

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3963994号
(P3963994)

(45) 発行日 平成19年8月22日(2007.8.22)

(24) 登録日 平成19年6月1日(2007.6.1)

(51) Int.C1.

F 1

F 16 C 33/10	(2006.01)	F 16 C 33/10	Z
C 23 C 14/06	(2006.01)	C 23 C 14/06	A
F 16 C 33/12	(2006.01)	F 16 C 33/12	Z

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平9-54130	(73) 特許権者	000000239
(22) 出願日	平成9年2月20日(1997.2.20)	株式会社荏原製作所	
(65) 公開番号	特開平10-184692	東京都大田区羽田旭町11番1号	
(43) 公開日	平成10年7月14日(1998.7.14)	(74) 代理人	100087066
審査請求日	平成16年1月19日(2004.1.19)	弁理士	熊谷 隆
(31) 優先権主張番号	特願平8-58323	(74) 代理人	100094226
(32) 優先日	平成8年2月20日(1996.2.20)	弁理士	高木 裕
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	長坂 浩志
(31) 優先権主張番号	特願平8-313034	神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株	
(32) 優先日	平成8年11月7日(1996.11.7)	式会社荏原総合研究所内	
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	木村 芳一 神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株 式会社荏原総合研究所内

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】水潤滑軸受又は水潤滑シール及び流体機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転側に直接又は間接的に固定された回転側部材と、固定側に直接又は間接的に固定され、該回転側部材に対向摺接する固定側部材とを具備し、水を潤滑液とする水潤滑軸受又は水潤滑シールであって、

前記回転側部材及び固定側部材の基材を金属材料とし、その一方の部材の摺動面に窒化チタン膜を形成し、他方の部材の摺動面にDLC膜を形成したことを特徴とする水潤滑軸受又は水潤滑シール。

【請求項2】

回転側に直接又は間接的に固定された回転側部材と、固定側に直接又は間接的に固定され、該回転側部材に対向摺接する固定側部材とを具備し、水を潤滑液とする水潤滑軸受又は水潤滑シールであって、

前記回転側部材又は固定側部材の基材を金属材料とし、その摺動面に窒化チタン膜を形成し、該回転側部材又は固定側部材に対向摺接する前記固定側部材又は回転側部材に硬質炭素材を用いたことを特徴とする水潤滑軸受又は水潤滑シール。

【請求項3】

回転側に直接又は間接的に固定された回転側部材と、固定側に直接又は間接的に固定され、該回転側部材に対向摺接する固定側部材とを具備し、水を潤滑液とする水潤滑軸受又は水潤滑シールであって、

前記回転側部材又は固定側部材の基材を金属材料とし、その摺動面に窒化チタン膜を形

10

20

成し、該回転側部材又は固定側部材に対向摺接する前記固定側部材又は回転側部材に炭素繊維含有ポリエーテルエーテルケトン又は炭素繊維含有四弗化工チレン材を用いたことを特徴とする水潤滑軸受又は水潤滑シール。

【請求項 4】

軸受及び／又はシールを具備する流体機械において、

前記軸受に請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の水潤滑軸受を用いると共に、前記シールに請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の水潤滑シールを用いることを特徴とする流体機械。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、耐摩耗性、低い摩擦係数が要求される水潤滑軸受又は水潤滑シールに関し、特にポンプ、水車等の流体機械に好適な水潤滑軸受又は水潤滑シール、及びこの水潤滑軸受や水潤滑シールを使用する流体機械に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、ポンプ、水車等の流体機械の水潤滑軸受又は水潤滑シールとして、超硬合金、セラミックのいずれかを基材とする可動側部材とカーボンを主体とする静止側部材とを組み合わせた構成のものが多く使用されている。

【0003】

20

【発明が解決しようとする課題】

最近、これら流体機械の小型、高速、大容量化のニーズに伴い、軸受又はシールの使用条件は、高速、大荷重へとますます過酷なものとなってきている。そのため軸受又はシール用に従来から使用されている超硬合金などの材料では、固体間の滑り接触による摩擦熱の繰返しによる熱衝撃破壊や熱疲労割れ発生等の問題が指摘されている。

【0004】

一方、SiCなどのセラミックは摺動による熱応力に対しては、超硬合金より優れているが、高速回転体として利用した場合、耐衝撃性等の機械的性質が劣る欠点を有している。また、金属材料の表面に、浸炭、窒化処理などの硬化処理を施して摺動部材に用いているが、これらの表面処理では、改質層自体の硬度、処理後の基材変形などの点で、十分満足できる摺動面が得られなかった。

30

【0005】

本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、摩擦係数を低減化し、しかも耐摩耗性を向上させた水を潤滑液とする水潤滑軸受又は水潤滑シール、及びこの水潤滑軸受や水潤滑シールを使用する流体機械を提供することを目的とする。

【0006】

40

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため請求項 1 に記載の発明は、回転側に直接又は間接的に固定された回転側部材と、固定側に直接又は間接的に固定され、該回転側部材に対向摺接する固定側部材とを具備し、水を潤滑液とする水潤滑軸受又は水潤滑シールであって、回転側部材及び固定側部材の基材を金属材料とし、その一方の部材の摺動面に窒化チタン膜を形成し、他方の部材の摺動面にDLC膜を形成したことを特徴とする。

【0011】

請求項 2 に記載の発明は、回転側に直接又は間接的に固定された回転側部材と、固定側に直接又は間接的に固定され、該回転側部材に対向摺接する固定側部材とを具備し、水を潤滑液とする水潤滑軸受又は水潤滑シールであって、回転側部材又は固定側部材の基材を金属材料とし、その摺動面に窒化チタン膜を形成し、該回転側部材又は固定側部材に対向摺接する固定側部材又は回転側部材に硬質炭素材を用いたことを特徴とする。

【0012】

請求項 3 に記載の発明は、回転側に直接又は間接的に固定された回転側部材と、固定側

50

に直接又は間接的に固定され、該回転側部材に対向摺接する固定側部材とを具備し、水を潤滑液とする水潤滑軸受又は水潤滑シールであって、回転側部材又は固定側部材の基材を金属材料とし、その摺動面に窒化チタン膜を形成し、該回転側部材又は固定側部材に対向摺接する固定側部材又は回転側部材に炭素繊維含有ポリエーテルエーテルケトン又は炭素繊維含有四弗化工チレン材を用いたことを特徴とする。

【0016】

請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の水潤滑軸受又は水潤滑シールにおいて、前記非脆性材料が金属材料、前記硬質膜が他方の部材の摺動面に形成された硬質クロム鍍金であることを特徴とする。

【0017】

請求項4に記載の発明は、軸受及び／又はシールを具備する流体機械において、前記軸受に請求項1乃至3のいずれか1項に記載の水潤滑軸受を用いると共に、前記シールに請求項1乃至3のいずれか1項に記載の水潤滑シールを用いることを特徴とする流体機械にある。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を説明する。水潤滑軸受又は水潤滑シールは回転側に直接または間接的に固定された回転側部材と、固定側に直接又は間接的に固定され、該回転側部材に対向摺接する固定側部材とからなり、本発明の実施の形態では、この回転側部材及び固定側部材に表1に示すような材料の組み合わせで水潤滑軸受又は水潤滑シールを構成した。表2は表1の材料の組み合わせで表3に示す試験条件で摩擦摩耗試験を行なった試験結果を示す。

【0021】

【表1】

10

20

	回転側部材				固定側部材			
	基体	回転面	摺動面	膜厚(μm)	基体	摺動面	膜厚(μm)	ピッカース硬さ(HV)
比較例 1	SUS420J2			SUS420J2				400~500
比較例 2	SUS630	*	TiN	SUS630				400~500
実施の形態 1	*	*	TiN	3				400~500
実施の形態 2	*	*	TiN	3				400~500
実施の形態 3	*	*	TiN	3	*			1500以上
実施の形態 4	*	*	TiN	3	*			2500以上
実施の形態 5	*	*	TiN	3	*			2000以上
実施の形態 6	*	*	TiN	3	*			600~800
実施の形態 7	*	*	TiN	3	*			100~150
実施の形態 8	*	*	TiN	3	**			50
実施の形態 9	*	*	TiN	3	*			800~1000
実施の形態 10	*	*	TiN	10	*			800~1200
実施の形態 11	*	*	TiN	10	*			800~1200
実施の形態 12	*	*	TiN	10	*			800~1200
実施の形態 13	*	*	TiN	10	*			800~1200
実施の形態 14	*	*	TiN	3	*			800~1200
実施の形態 15	*	*	TiN	3	*			800~1200
実施の形態 16	*	*	TiN	3	*			800~1200
実施の形態 17	*	*	TiN	3	*			800~1200
実施の形態 18	*	*	TiN	3	*			2500以上
実施の形態 19	*	*	TiN	3	硬質チタン			800~1200
実施の形態 20	*	*	TiN	3	PTFE+CF			
実施の形態 21	*	*	TiN	3	PEEK+CF			

表1において、

*: SUS316L

**: SUS304

***: SUS630

(*1): プラズマトランスマーケット溶接肉盛法

(*2): プラズマ溶射法

(*3): プラズマジェット溶射法

(* 4) : 減圧プラズマ溶射法

【 0 0 2 2 】

【表 2 】

	焼き付き面圧 (MPa)	摩擦係数	試験後摺動面の観察結果	
			回転側損傷	固定側損傷
比較例 1	0.1		有	有
比較例 2	0.1		有	有
実施の形態 1	0.4	0.2	軽微	軽微
実施の形態 2	0.4	0.2	軽微	軽微
実施の形態 3	0.6	0.1	無	無
実施の形態 4	0.8	0.1	無	無
実施の形態 5	0.7	0.1	無	無
実施の形態 6	0.4	0.1~0.3	無	無
実施の形態 7	0.3	0.1	無	無
実施の形態 8	0.1		軽微	軽微
実施の形態 9	0.1		軽微	軽微
実施の形態 10	0.2	0.3	軽微	軽微
実施の形態 11	0.3	0.1	軽微	軽微
実施の形態 12	0.2	0.2	軽微	軽微
実施の形態 13	0.3	0.2	軽微	軽微
実施の形態 14	0.4	0.1	軽微	軽微
実施の形態 15	0.3	0.1	軽微	軽微
実施の形態 16	0.2	0.2	軽微	軽微
実施の形態 17	0.4	0.1	軽微	軽微
実施の形態 18	0.2	0.2	軽微	軽微
実施の形態 19	1.0以上	0.1	無	軽微
実施の形態 20	1.0以上	0.1	無	軽微
実施の形態 21	1.0以上	0.2	軽微	軽微

【 0 0 2 3 】

表 1において、実施の形態 1乃至 7 はいずれもその回転側部材の基体にステンレス鋼 (S U S 3 1 6 L) を用いその摺動面に膜厚 3 μm の T i N 膜を形成している。そして固定側部材の基体に実施の形態 3乃至 7 ではステンレス鋼 (S U S 3 1 6 L 又は S U S 6 3 0) を用い、実施の形態 1及び 2 ではそれぞれその摺動面を S U S 4 2 0 J 2 のステンレス鋼、S U S 6 3 0 のステンレス鋼の無処理面とし、実施の形態 3 では摺動面に膜厚 4 μm の C r N 膜を形成し、実施の形態 4 では摺動面に膜厚 1 μm の D L C (ダイヤモンドライカーボン) 膜を形成し、実施の形態 5 では摺動面に膜厚 1 μm の B N 膜を形成し、実施の形態 6 では摺動面に厚さ 1 0 0 ~ 1 5 0 μm の硬質 C r 鎌金層を形成し、実施の形態 7 では摺動面に膜厚 5 0 μm の窒化膜を形成している。

【 0 0 2 4 】

また、実施の形態 8 及び 9 は回転側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 3 μm の T i N 膜を形成している。実施の形態 8 では固定部材の基体に S U S 3 0 4 を用いその摺動面に膜厚 1 0 0 0 μm の W₂C + T i の薄膜を P T A 法 (プラズマトランスマーケーク溶接肉盛法) で形成し、実施の形態 9 では固定部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 4 0 0 μm の W C + N i + P の膜をプラズマ溶射法で形成している。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

また、実施の形態 10 乃至 13 は回転側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 10 μm の T i N 膜を形成している。実施の形態 10 では固定部材の基体に S U S 3 0 4 を用いその摺動面に膜厚 1000 μm の W₂C + T i 膜を P T A 法で形成し、実施の形態 11 では固定部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 400 μm の W C + N i + P 膜をプラズマ溶射法で形成し、実施の形態 12 では固定部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 100 μm の W C + N i C r 膜をプラズマジェット溶射法で形成し、実施の形態 13 では固定部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 200 μm の C r₃C₂ + N i C r 膜を減圧プラズマ溶射法で形成したもの用いている。

【0026】

また、実施の形態 14 乃至 18 は回転側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 3 μm の T i N 膜を形成している。実施の形態 14 では固定側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 200 μm の A l₂O₃ 膜をプラズマ溶射法で形成し、実施の形態 15 では固定側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 200 μm の A l₂O₃ + 2 . 5 T i O₂ + 2 S i O₂ 膜をプラズマ溶射法で形成し、実施の形態 16 では固定側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 200 μm の Z r O₂ + 5 C a O + 4 S i O₂ 膜をプラズマ溶射法で形成し、実施の形態 17 では固定側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 200 μm の C r₂O₃ 膜をプラズマ溶射法で形成し、実施の形態 18 では固定側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 200 μm の T i N 膜をプラズマ溶射法で形成している。

【0027】

また、実施例 19 乃至 21 は回転側部材の基体に S U S 3 1 6 L を用いその摺動面に膜厚 3 μm の T i N 膜を形成している。実施の形態 19 では固定側部材の材料に硬質炭素材を用い、実施の形態 20 では固定側部材の材料に炭素纖維含有 P T F E を用い、実施の形態 21 では炭素纖維含有 P E E K を用いている。

【0028】

【表 3】

摩擦摩耗試験の試験条件

面圧	0.1 MPa以上(0.1 MPa毎にステップアップ)
周速	0.5 m/s
走行距離	1000m(各面圧毎)
試験温度	室温
潤滑液	蒸留水

ここで、面圧とは図 2 の回転側部材 10 と固定側部材 13 の摺動面に加わる面圧、周速度とは回転側部材 10 の周速度、走行距離とは回転側部材 10 と固定側部材 13 の摺動距離を示す。

【0029】

図 2 は上記摩擦摩耗試験を行う試験機の概略構成を示す図である。本試験機は基体 11 の表面（摺動面）に T i N 薄膜 12 を形成した回転側部材 10 を回転軸 16 の先端に固定すると共に、該回転側部材 10 に対向して基体 14 の表面（摺動面）に薄膜 15 を形成した固定側部材 13 又は該薄膜 15 を形成しない固定側部材 13 を配設し、回転軸 16 に所定の圧力（荷重）を加えて回転させることにより、摩擦摩耗試験を行う。ここで押し付け面圧を 0 . 1 M P a から開始し、0 . 1 M P a 毎に段階的に増加させ、トルクが急激に立ち

10

20

30

40

50

上がるか或いは変動が激しくなるところを限界面圧とした。

【0030】

表2から明らかなように、実施の形態1乃至7の焼き付き面圧は従来例に比較し大きく、実施の形態3乃至7では焼き付き面圧以下の回転側部材及び固定側部材のいずれの摺動面にも損傷が観察されず、実施の形態1及び2の回転側部材及び固定側部材の摺動面にも軽微な損傷が観察されるに過ぎない。いずれも、比較例1及び2に比較し、優れたものとなる。また、実施の形態8乃至13も焼き付き面圧は比較例1及び2と等しいかそれより大きく、回転側部材及び固定側部材の摺動面にも軽微な損傷が観察されるに過ぎない。また、実施の形態14乃至21も焼き付き面圧は比較例1及び2より大きく、回転側部材及び固定側部材の摺動面にも軽微な損傷が観察されるか無損傷である。

10

【0031】

なお、表1における膜厚の値は一例であり、膜厚はこれに限定されるものではない。例えば、表1の実施の形態1乃至5において、回転側部材の摺動面のTiN膜の膜厚は3μm、固定側部材の摺動面の DLC 及び BN 膜の膜厚は1μm、そして CrN 膜の膜厚が4μmであるが、これらの膜の膜厚は数μm～数百μmが好適である。

【0032】

上記回転側部材及び固定側部材の摺動面に形成するTiN膜は下記のダイナミックイオンミキシング法を用いて形成する。図1はこのダイナミックイオンミキシング法でTiN膜を形成するための概念図である。TiN膜の形成は、図1に示すように、TiN膜を形成する基材2を回転軸5の先端に固定し、且つ水冷された銅製ホルダ1に固定し、この基材2に対向して蒸発源3及びイオン源4を配置し、蒸発源3からのチタン蒸気7を基材2に向けて発し、イオン源4から窒素イオンを主体とする窒素イオンビーム6を基材2に向けて発することにより、基材2の表面にTiN膜が形成される。このダイナミックミキシング法で形成したTiN膜は基材2との密着力が大きく、相手材との比摩擦量が著しく小さいことを実験的に確認している。

20

【0033】

上記のように窒化チタン(TiN)膜は耐摩耗性において優れているが、耐キャビテーション・エロージョン性においても優れている。図3は図4に概略構成を示すキャビテーション・エロージョン試験装置を用いて行なったキャビテーション・エロージョン試験結果を示す図である。図4において、41は磁歪振動子、42は発信機、43はダイヤルゲージ、44はホーン、45は試験片、46は試験片台、47は試験液槽、48は循環ポンプ、49は流量計である。試験片45を磁歪振動子41に取り付けられたホーン44の先端に位置するように試験片台46上にセットし、高周波振動させたホーン44の先端部で発生するキャビテーション気泡の崩壊衝撃波により試験片45の表面にエロージョンを起させるようになっている。

30

【0034】

図3に示すように、SUS420J2鋼の表面無処理の場合は平均損傷深さ70μm以上の損傷が発生するのに対して、表面にTiN膜を施した場合は深さ1μm程度の損傷が発生するに過ぎない。また、SUS304鋼の表面無処理の場合は平均損傷深さ10μm程度の損傷が発生するのに対して、表面にTiN膜を施した場合は深さ1μm程度の損傷が発生するに過ぎない。即ち、表面にTiN膜を施すことにより、耐キャビテーション・エロージョン性が著しく向上することが分かった。

40

【0035】

水潤滑軸受としては、動圧ジャーナル軸受、静圧ジャーナル軸受、動圧スラスト軸受、静圧スラスト軸受等があり、いずれもその回転側部材及び固定側部材に、表1に示す材料の組み合わせが可能である。また、水潤滑のシールも同様回転側部材及び固定側部材に表1に示す材料の組み合わせが可能である。

【0036】

図5は水潤滑動圧ジャーナル軸受の構造例を示す図で、同図(a)正面図(一部断面)、同図(b)は側面図(一部断面)である。図において、51はキャリアリング、52はパ

50

ツドストップ、53はパッド、54はジョイントピン、55はトップピン、56はジョイントボルト、57は回転軸、58はシール、59はシール止ネジである。停止起動時は回転軸57とパッド53は接触しているが、回転軸57が回転すると回転軸57とパッド53の間に潤滑液（水）による動圧が発生し、回転軸57はパッド53に無接触で支持される。

【0037】

パッド53（固定側部材）と回転軸57（回転側部材）の摺動面に表1に示す実施の形態の材料の組み合わせを用いる。また、表1の材料の組み合わせは回転側部材と固定側部材を逆にしてもよいことは当然である。上記のように起動停止時は回転軸57とパッド53は接触しているから表1の材料の組み合わせの耐摩耗性が効果を発揮し、回転軸57の回転中は材料の組み合わせの耐キャビテーション・エロージョン性が効果を発揮する。10

【0038】

図6は水潤滑静圧ジャーナル軸受の構造例を示す図で、同図(a)展開図、同図(b)は正面図である。同図において、61はランド、62はポケット、63はパッド、64は潤滑液（水）を供給する供給孔兼絞り、65は回転軸である。潤滑液の静圧及び回転軸65が回転することによるパッド63及びランド61の動圧作用により、本軸受は負荷能力を持つ。ランド61及びパッド63（固定側部材）と回転軸65（回転側部材）の摺動面に表1に示す実施の形態の材料の組み合わせを用いる。また、表1の材料の組み合わせは回転側部材と固定側部材を逆にしてもよいことは当然である。ここでも起動停止時は表1の材料の組み合わせの耐摩耗性が効果を発揮し、回転軸65の回転中は材料の組み合わせの耐キャビテーション・エロージョン性が効果を発揮する。20

【0039】

図7は水潤滑動圧スラスト軸受の構造例を示す図で、同図(a)平面図、同図(b)はA-A断面図である。同図において、71はキャリアリング、72はパッド、73はパッドストップ、74はエンドパッドストップ、75はエンドパッドストップ止ネジ、76はストップキー又はピン、77はアジャストスペーサ、78はアジャストスペーサ止ネジ、79はシムである。ここで回転側部材（図示は省略）はパッド72との間に発生する動圧によって支えられて回転する。この回転側部材とパッド72（固定側部材）の摺動面に表1の材料の組み合わせを用いる。また、表1の材料の組み合わせは回転側部材と固定側部材を逆にしてもよいことは当然である。ここでも起動停止時は表1の材料の組み合わせの耐摩耗性が効果を発揮し、回転軸の回転中は材料の組み合わせの耐キャビテーション・エロージョン性が効果を発揮する。30

【0040】

図8は水潤滑動圧スラスト軸受の構造例を示す図で、同図(a)平面図、同図(b)は断面図である。同図において、81はランド、82はポケット、83はパッド、84は潤滑液（水）を供給する供給孔兼絞りであり、ランド81とパッド83は同じ高さにある。ここで回転側部材（図示は省略）は軸受面に発生する静圧及び動圧によって支えられて回転する。この回転側部材とパッド83（固定側部材）及びランド81の摺動面に表1の材料の組み合わせを用いる。また、表1の材料の組み合わせは回転側部材と固定側部材を逆にしてもよいことは当然である。ここでも起動停止時は表1の材料の組み合わせの耐摩耗性が効果を発揮し、回転側部材の回転中は材料の組み合わせの耐キャビテーション・エロージョン性が効果を発揮する。40

【0041】

図9はフラット型の水潤滑環状クリアランスシールの構造例を示す図であり、同図において、91は回転軸、92はライナーリングである。該回転軸91の外周面とライナーリング92の内周面で形成するせまい隙間によって高压側から低压側への漏れを少なくする。回転軸91（回転側部材）とライナーリング92（固定側部材）の摺動面に表1の材料の組み合わせを用いる。また、表1の材料の組み合わせは回転側部材と固定側部材を逆にしてもよいことは当然である。ここでも起動停止時は表1の材料の組み合わせの耐摩耗性が効果を発揮し、回転側部材の回転中は材料の組み合わせの耐キャビテーション・エロージョン性が効果を発揮する。50

ヨン性が効果を発揮する。

【0042】

図10は代表的なスクリュー型の水潤滑シールの構造例を示す図であり、図11は公知のダブルスクリュー型の水潤滑シールの構造例を示す図である。図10、図11において、101は回転軸、102はライナーリングである。図10においては回転軸101の外周にネジ溝101aが形成されており、図11においては回転軸101の外周面とライナーリング102の内周面には互いに逆方向になるネジ溝101a及び102aが形成されている（左ネジ溝101a、右ネジ溝102a）。回転軸101が回転することにより、回転軸101又は回転軸101とライナーリング102に設けたネジ溝のポンピング作用により低圧側から高圧側への流れを起すことによってシールする。

10

【0043】

回転軸101（回転側部材）とライナーリング102（固定側部材）の摺動面に表1の材料の組み合わせを用いる。また、表1の材料の組み合わせは回転側部材と固定側部材を逆にしてもよいことは当然である。ここでも起動停止時は表1の材料の組み合わせの耐摩耗性が効果を発揮し、回転側部材の回転中は材料の組み合わせの耐キャビテーション・エロージョン性が効果を発揮する。

【0044】

なお、水潤滑軸受又は水潤滑シールを構成する回転側部材及び固定側部材のTiN膜を形成する基体材料としては、表1に示すものに限定されるものではなく、他の金属材料であってもよい。また、 DLC膜、CrN膜等を形成する基体材料も表1に限定されるものではなく、他の金属材料であってもよい。TiN、CrN、DLC等の膜厚は表1に限定されるものではない。

20

【0045】

図5乃至図10は何れも動圧ジャーナル軸受、静圧ジャーナル軸受、動圧スラスト軸受、静圧スラスト軸受及びシールの一構造例であり、本発明に係る水潤滑軸受又は水潤滑シールはこれらの構造に限定されるものではない。

【0046】

【発明の効果】

以上説明したように各請求項に記載された発明によれば下記のような優れた効果が得られる。

30

（1）水潤滑軸受又は水潤滑シールを構成する回転側部材及び固定側部材の基材を金属材料とし、その一方の部材の摺動面に窒化チタン膜を形成し、他方の部材の摺動面にDLC膜を形成するか、又は該他方の部材に硬質炭素材、炭素纖維化含有ポリエーテルエーテルケトン、炭素纖維含有四弗化工チレン材のいずれかを用いたので、低摩擦係数、耐摩耗性及び耐キャビテーション・エロージョン性に優れた水潤滑軸受又は水潤滑シールを提供できる。

【0047】

また、水潤滑軸受又は水潤滑シールを構成する回転側部材及び固定側部材の基材を金属材料とするので、耐熱衝撃性、耐機械衝撃性に優れたものとなる。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】ダイナミックミキシング法で窒化チタン薄膜を形成するための概念図である。

【図2】摩擦摩耗試験機の概略構成を示す図である。

【図3】キャビテーション・エロージョン試験結果を示す図である。

【図4】キャビテーション・エロージョン試験装置の概略構成を示す図である。

【図5】水潤滑動圧ジャーナル軸受の構造例を示す図で、同図（a）は正面図、同図（b）は側面図である。

【図6】水潤滑静圧ジャーナル軸受の構造例を示す図で、同図（a）は展開図、同図（b）は正面図である。

【図7】水潤滑動圧スラスト軸受の構造例を示す図で、同図（a）は平面図、同図（b）は側断面図である。

50

【図8】水潤滑静圧スラスト軸受の構造例を示す図で、同図(a)は平面図、同図(b)は側断面図である。

【図9】水潤滑シールの構造例を示す側断面図である。

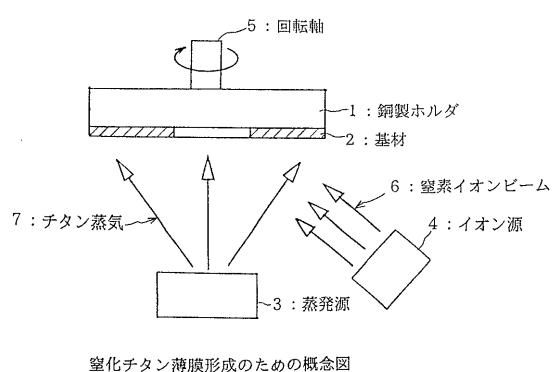
【図10】スクリュー型の水潤滑シールの構造例を示す側断面図である。

【図11】ダブルスクリュー型の水潤滑シールの構造例を示す側断面図である。

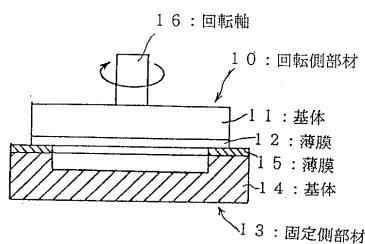
【符号の説明】

1	銅製ホルダ	10
2	基材	
3	蒸発源	
4	イオン源	
5	回転軸	
6	窒素イオンビーム	
7	チタン蒸気	
10	回転側部材	
11	基体	
12	薄膜	
13	固定側部材	
14	基体	
15	薄膜	
16	回転軸	20

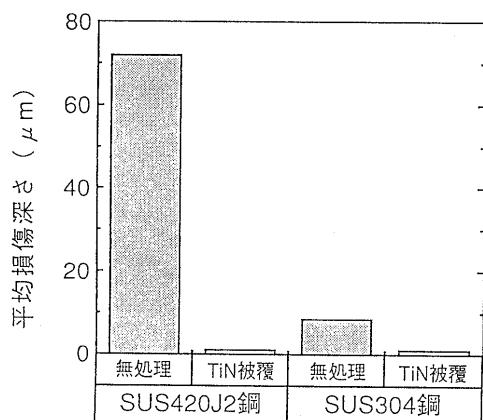
【図1】



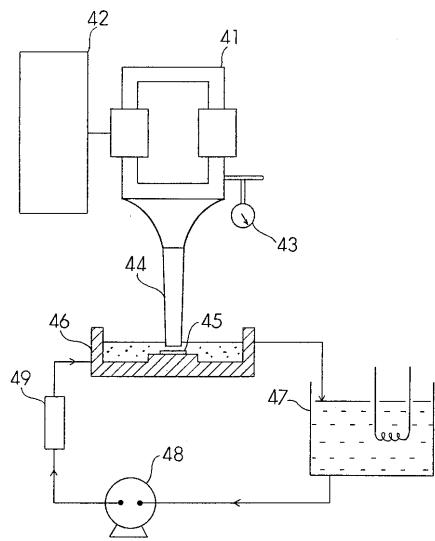
【図2】



【図3】

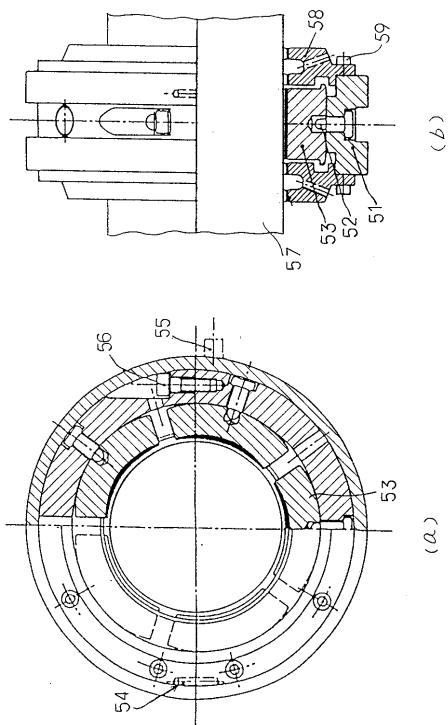


【図4】



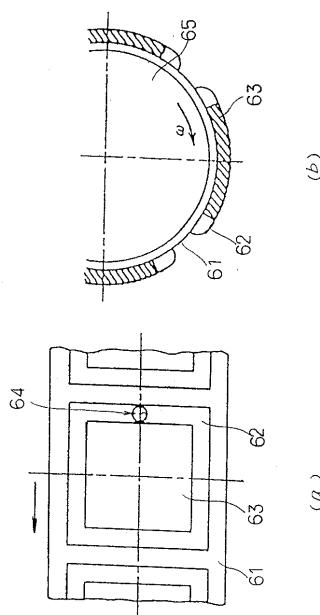
キャビテーション・エロージョン試験装置

【図5】



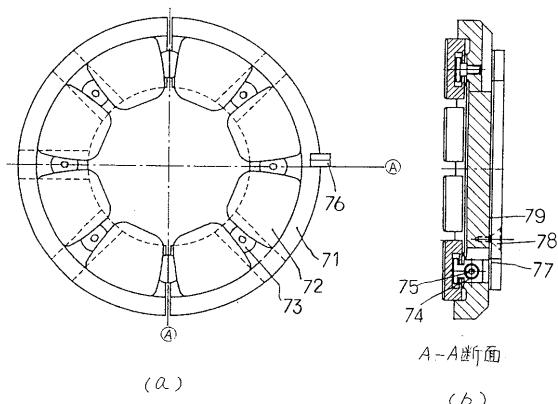
水潤滑動圧ジャーナル軸受の構造例

【図6】



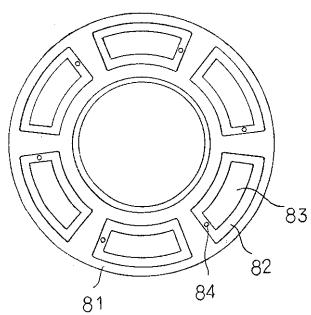
水潤滑静圧ジャーナル軸受の構造例

【図7】

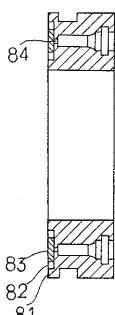


水潤滑動圧スラスト軸受の構造例

【図 8】



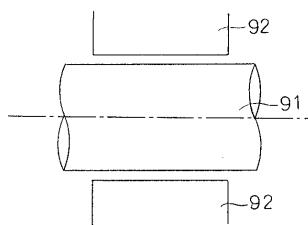
(a)



(b)

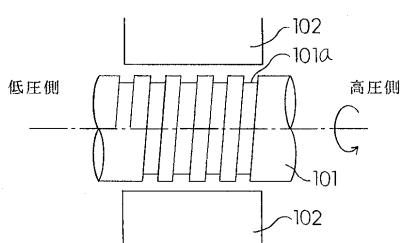
水潤滑静圧スラスト軸受の構造例

【図 9】



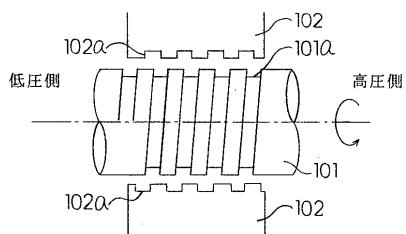
水潤滑シールの構造例

【図 10】



水潤滑シールの構造例

【図 11】



水潤滑シールの構造例

フロントページの続き

(72)発明者 杉山 憲一
神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72)発明者 角谷 桃子
神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

審査官 岡 さき 潤

(56)参考文献 特開平05-052222 (JP, A)
特開平05-033812 (JP, A)
特開昭63-111313 (JP, A)
実開平7-12624 (JP, U)
特開昭63-129175 (JP, A)
特開平05-051769 (JP, A)
特開平03-115494 (JP, A)
特開平01-152298 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 17/00-17/26

F16C 33/00-33/28