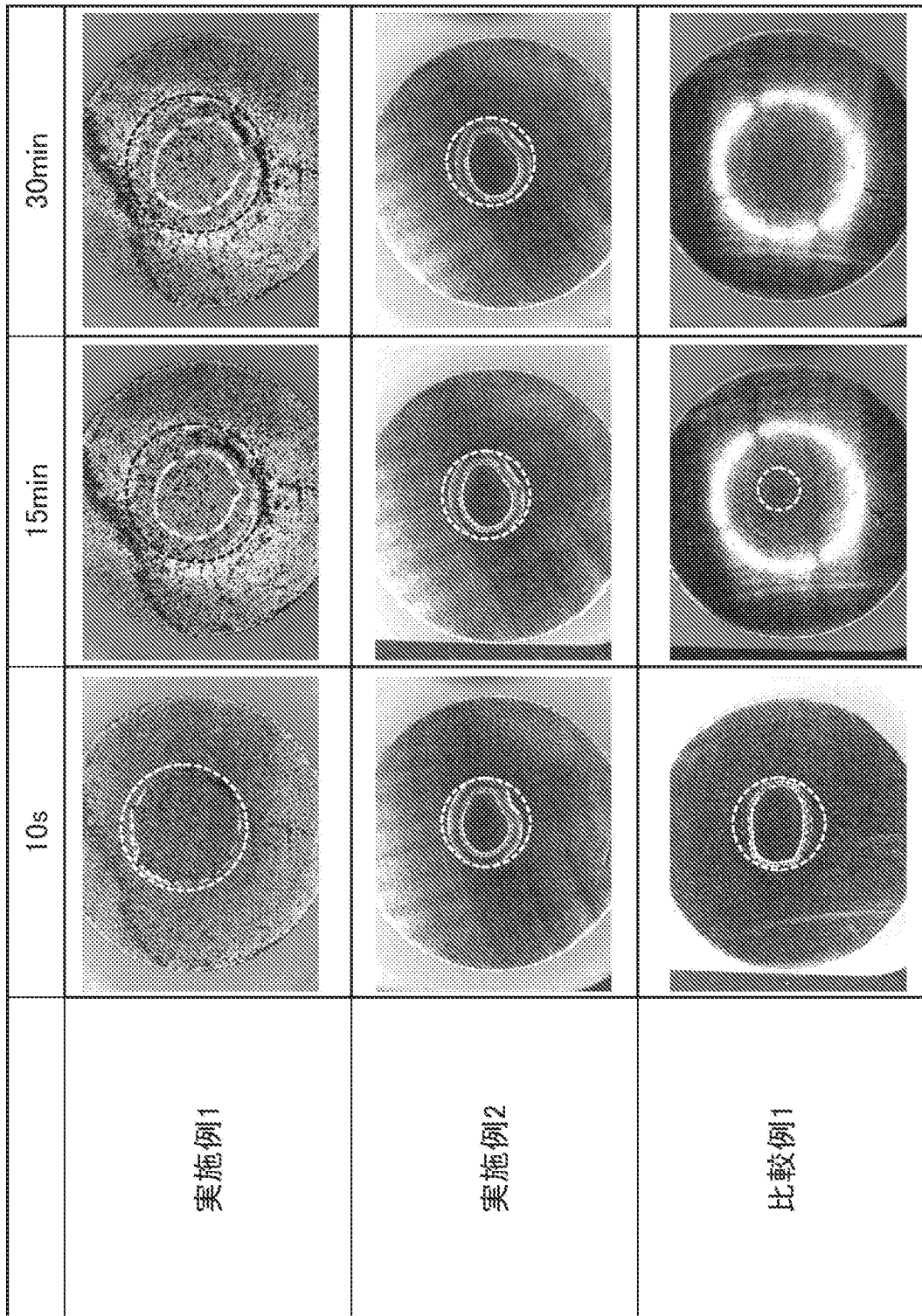


(c)

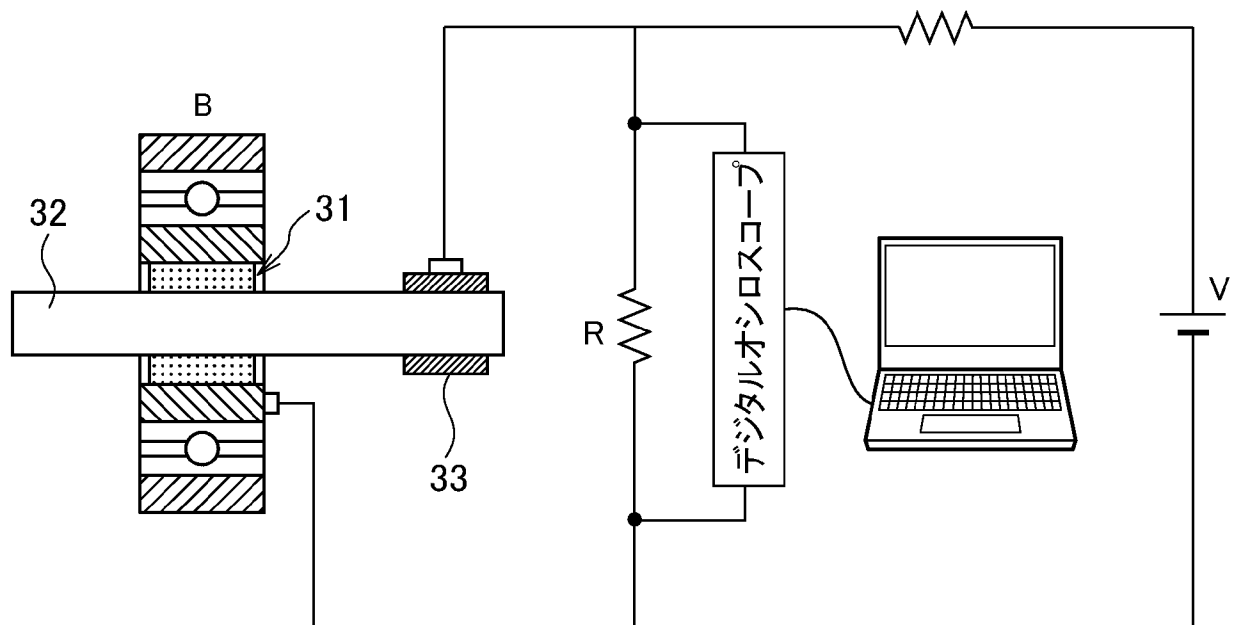
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/040289

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B22F 1/00**(2022.01)i; **B22F 3/11**(2006.01)i; **B22F 5/00**(2006.01)i; **C22C 33/02**(2006.01)i

FI: B22F1/00 U; B22F3/11 Z; B22F5/00 C; C22C33/02 101; C22C33/02 103A

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)

B22F1/00; B22F3/11; B22F5/00; C22C33/02

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 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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.
X	JP 2020-85004 A (HITACHI CHEMICAL COMPANY, LTD.) 04 June 2020 (2020-06-04) claims, paragraphs [0020], [0023], [0041]-[0048], [0074], [0076]-[0077], table 1, image 3	11-12
Y		3-7, 10, 13
A		1-2, 8-9
X	JP 4-157139 A (HITACHI POWDERED METALS CO., LTD.) 29 May 1992 (1992-05-29) claims, p. 2, lower left column, lines 7-8, examples 1-5, 7	11-12
Y		1-7, 10, 13
A		8-9
X	JP 63-118047 A (EATON CORPORATION) 23 May 1988 (1988-05-23) examples 1-2	11-12
A		1-10, 13

☒ 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

18 January 2024

Date of mailing of the international search report

06 February 2024

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/JP2023/040289**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005-82867 A (HITACHI POWDERED METALS CO., LTD.) 31 March 2005 (2005-03-31) abstract, paragraphs [0003], [0015]-[0025], fig. 3, 8, 9	1-2, 13
Y		1-7, 10, 13
A		8-9, 11-12
X	JP 2010-7141 A (PORITE CORP.) 14 January 2010 (2010-01-14) claims, paragraphs [0016], [0024], [0036], [0051]	1-2, 5, 10, 13
Y		1-7, 10, 13
A		8-9, 11-12
Y	JP 2006-9846 A (HITACHI POWDERED METALS CO., LTD.) 12 January 2006 (2006-01-12) paragraph [0013]	2-7, 10, 13
A		1, 8-9, 11-12
Y	JP 2023-36234 A (DIAMET KK) 14 March 2023 (2023-03-14) paragraphs [0028]-[0033], [0039]-[0043]	1-5, 10, 13
A		6-9, 11-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/040289

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-85004	A	04 June 2020	(Family: none)	
JP	4-157139	A	29 May 1992	US 5259860	A
				claims, column 1, line 42, examples 4-5, 7	
				EP 481763	A1
				KR 10-1992-0007722	A
JP	63-118047	A	23 May 1988	US 5041158	A
				examples 1-2	
				EP 266936	A1
JP	2005-82867	A	31 March 2005	US 2005/0063856	A1
				abstract, paragraphs [0006], [0068]-[0093], fig. 3, 8, 9	
				CN 1603441	A
JP	2010-7141	A	14 January 2010	(Family: none)	
JP	2006-9846	A	12 January 2006	US 2005/0286822	A1
				paragraph [0032]	
				EP 1617090	A2
				KR 10-2006-0035557	A
				CN 1712748	A
JP	2023-36234	A	14 March 2023	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B22F 1/00(2022.01)i; B22F 3/11(2006.01)i; B22F 5/00(2006.01)i; C22C 33/02(2006.01)i FI: B22F1/00 U; B22F3/11 Z; B22F5/00 C; C22C33/02 101; C22C33/02 103A		
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）） B22F1/00; B22F3/11; B22F5/00; C22C33/02 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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
X Y A	JP 2020-85004 A（日立化成株式会社）04.06.2020（2020-06-04） 特許請求の範囲、段落[0020],[0023],[0041]-[0048],[0074],[0076]-[0077],表 1,写真3	11-12 3-7,10,13 1-2,8-9
X Y A	JP 4-157139 A（日立粉末冶金株式会社）29.05.1992（1992-05-29） 特許請求の範囲、第2頁左下欄第7-8行、実施例1-5,7	11-12 1-7,10,13 8-9
X A	JP 63-118047 A（イートンコーポレーション）23.05.1988（1988-05-23） 実施例1-2	11-12 1-10,13
☒ 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 18.01.2024	国際調査報告の発送日 06.02.2024	
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） 藤長 千香子 4E 5796 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	

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
X	JP 2005-82867 A (日立粉末冶金株式会社) 31.03.2005 (2005 - 03 - 31) 要約、段落[0003],[0015]-[0025],図3,8,9	1-2,13
Y		1-7,10,13
A		8-9,11-12
X	JP 2010-7141 A (ボーライト株式会社) 14.01.2010 (2010 - 01 - 14) 特許請求の範囲、段落[0016],[0024],[0036],[0051]	1-2,5,10,13
Y		1-7,10,13
A		8-9,11-12
Y	JP 2006-9846 A (日立粉末冶金株式会社) 12.01.2006 (2006 - 01 - 12) 段落[0013]	2-7,10,13
A		1,8-9,11-12
Y	JP 2023-36234 A (株式会社ダイヤモンド) 14.03.2023 (2023 - 03 - 14) 段落[0028]-[0033],[0039]-[0043]	1-5,10,13
A		6-9,11-12

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/JP2023/040289

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-85004	A	04.06.2020	(ファミリーなし)	
JP	4-157139	A	29.05.1992	US 5259860	A
				特許請求の範囲、第1欄第42行、実施例4-5, 7	
				EP 481763	A1
				KR 10-1992-0007722	A
JP	63-118047	A	23.05.1988	US 5041158	A
				実施例1-2	
				EP 266936	A1
JP	2005-82867	A	31.03.2005	US 2005/0063856	A1
				要約、段落[0006], [0068]-[0093], 図3, 8, 9	
				CN 1603441	A
JP	2010-7141	A	14.01.2010	(ファミリーなし)	
JP	2006-9846	A	12.01.2006	US 2005/0286822	A1
				段落[0032]	
				EP 1617090	A2
				KR 10-2006-0035557	A
				CN 1712748	A
JP	2023-36234	A	14.03.2023	(ファミリーなし)	