

(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
2017年9月14日(14.09.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/154587 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 29/10 (2006.01) F04D 29/046 (2006.01)
C22C 29/02 (2006.01) F16C 33/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006735
- (22) 国際出願日: 2017年2月23日(23.02.2017)
- (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 2016-043517 2016年3月7日(07.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP). 日本タングステン株式会社 (NIPPON TUNGSTEN CO., LTD) [JP/JP]; 〒8128538 福岡県福岡市博多区美野島 1 丁目 2 番 8 号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 伊藤 暢晃 (ITO, Nobuaki); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 杉山 憲一 (SUGIYAMA, Kenichi); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 八鍬 浩

(YAKUWA, Hiroshi); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 高橋 則雄 (TAKAHASHI, Norio); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 小宮 真 (KOMIYA, Makoto); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 藤本 賢二 (FUJIMOTO, Kenji); 〒8128538 福岡県福岡市博多区美野島 1 丁目 2 番 8 号 日本タングステン株式会社内 Fukuoka (JP).

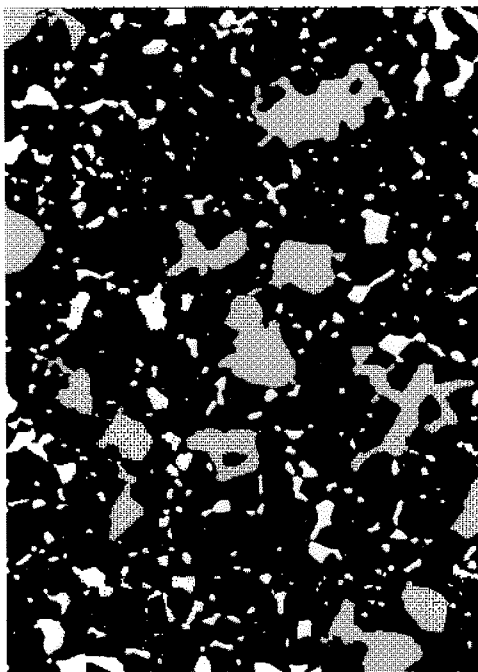
(74) 代理人: 小野 新次郎, 外 (ONO, Shinjiro et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2 0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).

(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, 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,

[続葉有]

(54) Title: SLIDING MATERIAL, SHAFT SLEEVE, AND PUMP PROVIDED WITH SHAFT SLEEVE

(54) 発明の名称: 摺動材料、軸スリーブ及び軸スリーブを備えたポンプ



100μm

(57) Abstract: Provided is a TiCx-(Ti-Mo) sliding material having a binder phase that comprises a Ti-Mo alloy, and a hard phase that includes TiCx, wherein the TiCx-(Ti-Mo) sliding material is characterized by satisfying all of the following conditions: (1) the total area of the binder phase and the hard phase is 90% or more of the visual field area; (2) the total area of the binder phase is 15-20% of the visual field area; (3) the total area within the binder phase that corresponds to a case of a diameter of 10-50 μm, calculated under the assumption that the area is the area of a circle, is 60-80% of the total area of the binder phase; (4) the total area within the binder phase that corresponds to a case of a diameter of less than 10 μm, calculated under the assumption that the area is the area of a circle, is 20-40% of the total area of the binder phase; and (5) the Mo concentration in the binder phase is 25-35 wt%.

(57) 要約: Ti-Mo系合金からなるバインダー相と、TiCxを含む硬質相と、を有するTiCx-(Ti-Mo)系摺動材料であって、(1) 当該バインダー相と硬質相との総面積が当該視野面積の90%以上であること、(2) 当該バインダー相の総面積が当該視野面積の15%以上20%以下であること、(3) 当該バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が10μm以上50μm以下に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相の総面積の60%以上80%以下であること、(4) 当該バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が10μm未満に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相の総面積の20%以上40%以下であること、(5) 当該バインダー相中のMo濃度は、25wt%以上35wt%以下であること、をすべて満たすことを特徴とするTiCx-(Ti-Mo)系摺動材料。

WO 2017/154587 A1



SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

摺動材料、軸スリーブ及び軸スリーブを備えたポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、ポンプ等に用いる軸スリーブとその摺動材料に関し、特に、海水や下水のような腐食性を有する流体と接触する環境下で用いる軸スリーブ、およびそれを用いたポンプに関する。

背景技術

[0002] ポンプには、羽根車を回転させるためモータ等の駆動機の回転力を羽根車に伝達する回転軸が備えられている。ポンプの羽根車はケーシングに囲繞され、水を送水するので水に晒される。回転軸は、多くはケーシング外部からケーシング内部の羽根車に接続するので、水に晒される部分が生じる。また、回転軸は、回転軸の回転方向に作用する力が生じるので、その力を受けるすべり軸受等の軸受により支えられる。すべり軸受は、多くのポンプでは水中に配置されている。

[0003] 回転軸は、すべり軸受の部分では摺動するので、回転数が大きかったり、水中に硬質の砂などが混入したりしていると、摩耗が激しくなる。そのような場合には回転軸よりも耐摩耗性に優れた材料によるスリーブという円筒状の部材が、すべり軸受と摺動する回転軸の外周に備えられている場合がある。すべり軸受の配置の位置や個数は、回転軸の長さや回転体の重さや回転数などの条件に依存する。

[0004] 一般に、材料の硬度が大きいほど耐摩耗性に優れた材料であるので、スリーブに用いる材料は、耐摩耗性に優れた材料として、WC（タングステンカーバイド）のようなセラミックスの粒子をC、Ni等の金属素地中に分散させた超硬材料などが用いられている。

[0005] しかし、海水や下水のような腐食性を有する液体を扱う用途のポンプに組み込むスリーブには、耐摩耗性だけではなく耐腐食性も求められる。耐摩耗

性及び耐腐食性に優れた材料として、Ti-Mo系合金からなるバインダー相と、TiCを含む硬質相とを有するスリーブが提案されている。

[0006] 特許文献1には、従来のCo, Ni等の金属素地中にWC（タングステンカーバイド）のようなセラミックスの粒子を分散させた材料では、Co, Ni等が腐食により溶出し、WCが脱落するためスリーブの強度や、耐摩耗性が維持できないという課題を解決することを目的として、Ti-Mo系共晶合金からなるバインダー相にTiC粒子が均一に分散された超硬材料から構成されるスリーブが提案されている。Ti-Mo系共晶合金は、合金自体の耐蝕性が優れていること、 α -Ti相と β -TiMo相とを緻密に分散させることで硬度が向上すること、異種金属の接触による腐食から保護できることが記載されている。

[0007] 特許文献2には、Ti-Mo系合金からなるバインダー相にTiC粒子が均一に分散された超硬材料であって、硬質相としてのTiCの含有割合が90wt%乃至70wt%であり、Ti-Mo系共晶合金の含有割合が10wt%乃至30wt%である焼結体からなるサーメットから構成されるスリーブが提案されている。

[0008] これらの文献の提案によれば、耐摩耗性は勿論、耐腐食性や耐摺動性、耐かじり性能の向上がされることが示唆されている。

[0009] しかし、特許文献3には、Ti-Mo-TiC系焼結合金は、焼結に際して、TiC中のCがTiおよびMo側との間で相互拡散し、焼結後、具体的にはTiC_{0.5}相当のTiC相とTi-Mo合金相（ β -Ti相）となり、例えば粒径45ミクロン以下の粗大なTi原料粉末を多く含む場合には、さらにCが拡散してTiC_{1.0}からTiC_{0.5}に変わる過程でTiC_x相の著しい粒成長を伴うため、硬度及び強度が低下すること、Tiが活性であるため微細なTi粉末を用いる製造が非常に困難であること、固溶酸素量や窒素量によって大きく物性が劣化するため工業的な適用ができなかったことが記載されている。

[0010] ところで、超硬材料から構成されるスリーブは、回転時に衝撃力を受ける

と破損しやすい。特に回転速度が高速になるほど、あるいは摺動部分に異物が混入するほど、衝撃力が生じやすくなり、スリーブが破損することが多い。また、スリーブとすべり軸受とを摺動させているうちに両者の間の摺動部に異物が混入すると、異物がスリーブ表面に作用することにより生じた傷から、亀裂が生じて強度が低下してしまう。それゆえ、更に破損しやすくなる。

[0011] 近年、揚水・排水施設においては、より高い揚程により大容量の揚水を行えるポンプが求められており、そのため、回転軸はより太く長くなり、回転数はより高速化している。さらに、近年の気候の変化により、大雨や洪水などによって多量の土砂、砂礫が河川や海に運ばれ、あるいは川底や海底から舞い上がり、揚水に混入する状況になってきている。

[0012] したがって、求められるポンプのスリーブの使用環境は、ますます破損を生じやすい厳しい条件となっており、スリーブには、それに対応する性能、すなわち破壊靱性値が現状よりもっと高い材料が求められている。なお、「靱性」とは、亀裂の初期発生から進展にかけての抵抗力であり、「破壊靱性値」とはその指標である。

[0013] Ti-Mo系合金からなるバインダー相と、TiCを含む硬質相と、を有する耐蝕性と耐摩耗性に強い材料における硬度と破壊靱性との関係は線形相関ではなく、破壊靱性が最大となる硬度がある。たとえば図1に示すように、ビッカース硬さHV30(30kgf)で800Nまでは硬度が高くなるほど破壊靱性も大きくなるが、800Nにおいて破壊靱性が最大となり、800Nを越えると硬度が高くなるほど破壊靱性が低下するという傾向がある。一方、硬度が低くなると摩耗量が増加するため、摺動部材としての適性を満たさない。したがって、摩耗量が低く、高い硬度を有し、且つ高い破壊靱性を有する摺動材料が求められている。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特開2000-161361号公報

特許文献2：特開2003-129166号公報

特許文献3：特開2004-190097号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0015] 本発明は、Ti-Mo系合金からなるバインダー相と、TiCを含む硬質相と、を有する摺動材料であって、耐摩耗性に優れ、硬さがあり且つ高い破壊靱性を有する摺動材料を提供すること、当該摺動材料から構成され、耐蝕性、耐摩耗性及び耐破損性に優れるスリーブを提供すること、及び当該スリーブを組み込んだポンプを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0016] 本発明によれば、Ti-Mo系合金からなるバインダー相と、 TiC_x (x は0.5～0.7)を含む硬質相と、を有するTiC-(Ti-Mo)系摺動材料であり、拡大率400倍の走査型電子顕微鏡(SEM)観察の反射電子像における視野のピクセル数を換算した値として $317\mu m \times 220\mu m$ で観察した場合(以下「SEM観察視野」と略す。)に、下記条件(1)乃至(5)：

(1) 当該バインダー相と硬質相との総面積が当該視野面積の90%以上であること、

(2) 当該バインダー相の総面積が当該視野面積の15%以上20%以下であること、

(3) 当該バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が $10\mu m$ 以上 $50\mu m$ 以下に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相全体の総面積の60%以上80%以下であること、

(4) 当該バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が $10\mu m$ 未満に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相全体の総面積の20%以上40%以下であること、

(5) 当該バインダー相中のMo濃度は、25wt%以上35wt%以下であること、

をすべて満たすことを特徴とするTiCx-(Ti-Mo)系摺動材料が提供される。

[0017] TiC-(Ti-Mo)系摺動材料は、80～90mass%のTiCと、10～20mass%のTi-Mo系合金と、を含むことが好ましい。

[0018] 走査型電子顕微鏡（以下「SEM」と略す。）観察による面積率の算出の手順は以下のとおりである。

[0019] 試験片の観察倍率400倍のSEMの反射電子像を観察して、視野（317 μ m×220 μ m）の画像解析を行う。SEM画像中、白色に表示される領域が金属相又は合金相であり、黒色に表示される領域が炭化物相である。二値化処理により、白色に表示される各領域の面積を求め、この面積を円の面積と仮定して直径を算出し、直径10 μ m以上50 μ m以下に相当する領域の総面積と、直径10 μ m未満に相当する領域の総面積と、直径50 μ m超に相当する領域の総面積と、を求め、白色に表示される領域の総面積に対する各領域の総面積の比率を算出する。観察視野を少なくとも5箇所選択し、その平均値を面積率とする。

[0020] バインダー相中のMo濃度は、エネルギー分散型X線分光法（EDX）により、SEM観察視野中の任意のバインダー相について、少なくとも10点を任意に選択して点分析を行った結果の平均値とする。

[0021] 本発明の摺動材料は、上記バインダー相、硬質相、Ti相及びMo相とは異なる第三相を上記SEM観察視野面積の10%未満の量でさらに含んでもよい。第三相としては、Ti-Moを除く元素周期表5族金属元素、6族金属元素及びTiから選択される2種類以上の金属元素の相互固溶体、又はTiCを除く元素周期表5族金属元素、6族金属元素及びTiから選択される1種類以上の金属元素の炭化物、窒化物及び炭窒化物、及びこれらの組合せを好適に挙げることができる。第三相が出現することで、バインダー相及び硬質相の総量が相対的に低下するため、Ti-Mo相とTiCx相の二相合金の強度が弱まり、抗折強度が低下してしまうため、第三相の含有率は低い方が望ましい。

[0022] また、本発明によれば、前記TiC-(Ti-Mo)系摺動材料から形成されるスリーブが提供される。本発明のスリーブは、回転機械の回転軸と、当該回転軸を摺動しながら支えるすべり軸受と、の間に備え付けられる。

[0023] さらに、本発明によれば、前記TiC-(Ti-Mo)系摺動材料から形成されるスリーブを組み込んだポンプが提供される。本発明のポンプは、羽根車と、当該羽根車を回転させる回転軸と、当該羽根車と当該回転軸を囲繞し、当該回転軸を摺動しながら支えるすべり軸受を固定するケーシングと、当該回転軸のすべり軸受け摺動する面に設けられている円筒状の前記スリーブとを具備する。

発明の効果

[0024] 本発明の摺動材料は、高い硬度における耐摩耗性に優れ、且つ高い破壊靱性を有する。

[0025] 本発明のスリーブは、耐蝕性、耐摩耗性及び耐破損性に優れる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]材料の硬さと破壊靱性値の関係を示すグラフである。

[図2]本発明に係るポンプの一実施態様の断面図である。

[図3]本発明に係る軸受装置の一実施態様の断面図である。

[図4]試料No. E1のSEM画像である。

[図5]図4のSEM画像の左側半分の領域を二値化処理した画像である。

実施形態

[0027] 以下、添付図面を参照しながら本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0028] 図2は、立軸ポンプ3の全体を示す断面図である。図2に示すように、立軸ポンプ3は、ポンプ設置床に設置固定される吐出エルボ30と、この吐出エルボ30の下端に接続されるケーシング29と、ケーシング29の下端に接続されるとともにインペラ22を内部に格納する吐出ボウル28と、吐出ボウル28の下端に接続されるとともに水を吸い込むための吸い込みベル27とを備えている。

- [0029] 立軸ポンプ3のケーシング29、吐出ボウル28、及び吸い込みベル27の径方向略中心部には、上下二本の軸が軸継手26によって互いに接続されることにより形成された一本の回転軸10が配置されている。
- [0030] 回転軸10は、支持部材を介してケーシング29に固定されている上部軸受32と、支持部材を介して吐出ボウル28に固定されている下部軸受33によって支持されている。回転軸10の一端側（吸い込みベル27側）には、水をポンプ内に吸い込むためのインペラ22が接続されている。回転軸10の他端側は、吐出エルボ30に設けられた孔を通して立軸ポンプ3の外部へ延び、インペラ22を回転させる図示しないエンジンやモータ等の駆動機へ接続される。
- [0031] 回転軸10と吐出エルボ30に設けられた孔との間には、フローティングシール、グランドパッキンまたはメカニカルシール等の軸シール34が設けられており、軸シール34により立軸ポンプ3が扱う水が立軸ポンプ3の外部に流出することを防止する。
- [0032] 駆動機は、保守点検を容易に行うことができるように陸上に設けられる。駆動機の回転は回転軸10に伝達され、インペラ22を回転させることができる。インペラ22の回転によって水は吸込みベル27から吸い込まれ、吐出ボウル28、ケーシング29を通過して吐出エルボ30から吐出される。
- [0033] 図3は、図2に示した軸受32、33に適用される軸受装置の拡大図である。図3に示すように、軸受装置は、回転軸10の外周に、本発明の摺動材料から構成されるスリーブ11を有している。
- [0034] スリーブ11の外周側には、中空円筒のセラミックスからなるすべり軸受1が設けられている。スリーブ11の外周面は、すべり軸受1の内周面（すべり面）と非常に狭いクリアランスを介して対面し、すべり軸受1に対して摺動するように構成されている。すべり軸受1は、金属又は樹脂からなる軸受ケース12によりつば部12aを介してポンプのケーシング29（図2参照）等へ繋がる支持部材13に固定されている。すべり軸受1は中空円筒状の形状を有しており、内周面1aがスリーブ11の外周面と対面し、外周面

1 bが軸受ケース1 2に嵌合される。

[0035] 図2に示した立軸ポンプ3は、ポンプ起動時には大気中で運転される。すなわち、軸受3 2, 3 3は液体の潤滑のないドライ条件で運転される。ここでドライ条件とは、ポンプ運転中の軸受3 2, 3 3の雰囲気、液体の潤滑がない大気中である条件をいい、ドライ運転とはその条件で運転することをいう。また、図3に示した軸受3 2, 3 3は軸受に通水した排水条件でも運転される。ここで、排水条件とは、ポンプ運転中の軸受3 2, 3 3の雰囲気が、土砂等の異物（スラリー）が混入した水中である条件をいい、排水運転とはその条件で運転することをいう。このような条件で軸受3 2, 3 3が使用される。

実施例

[0036] [実施例1]

市販の TiC_x ($x=0.5\sim0.9$ 、平均粒径： $1.0\mu m$)、 Ti 粉末（粒径： $<45\mu m$)、 Mo 粉末（平均粒径： $4.2\mu m$)、 TaC_y ($y=1$ 、平均粒径： $1.0\mu m$)を各々所定割合で配合し、らい漬機またはヘンシェル混合機にて1時間～2時間混合し、得られた混合粉末を $1000kgf/cm^2\sim2000kgf/cm^2$ にてプレス成型した。これを $1250^\circ C\sim1500^\circ C$ にて真空または減圧下における窒素またはアルゴンの不活性ガス雰囲気中で2時間焼結した。このような製造方法において、 TiC_x 、 Ti 、 Mo 及び TaC_y の配合比や、温度を変えることにより、バインダー相（結合相）及び硬質相の比率、バインダー相内の Mo 存在量、バインダー相の大きさ、第三相の割合について、各々異なる複数の試料を製造した。

[0037] 表1に各試料の製造条件を示す。

[0038]

[表1]

表1 製造条件

試料 No.	TiC _x mass%	Ti mass%	Mo mass%	TaC _y mass%	混合時間 Hr	成形圧力 MPa	焼結温度 ℃
E 1	85	10	5	-	2	98	1300
E 2	85	10	5	-	2	98	1300
E 3	86.5	10	3.5	-	2	98	1300
E 4	90	5	5	-	2	98	1300
E 5	80	15	5	-	2	98	1300
E 6	82.5	10	7.5	-	2	98	1300
E 7	78	10	5	7.0	2	98	1300
C 1	85	0	5	10.0	2	98	1300
C 2	91.5	5	3.5	-	2	98	1300
C 3	77.5	15	7.5	-	2	98	1300
C 4	84	12.5	3.5	-	2	98	1300
C 5	85	7.5	7.5	-	2	98	1300
C 6	85	10	5	-	2	98	1250
C 7	85	10	5	-	1	98	1500
C 8	85	10	5	-	1	98	1400

[0039] 得られた試料について下記項目の評価を行った。

[0040] [摩耗量]

各試料を外径65mmのスリーブに成形加工し、異物濃度が300mg/Lの水中において、軸受面圧0.12MPaを付与して、摺動面のすべり速度を5.0m/secとして8時間回転させた後、摩耗試験によって測定した。異物は、平均粒径5μmのケイ砂（主成分：SiO₂）と平均粒径30μmのケイ砂が1：1の割合で混合したものをを用いた。摩耗量は触針式表面形状測定器で計測した。

[0041] 摩耗試験の結果、摩耗深さ進行速度が2μm/h以下である場合を「○」、2μm/hを越える場合を「×」とした。

[0042] [抗折強度]

J I S H 5 5 0 1 超硬工具規格 (C I S O 2 6 B) に準拠し、各試料について規定の寸法 (2 5 × 8 × 4 m m) の試験片を用意し、3 点曲げ試験により測定を行った。

[0043] 抗折強度が 0. 5 G P a 以上である場合に「○」、0. 5 G P a 未満である場合は「×」とした。抗折強度が 0. 5 G P a 未満の場合は、破壊されやすくなるので好ましくない。

[0044] [破壊靱性]

I F (I n d e n t a t i o n F r a c t u r e) 法 (圧子圧入法) により、試料 (1 0 m m × 1 0 m m × 5 m m) に圧子を押し込んだ時に生ずるクラックの大きさと圧痕 (ビッカース痕) の大きさから求めた。尚、評価式は E v a n z s の式による。

[0045] 破壊靱性値が $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 以上である場合に「○」、 $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 未満である場合は「×」とした。破壊靱性値が $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 未満の場合には、破壊されやすくなるので好ましくない。

[0046] [耐蝕性]

定電位分極試験の電流密度から評価した。定電位分極試験は、2 5 ° C の人工海水中で、対極に白金、参照電極に銀-塩化銀電極を用いて、+ 0. 4 4 1 V _{v s} S S E で 7 2 時間定電位分極をした。

[0047] 電流密度が $1. 0 \times 10^{-3} \text{ mA} / \text{cm}^2$ 以下である場合に「○」、 $1. 0 \times 10^{-3} \text{ mA} / \text{cm}^2$ を越える場合は「×」とした。電流密度が $1. 0 \times 10^{-3} \text{ mA} / \text{cm}^2$ を越えると、腐食による材料の損傷が激しくなる。

[0048] [硬度]

ビッカース圧痕法において、荷重 3 0 k g f をかけて測定した。

[0049] [T i - M o 相面積]

各試料を試験片に切り出し、観察倍率 4 0 0 倍の走査型電子顕微鏡 (以下「S E M」と略す。) の反射電子像を観察して S E M 画像を撮影し、視野 (S E M 観察画像のピクセル数を換算した数値として $3 1 7 \mu \text{m} \times 2 2 0 \mu \text{m}$) の画像解析を行った。図 4 は試料番号 E 1 の S E M 画像であり、図 5 は図

4のSEM画像の左側半分の領域を画像解析のために二値化処理した画像である。図4の微細な黒色の点は残留ポアである。図5の画像解析用SEM画像中、白色に表示される領域が金属相又は合金相であり、黒色に表示される領域が非金属である炭化物相、窒化物相、炭窒化物相などである。白色に表示される各領域の面積を求め、この面積を円の面積と仮定して直径を算出し、直径 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下に相当する領域（図5の白色に網掛けをした灰色の領域）総面積と、直径 $10\mu\text{m}$ 未満に相当する領域（図5の白色の領域）の総面積と、直径 $50\mu\text{m}$ 超に相当する領域の総面積と、を求め、白色に表示される領域の総面積に対する各領域の総面積の比率を算出した。観察視野を5箇所選択し、その平均値を面積率とした。

[0050] [Ti-Mo相中Mo濃度]

SEM観察の後、試験片観察視野中の白色領域を任意に選択し、エネルギー分散型X線分光法（以下「EDX」と略す。）による点分析を行って、Mo濃度を分析した。分析ポイントを10箇所選択し、その平均値をMo濃度値とした。

[0051] [第三相面積]

図5において第三相は確認できない。SEMの反射電子像では、各相の密度差による色度及び明度の差が観察できるため、Ti-Mo相及びTiC相ではない相を確認することができ、画像解析によって面積比を求めることができる。評価結果を下記表2に示す。なお、TiCxとTi粉末及びMo粉末との混合及び焼結によりTiがTiCx相に拡散するため、TiCx相中のCの相対量が減少するため、xの範囲は0.5乃至0.9を維持できず、0.5乃至0.7となる。

[0052]

[表2]

表 2 評価結果

試料 番号	摩耗量	抗折強度	破壊靱性	耐蝕性	HV(30kgf) ピッカース 硬さ N	TiMo相 面積割合	TiMo相中 Mo濃度	TiMo相の径別面積比			第三相	総合評価
								>50 μm	50~10 μm	10 μm >		
								sq%	sq%	sq%	sq%	
E1	○	○	○	○	930	16	29	0	73	27	0	○
E2	○	○	○	○	986	19	31	0	78	22	0	○
E3	○	○	○	○	980	15	25	0	64	36	0	○
E4	○	○	○	○	1025	15	35	0	65	35	0	○
E5	○	○	○	○	810	20	25	0	68	32	0	○
E6	○	○	○	○	850	20	35	0	72	28	0	○
E7	○	○	○	○	830	18	33	0	75	15	10	○
C1	○	×	○	○	840	17	31	0	77	23	15	×
C2	○	○	×	○	1000	13	35	0	67	33	0	×
C3	×	○	○	○	790	21	26	0	66	34	0	×
C4	○	○	×	○	880	15	24	0	61	39	0	×
C5	×	○	○	○	780	20	36	0	67	33	0	×
C6	○	○	×	○	980	19	32	0	50	50	0	×
C7	○	×	○	○	820	20	32	30	50	20	0	×
C8	○	×	○	○	825	19	33	0	90	10	0	×

[0053] 表 2 に示すように、第三相の面積比率が 15% である試料番号 C 1 は抗折強度の評価において不合格となり、第三相の面積比率が 10% 以下である試料番号 E 1 乃至 E 7 は摩耗量、抗折強度、破壊靱性及び耐蝕性の全項目の評価において合格であった。すなわち、要件 (1) 「バインダー相 (Ti-Mo 相) と硬質相 (TiC 相) との総面積が視野面積の 90% 以上であること」を満たさない場合には、所望の摺動材料が得られなかった。

[0054] また、Ti-Mo 相 (バインダー相) の面積割合が 21% である試料番号 C 3 は摩耗量の評価において不合格となり、Ti-Mo 相 (バインダー相) の面積割合が 15% 以上 20% 以下である試料番号 E 1 乃至 E 7 は摩耗量、抗折強度、破壊靱性及び耐蝕性の全項目の評価において合格であった。すなわち、要件 (2) 「バインダー相の総面積が当該視野面積の 15% 以上 20% 以下であること」を満たさない場合には、所望の摺動材料が得られなかった。

[0055] さらに、Ti-Mo 相の面積を円の面積と仮定して求めた直径が 10 μm 以上 50 μm 以下である Ti-Mo 相の総面積が 50% である試料番号 C 6 及び C 7 並びに同総面積が 90% である試料番号 C 8 は、破壊靱性又は抗折強度の評価において不合格となり、同総面積が 60% 以上 80% 以下である

試料番号E 1乃至E 7は摩耗量、抗折強度、破壊靱性及び耐蝕性の全項目の評価において合格であった。また、試料番号C 6はT i - M o相の面積を円の面積と仮定して求めた直径が5 0 μ m超であるT i - M o相の総面積が5 0 %であり、試料番号C 7は同T i - M o相の面積を円の面積と仮定して求めた直径が1 0 μ m未満であるT i - M o相の総面積が3 0 %であった。すなわち、要件（3）「バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が1 0 μ m以上5 0 μ m以下に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相全体の総面積の6 0 %以上8 0 %以下であること」及び要件（4）「バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が1 0 μ m未満に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相全体の総面積の2 0 %以上4 0 %以下であること」を満たさない場合には、所望の摺動材料が得られなかった。

[0056] 加えて、T i - M o相中のM o濃度が2 4 w t %である試料番号C 4は破壊靱性の評価において不合格であり、T i - M o相中のM o濃度が3 6 w t %である試料番号C 5は摩耗量の評価において不合格であり、同M o濃度が2 5 w t %以上3 5 w t %以下である試料番号E 1乃至E 7は摩耗量、抗折強度、破壊靱性及び耐蝕性の全項目の評価において合格であった。すなわち、要件（5）「バインダー相中のM o濃度は、2 5 w t %以上3 5 w t %以下であること」を満たさない場合には、所望の摺動材料が得られなかった。

[0057] 以上から、要件（1）乃至（5）のいずれか一つでも充足しない場合には、摩耗量、抗折強度、破壊靱性及び耐蝕性の少なくとも一つにおいて所望の効果が得られず、全ての要件を満足することが必要条件であるといえる。

[0058] 軟質であるバインダー相と硬質相との比率は、破壊靱性と硬度に影響し、硬度と摩耗量には一定の範囲内で相関がある。バインダー相の比率が高くなれば、破壊靱性が上昇し、硬度が低くなり摩耗量が増加する。T i - M o相中のM o濃度も、破壊靱性と硬度に影響し、M o濃度が低すぎると、固溶強化によるT i - M o相の強化量が少なく、破壊靱性ならびに硬度が下がり、摩耗量が増加する。M o濃度が高くなると破壊靱性ならびに硬度が上がり摩

耗量が減少するが、Mo濃度が高すぎると焼結性が低下し、緻密な組織を得ることが困難になる。

[0059] 破壊靱性又は抗折強度は壊れやすさの指標でもあり、表2に示す結果から、Ti-Mo相が大きい、もしくは大きさが不均一であると、水中の硬質不純物によるアブレッシブ摩耗量が進行して、クラックが発生しやすくなり、壊れやすくなると考えられる。摺動時にスラリー中の硬質粒子が摺動材料表面に衝突すると、摺動材料表面にクラックが生じるが、その際の破壊エネルギーはTiC_x相に囲まれたTi-Mo相の塑性変形により吸収されるので、TiC_x相に囲まれたTi-Mo相がある程度大きいと、これがスラリー摩耗（硬質粒子を含んだ流体により生じる摩耗）で発生する摺動材料表面のクラックの伝播を妨げる働きをする。したがって、破壊摩耗によるクラックの進展が抑制され、耐摩耗性能が向上すると考えられる。

[0060] 以上、破壊靱性と硬度は相反する効果を奏するが、上記要件（1）乃至（5）をすべて満足する組織を有する摺動材料は、摺動材料自体の硬度が大きいものを選ばなくても、すなわち破壊靱性値が大きい材料であっても、摺動部材としての耐摩耗性を実現できることがわかった。

[0061] [実施例2]

次に、試料番号E3、E4、E5、E6、C1、C2及びC3の摺動材料から構成される軸受スリーブを立軸斜流ポンプ（図2及び3）に備え付けて、海水を排水する加速試験を行った。すなわち、過酷な運転環境となるように、スリーブの相手方の摺動部であるすべり軸受には硬いセラミックスを使用し、異物は実際の状況と同じ土砂を含ませ、振動が大きくなる起動停止を繰り返した。スリーブは、実際の設計厚みの半分にし、ポンプ回転数を通常回転の2割増で運転した。

[0062] 各スリーブを取り付けて排水運転の起動停止を同じ回数繰り返して軸受スリーブを観察したところ、試料番号E3、E4、E5、E6の摺動材料から構成される軸受スリーブには破損や亀裂は見られず、また摩耗量も問題はなかった。一方、試料番号C1及びC2の摺動材料から構成される軸受スリー

ブでは亀裂が生じていることが確認された。また、試料番号C 3については亀裂が見られなかったが、摩耗量が著しく多かった。

[0063] したがって、本発明に係る摺動部材を用いたスリーブを組み込んだポンプは、海水や下水のような腐食性をもつ液体を扱う場合、高い揚程と大容量の揚水に対応した回転軸が長く回転数が高速化された場合、また、多量の土砂、砂礫が揚水に混入する場合のいずれの状況であっても、耐蝕性と耐摩耗性が良く、破損に強いことが確認できた。

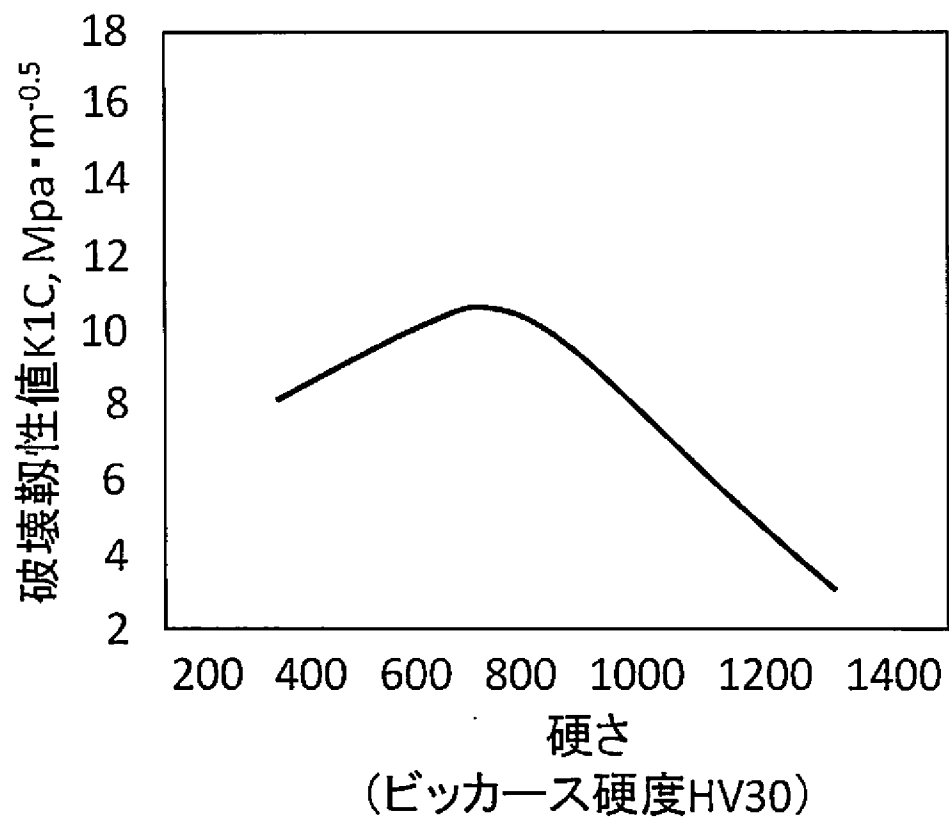
請求の範囲

- [請求項1] $Ti-Mo$ 系合金からなるバインダー相と、 TiC_x (x は0.5～0.7)を含む硬質相と、を有する $TiC-(Ti-Mo)$ 系摺動材料であって、拡大率400倍の走査型電子顕微鏡(SEM)観察の反射電子像における視野： $317\mu m \times 220\mu m$ (SEM観察画像のピクセル数を換算した値)で観察した場合に、下記条件(1)乃至(5)：
- (1) 当該バインダー相と硬質相との総面積が当該視野面積の90%以上であること、
 - (2) 当該バインダー相の総面積が当該視野面積の15%以上20%以下であること、
 - (3) 当該バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が $10\mu m$ 以上 $50\mu m$ 以下に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相の総面積の60%以上80%以下であること、
 - (4) 当該バインダー相のうち、面積を円の面積と仮定した場合に算出される直径が $10\mu m$ 未満に相当するバインダー相の総面積が、バインダー相の総面積の20%以上40%以下であること、
 - (5) 当該バインダー相中のMo濃度は、25wt%以上35wt%以下であること、
- をすべて満たすことを特徴とする $TiC-(Ti-Mo)$ 系摺動材料。
- [請求項2] 前記バインダー相及び前記硬質相とは異なる第三相がSEM観察視野面積の10%未満の量でさらに存在する、請求項1に記載の $TiC-(Ti-Mo)$ 系摺動材料。
- [請求項3] 回転機械の回転軸を摺動しながら支えるすべり軸受と、当該すべり軸受を固定する固定部材を備え、当該回転軸の当該すべり軸受と摺動する面に備えられた円筒状のスリーブであって、請求項1又は2に記載

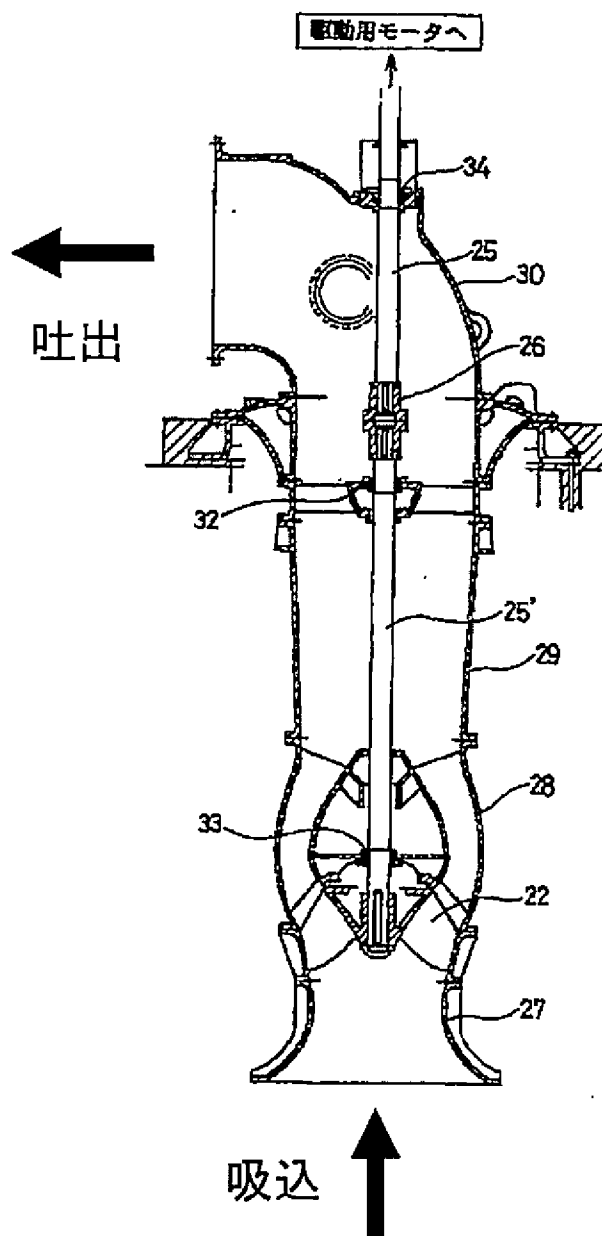
のTiC-(Ti-Mo)系摺動材料から構成されていることを特徴とするスリーブ。

- [請求項4] 羽根車と、該羽根車を回転させる回転軸と、当該羽根車と当該回転軸を囲繞し、当該回転軸を摺動しながら支えるすべり軸受を固定するケーシングを備えたポンプであって、
当該回転軸の当該すべり軸受と摺動する面に、請求項1又は2に記載のTiC-(Ti-Mo)系摺動材料から構成されている円筒状のスリーブが固定されていることを特徴とするポンプ。

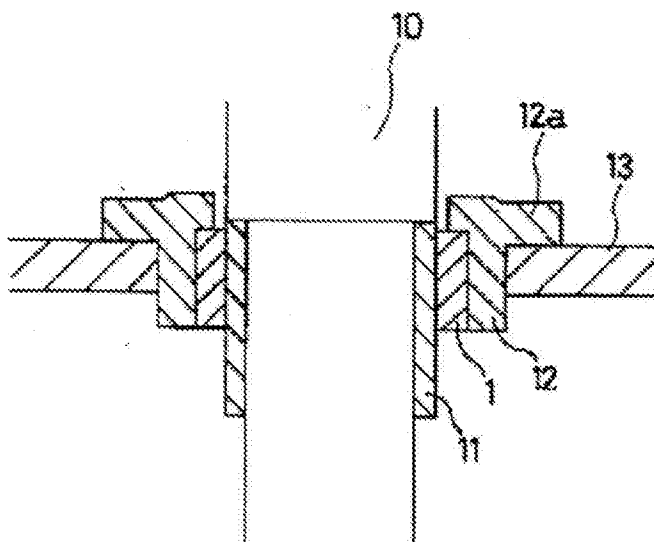
[図1]



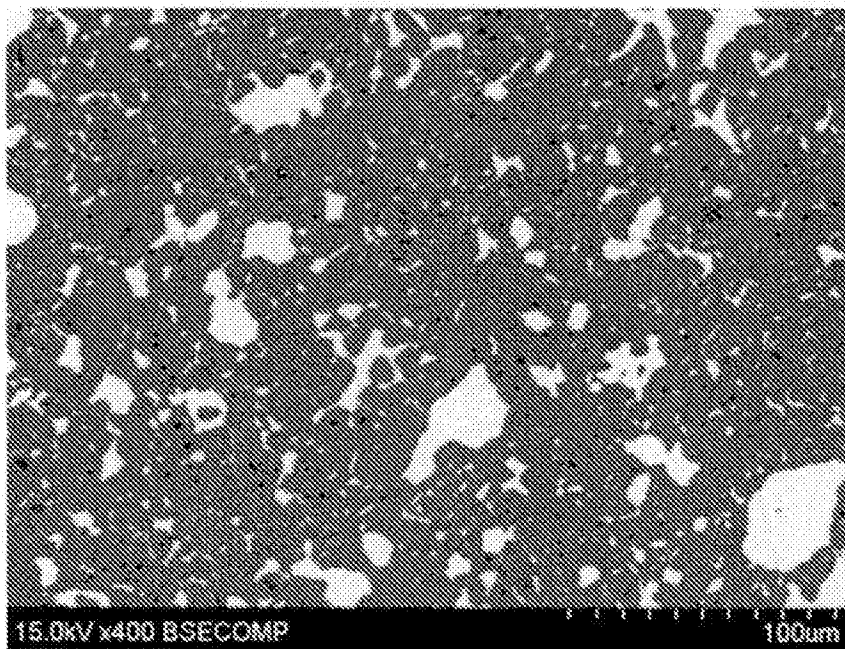
[図2]



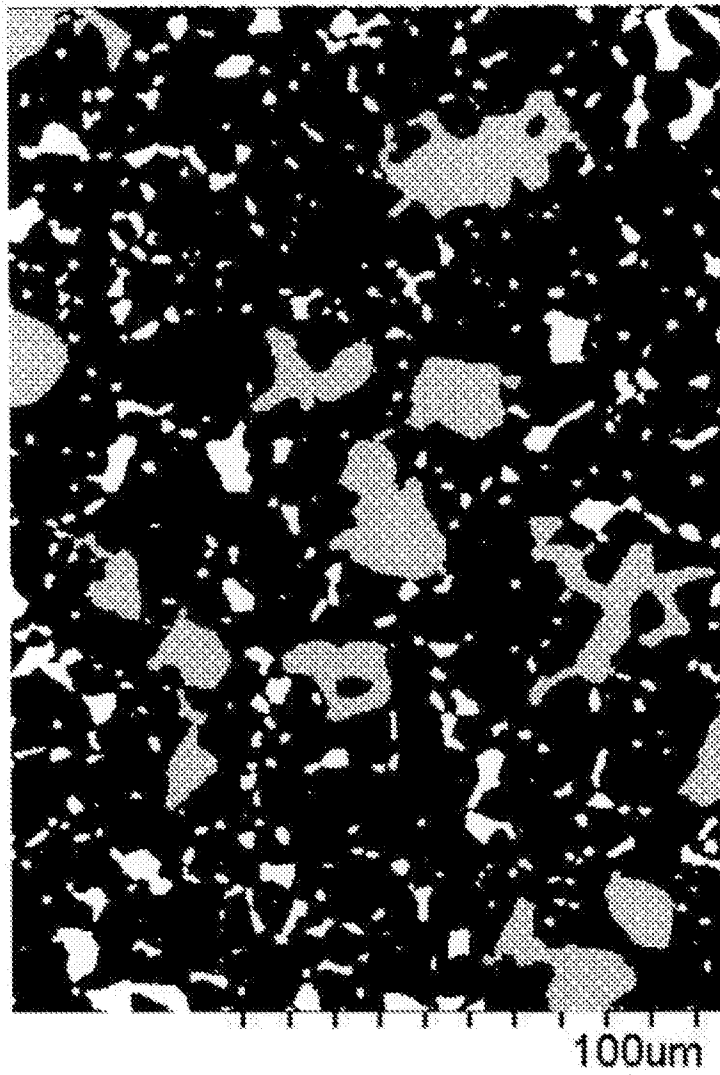
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006735

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C29/10(2006.01)i, C22C29/02(2006.01)i, F04D29/046(2006.01)i, F16C33/12(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)

C22C29/10, C22C29/02, F04D29/046, F16C33/12

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2003-129166 A (Ebara Corp.), 08 May 2003 (08.05.2003), (Family: none)	1-4
A	JP 6-73486 A (Nippon Tungsten Co., Ltd.), 15 March 1994 (15.03.1994), & US 5545248 A & GB 2269182 A & DE 4318699 A1	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
06 April 2017 (06.04.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C29/10(2006.01)i, C22C29/02(2006.01)i, F04D29/046(2006.01)i, F16C33/12(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. C22C29/10, C22C29/02, F04D29/046, F16C33/12

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2003-129166 A (株式会社荏原製作所) 2003.05.08, (ファミリーなし)	1-4
A	JP 6-73486 A (日本タングステン株式会社) 1994.03.15, & US 5545248 A & GB 2269182 A & DE 4318699 A1	1-4

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
「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

06.04.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

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)

坂本 薫昭

4 E

9265

電話番号 03-3581-1101 内線 3425