(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
2019年3月28日(28.03.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/059227 A1

(51) 国際特許分類:
F16N 29/00 (2006.01)　*G01M 99/00* (2011.01)
F04B 51/00 (2006.01)　*G01N 33/30* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/034618

(22) 国際出願日：　2018年9月19日(19.09.2018)

(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 2017-180009　2017年9月20日(20.09.2017)　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１１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中村 由美子 (**NAKAMURA, Yumiko**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 高東 智佳子 (**TAKATOH, Chikako**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).

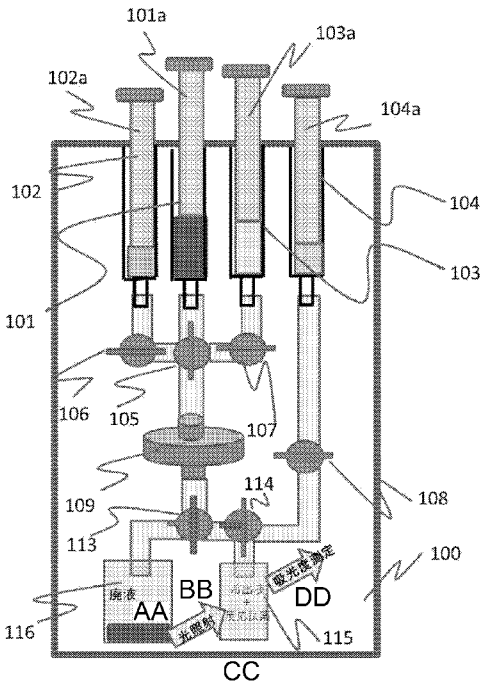
(74) 代理人: 小野 新次郎，外 (**ONO, Shinjiro** et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目２番１号 新大手町ビル２０６区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** OPERATION MANAGEMENT METHOD FOR MACHINERY EQUIPPED WITH SLIDING PART

(54) 発明の名称： 摺動部を具備する機械設備の運転管理方法

[図7]



AA Waste fluid
BB Light irradiation
CC Eluate plus reaction reagent
DD Absorbance measurement

(57) **Abstract:** This operation management method for machinery, which is equipped with a sliding part that uses a lubricating oil, involves the following: sampling, on the spot, a lubricating oil used for the relevant equipment at the machinery operation site; analyzing, on the spot, the metal concentration in the relevant lubricating oil; determining the abrasion state of the relevant sliding part, in accordance with the metal concentration in the lubricating oil; and then, after the abrasion state of the relevant sliding part is evaluated in accordance with the extent of the abrasion if abrasion

WO 2019/059227 A1

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

has occurred, performing a more detailed analysis of the lubricating oil, performing other inspections of the sliding part, performing continuous analysis of the lubricating oil, replacing the lubricating oil, or adjusting the sliding part.

(57) 要約:潤滑油を用いる摺動部を具備する機械設備の稼働現場にて、当該機器に用いられている潤滑油をその場で採取し、当該潤滑油中の金属濃度をその場で分析し、潤滑油中の金属濃度に応じて、当該摺動部の摩耗状況を判断し、摩耗が発生している場合には摩耗の程度に応じて、当該摺動部の摩耗状況を判断して、潤滑油のより詳細な分析の実施、摺動部に関する他の検査の実施、継続的な潤滑油分析、潤滑油交換、又は摺動部調整を行う、機械設備の運転管理方法。

明　細　書

発明の名称 ： 摺動部を具備する機械設備の運転管理方法

技術分野

[0001] 本発明は、潤滑油を用いる摺動部を具備する機械設備の稼働現場にて、当該機器に用いられている潤滑油をその場で採取し、当該潤滑油中の金属濃度を分析し、当該摺動部の摩耗状況を検知し、適切な対処を行う機械設備の運転管理方法に関する。

背景技術

[0002] 潤滑油は、主としてポンプ、エンジン、ピストン、軸受、弁などの機械や機器に多く用いられ、それらの摺動部分で用いられることで、摩擦力、摩擦熱、摩耗などを低減し、良好な状態でそれらの機器の機能を維持することに貢献している。

[0003] 潤滑油の潤滑状態は、機械や機器の運転を通して終始安定した状態であることが望ましいが、運転の経過に伴い、潤滑油自体の潤滑性能の劣化や、潤滑油に混入する夾雑物により、摺動部分における潤滑油の潤滑状態は良好な状態をいつまでも保てず、放置すると機械や機器の運転に支障が生じ、ついには故障してしまう。

[0004] そこで、故障する前に、潤滑油を交換したり、機械や機器の摩耗した摺動部分を取り外して新しいものと交換したりするなど、いわゆるオーバーホールやメインテナンスを行うことが必要になる。

[0005] メインテナンスは故障前の機械や機器の運転が順調な状態で行う必要があるので、どのようなタイミングで行うかが重要になる。多くの機械設備においては、メインテナンスでは、機械や機器を停止して分解点検し、交換部品を交換するので、運転経過時間などの時間的な基準を設定して定期的にメインテナンスを行う時間計画保全が行われている。

[0006] しかし、時間計画保全によるメインテナンスでは、機器を停止して分解して点検し、部品の交換も行うので、作業量が大きくコストもかかる。また、

多くの場合、リスクがより少ないように、過酷な使用条件を想定して定められた時間間隔でメインテナンスが行われるので、実際には、それほど過酷な使用状況ではなく、交換対象部品がまだ使用可能であっても交換するといった不合理な面がある。

[0007] そこで、実際の機械設備の稼働状況を監視し、その稼働状況に応じてメインテナンスの時期や内容を判断しようという状態監視保全の考え方が試みられてきている。稼働中の機械設備における潤滑油分析は、状態監視保全の有力な手法の一つである。

[0008] ところが、機械設備で稼働中の潤滑油の分析は、潤滑油自体の分析、潤滑油に混入する摺動部材由来の摩耗粉や潤滑油の化学的変成により生じた夾雑物の分析など、多岐の分野にわたる専門的知識と、それらを分析する分析機器等設備が必要となる。機械設備の現場にそのような希少な分析員を派遣し、分析機材を一々持ち込むことは不可能であるので、現場で採取した潤滑油をそのような設備と分析員のいるところに持っていき、そこで分析を行っているのが現状である。このため、分析結果が判明するまでに約1週間程度かかり、迅速な対応ができない。

[0009] ところで、機械設備の稼働状況を監視するうえで、その設備の稼働中の潤滑油の分析によるすべての情報が得られればそれに越したことはないが、そもそも潤滑油は機械的な摺動部分が円滑に駆動するために用いているのであるから、摺動部材自体が破損して機能が低下していることをより直接的に示す情報ほど緊急性があり重要であるといえる。このような情報の例として、具体的には、潤滑油中に混入する摺動部の摩耗により発生する摩耗粉の情報があげられる。

[0010] 摺動部の摩耗により発生する摩耗粉は、多くは金属粉であるので、潤滑油中の金属粉を分析する方法はこれまでにもいくつか提案されている。

[0011] 特許文献1（特開平05-340864号公報）においては、容器に採取した潤滑油を、永久磁石により発生する静磁場中で振動させ、潤滑油中の摩耗粉が磁化されることにより発生する磁気をコイルにより検出して測定する方法が提案

されている。しかしながら、この方法は、摩耗粉が鉄、ニッケルなどの磁性金属であることが必要であり、非磁性体の場合には磁化されず測定することができない。摺動部分には、磁性を帯びない金属も多く使われ、ステンレス鋼にも非磁性のものが多くあるので、この方法では摩耗粉の濃度の把握は磁性体に限った特定の分野に限定され、広範な機械分野での適用は困難である。

[0012] 特許文献２（特開平07-159392号公報）では、潤滑油中にジチオカルバミン酸塩類やトリアゾール類を主成分とする判定剤を添加することにより、それらが、潤滑油中の金属イオンと選択的に反応し不溶性の懸濁物質を生成して特有の色を発色する性質を利用して、金属イオンの種類と濃度を簡易的に測定する方法が提案されている。

[0013] しかしながら、この方法は判定剤が金属イオンと反応する必要があるのに対し、潤滑油中の金属摩耗粉は主にイオンではなく固体金属として存在するため、判定剤と反応して発色することがなく、潤滑油中の金属摩耗粉の測定には有効ではない。

[0014] 特許文献３（特開2003-344293号公報）では、採取した潤滑油を有機溶媒で希釈してフィルタに通し、フィルタに残された金属摩耗粉を酸洗して溶液化してＩＣＰ発光分析し、それとは別にフィルタを通過した濾液もＩＣＰ発光分析することにより、精度良く潤滑油中の金属濃度を測定することが提案されている。この方法によれば、鉄、鉛、銅、亜鉛などの金属を測定することは可能である。しかしながら、高周波電源、石英ガラス製のトーチ、誘電コイル、試料容器、ネブライザー、分光器、データ処理部などを備えた誘導結合プラズマ発光分析装置を必要とし、高温プラズマを発生させるため純アルゴンガスが多量に必要であり、分光器のデータを解析するコンピュータが必要になる。このような規模の精密分析機器を常時現場に持ち込むことは困難である。

[0015] 特許文献４（特開2010-107251号公報）では、採取した潤滑油を加熱してフィルタに通し、フィルタに残された金属摩耗粉に、可搬の蛍光Ｘ線照射装置

により蛍光Ｘ線を照射して鉄、鉛、銅、亜鉛などの金属を分析することが記載されている。しかしながら、高価な蛍光Ｘ線分析装置が必要であることに加えて、前処理として遠心分離もしくはろ過を行うための装置や器具も必要であり、常時現場に持ち込むことは困難である。

[0016] このように、摺動部の摩耗により発生し、潤滑油中に混入した金属摩耗粉を分析する従来提案されている分析方法は、大規模な測定機器や精密分析機器を必要としたり、分析結果を得るまでに長時間を要したりする。潤滑油では金属の多くが不溶物として存在し、比色法が採用できないため、金属成分ごとの濃度測定はその場分析ができず、分析対象の試料を採取し、分析室に運搬して、分析していた。現場で簡易に濃度分析を実施することができるのは磁性を持つ鉄粉のみに限定されていた。分析に関する専門知識を有していない現場作業員であっても、機械設備の稼働現場で簡易的に測定し、その場で迅速に正確な測定結果を得る方法が確立されているとは言えない。

[0017] また、潤滑油分析により機械状態の健全性を維持、管理するためには、ある一点の閾値で管理することは非常に難しく、定期的に潤滑油を抜き取っては分析を実施し、傾向管理をすることが有効であると考えられる。例えば、毎月測定を実施していて、通常はFe濃度が１０ｐｐｍ前後であることが多いケースにおいて、ある時点から１５ｐｐｍ，２０ｐｐｍ、・・・と上昇し始めたとすれば、さらに詳細な潤滑油分析をして、摩耗粉の大きさや形状についても検査するべきである。このように、定期的に潤滑油分析を実施して傾向管理をするには、現場で安価、安全に実施できる簡易分析法が必要である。

先行技術文献

特許文献

[0018] 特許文献1：特開平０５－３４０８６４号公報

特許文献2：特開平０７－１５９３９２号公報

特許文献3：特開２００３－３４４２９３号公報

特許文献4：特開２０１０－１０７２５１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0019] 本発明は、以上の状況に鑑み、機械設備の稼働現場で、摺動部の摩耗により発生して潤滑油中に混入した金属摩耗粉を、その場で迅速且つ簡易的に分析して、摺動部の摩耗を検知し、摺動部を具備する機械設備の運転管理を行う方法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

[0020] 本発明によれば、潤滑油を用いる摺動部を具備する機械設備の稼働現場にて、当該機器に用いられている潤滑油をその場で採取し、当該潤滑油中の金属濃度をその場で分析し、潤滑油中の金属濃度に応じて、当該摺動部の摩耗状況を判断し、潤滑油のより詳細な分析の実施、摺動部に関する他の検査、たとえば振動計測、AE（Acoustic Emission）検査などの実施、継続的な潤滑油分析、潤滑油交換、又は摺動部調整を行う、機械設備の運転管理方法が提供される。

[0021] 特に、ポンプの稼働現場にて、ポンプの摺動部から潤滑油を採取し、直ちに比色試験紙、比色試薬又は吸光度分析による潤滑油中金属濃度の簡易分析をその場で行い、潤滑油中の濃度、又は正常運転時の潤滑油中濃度からの増加分が、鉄、銅又はすずのいずれかについて設定した閾値を越えた場合に、当該摺動部の摩耗状況を判断して、潤滑油のより詳細な分析の実施、摺動部に関する他の検査、たとえば振動計測、AE（Acoustic Emission）検査などの実施、継続的な潤滑油分析、潤滑油交換、又は摺動部調整を行う、ポンプの運転管理方法が提供される。閾値は運転管理対象となる機械設備ごとに定められるものであるが、例えば、定期的な濃度測定を行い、その標準偏差σの３倍以上濃度が上昇した値に設定することができる。

[0022] 前記比色試験紙、比色試薬又は吸光度分析による潤滑油中金属濃度の簡易分析は、採取した潤滑油を、その場で、ろ過して、残留する粒子を塩酸に溶解させることにより調製した分析試料を用いることが好ましい。

[0023] 上記運転管理方法を実行するために、潤滑油採取用のシリンジと、当該シ

リンジに脱着可能なメンブランフィルタと、鉄、銅及びすず用の各比色試験紙又は比色試薬と、携帯型演算処理装置と、を含み、前記携帯型演算処理装置は、比色試験紙又は比色試薬による潤滑油中金属濃度の簡易分析結果を記録し、潤滑油中の濃度、又は正常運転時の潤滑油中濃度からの増加分が、鉄、銅又はすずのいずれかについて閾値を越えた時に、潤滑油を交換し、摺動部の調整又は交換を実施すべきとの警告を表示するプログラムを内蔵していることを特徴とする、簡易分析キットを用いてもよい。

[0024] あるいは、上記運転管理方法を実行するために、潤滑油採取用のシリンジと、当該シリンジに脱着可能なメンブランフィルタと、鉄、銅及びすず用の各呈色試薬と、携帯型吸光度分光分析計と、携帯型演算処理装置と、を含み、前記携帯型演算処理装置は、呈色試薬を用いる比色試験による潤滑油中金属濃度の簡易分析結果を記録し、潤滑油中の濃度、又は正常運転時の潤滑油中濃度からの増加分が、鉄、銅又はすずのいずれかについて閾値を越えた時に、当該摺動部の摩耗状況を判断して、潤滑油のより詳細な分析の実施、摺動部に関する他の検査、例えば振動計測、AE（Acoustic Emission）検査などの実施、継続的な潤滑油分析、潤滑油交換、又は摺動部調整を行うとの警告を表示するプログラムを内蔵していることを特徴とする、簡易分析キットを用いてもよい。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、機械設備の稼働現場で、摺動部の摩耗により発生し潤滑油中に混入した金属摩耗粉を、その場で迅速且つ簡易的に分析し、分析結果に基づいて、摺動部の摩耗を検知し、摩耗が検知された場合には、即時に異常運転対応が可能となる。

[0026] また本発明によれば、大規模な測定機器を用いることなく、採取から測定、分析結果を得るまでに時間がかからず、また専門の分析員の人手がかからず、簡易に銅、スズなどの非磁性金属をも分析でき、機械設備の摺動部のどの部分が摩耗しているかを現場で迅速に把握することができるため、摩耗の原因となる摺動部の異常接触を即時に検出して、適切な対処を行うことによ

り、迅速且つ正確に機械設備の正常運転管理が可能となり、摺動部の寿命を長期化することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明に係る潤滑油の簡易分析方法を用いる対象となる機械の一例として、横軸多段ポンプの一例を示す断面図である。

[図2]図１におけるスラスト軸受ユニット９Ａとラジアル軸受ユニット９Ｂを備えた軸受装置９の拡大図である。

[図3]図２のＸＸ断面の模式図である。

[図4]本発明に係る潤滑油の簡易分析方法を用いる対象となる機械の一例として、両吸込横軸単段ポンプの断面図である。

[図5]本発明に係る潤滑油の簡易分析方法を用いる対象となる機械の一例として、横軸斜流ポンプの断面図である。

[図6]実施例１における採油部位を示す説明図である。

[図7]本発明の運転管理方法を実施するために用いることができる簡易分析キットの一例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明の実施例としていくつかの実施形態について説明するが、本発明は、これら実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載される発明の技術的範囲内における実施形態は、本発明に含まれる。

[0029] 図１は，本発明に係る潤滑油の簡易分析方法を用いる対象となる機械の一例として、横軸多段ポンプの一例を示す断面図である。

[0030] 図１に示される回転機械としての横軸多段ポンプ１００は，複数の羽根車２と，これら羽根車２が固定される回転軸１を有している。回転軸１は水平に延びている。複数の羽根車２は，回転軸１上に直列に配列されていて，ポンプケーシング５内に配置されている。回転軸１の一端は、図示しない電動機などの駆動機に連結されており，この駆動機によって回転軸１および羽根車２が回転されるようになっている。また，回転軸１は，その両端部近傍に設けられた軸受装置９，９に回転自在に支持されている。

[0031] 羽根車２はポンプケーシング５内に配置されている。回転軸１の回転とともに複数の羽根車２が回転すると，吸込口３から水などの液体が吸込まれ，羽根車２による遠心作用により、液体の圧力が上昇されて液体が吐出口４から吐き出される。

[0032] 各々の羽根車２の液体入口には，羽根車２により加圧された水が、前の段に逆流しないように、ポンプケーシング５と羽根車２の間にウェアリング６がそれぞれ取り付けられている。

[0033] 回転軸１は、ポンプケーシング５を貫通して延びている。回転軸１とポンプケーシング５との間の隙間は，メカニカルシールなどの軸封装置８，８によって、ポンプケーシング内部の水がケーシング外部に漏れないようにシールされている。したがって，ポンプの内部の水が軸受装置９，９に浸入することはない。

[0034] 複数の羽根車２は，隣り合う羽根車２間の圧力差により生じるスラスト力が羽根車２の枚数分重なりあい，スラスト力が発生する。このスラスト力は，横軸多段ポンプ１００内に設けられたバランス装置７により相殺されるが，過渡運転時などにはある程度のスラスト力が残留する。この残留スラスト力は，軸受装置９のスラスト軸受ユニット９Ａで支持される。

[0035] スラスト軸受ユニット９Ａに加えて，回転軸１の両側端部近傍には２つのラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂが配置されている。これら２つのラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂと，１つのスラスト軸受ユニット９Ａの合計３つの軸受で回転軸１は支持される。スラスト軸受ユニット９Ａには玉軸受が用いられ、ラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂにはスリーブ型の軸受が用いられている。

[0036] スラスト軸受ユニット９Ａ、ラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂとも、それらの下部の潤滑油貯槽１０に貯められた潤滑油により潤滑される。このようにして回転軸１を安定させた状態で回転させることができる。

[0037] 尚、潤滑油貯槽１０の潤滑油は、本図のように潤滑油貯槽１０に付属する冷却ジャケット２７により冷却水により冷却される場合がある。

[0038] 図２は、図１におけるスラスト軸受ユニット９Ａとラジアル軸受ユニット９Ｂを備えた軸受装置９の拡大図である。図２に示されるように、この軸受装置９は、水平に延びる回転軸１の軸方向荷重および半径方向荷重を受けるスラスト軸受ユニット９Ａと、回転軸１の半径方向荷重を受けるラジアル軸受ユニット９Ｂと、を有する。スラスト軸受ユニット９Ａには複列のアンギュラ玉軸受が使用され、転道輪及び転動体は炭素とクロムがやや添加された鉄を主体とする高～中炭素クロム鋼が用いられる。ラジアル軸受ユニット９Ｂは、回転軸１の外周と同軸の円筒形状のすべり軸受が使用され、９０％スズ－１０％銅、あるいは８９％スズ－７％アンチモン－４％銅のホワイトメタルが用いられ、すべり軸受に囲繞される回転軸１はステンレス鋼が用いられている。

[0039] スラスト軸受ユニット９Ａおよびラジアル軸受ユニット９Ｂの下方には、潤滑油貯槽１０が配置されており、この潤滑油貯槽１０に貯留される潤滑油の油面が、符号１０Ａが付された点線で示されている。なお、潤滑油貯槽１０内の油面１０Ａが一定になるように、潤滑油量は管理されている。潤滑油貯槽１０の下方には冷却ジャケット２７が設けられており、冷却ジャケット２７を流れる冷却液によって潤滑油貯槽１０内の潤滑油が冷却される。冷却ジャケット２７の代わりにフィンつきの空冷構造を採用してもよい。あるいは、潤滑油貯槽１０内に、フィン付冷却液チューブを挿入して潤滑油を直接冷やす構造としてもよい。

[0040] スラスト軸受ユニット９Ａには、複列のアンギュラ玉軸受の軸方向の両側に隣接して、オイルリング２０Ａが使用されている。回転軸１には、所定の位置Ａで径が縮小して、軸端まで玉軸受内輪とおなじ径となる部分があるが、そこに、内径が玉軸受内輪とおなじ径で、外周にオイルリングが軸方向の一定の位置にとどまるように凹部が施された円環形状のオイルリング受け１５を嵌め、続いて複列のアンギュラ玉軸受を嵌め、さらに続いてオイルリング受け１５を嵌めたものである。オイルリング受け１５の軸方向の長さを規定すれば、複列のアンギュラ玉軸受の軸方向の位置が決められる。

[0041] 図３は、図２のＸＸ断面の模式図である。オイルリング２０Ａは、玉軸受をおさえるステータ側の内部部材１６の隙間を通して、潤滑油貯槽１０に貯留される潤滑油（油面１０Ａ）に下部を浸した状態で配置される。オイルリング２０Ａは、回転軸１の回転につられて回転することで、潤滑油貯槽１０に貯留される潤滑油をかき上げる。このときオイルリング２０Ａは回転軸１と摩擦し摺動が生じる。ここで、オイルリング２０Ａは、黄銅（銅６０～７０％、亜鉛４０～３０％）などの銅合金材料で形成されている。

[0042] 潤滑油貯槽１０からオイルリング２０Ａに随伴される潤滑油は、スラスト軸受ユニット９Ａの、複列のアンギュラ玉軸受の軸方向の両側に隣接した、オイルリング受け１５にて、軸側に供給される。オイルリング２０Ａは、複列のアンギュラ玉軸受の軸方向の両側に隣接しているので、潤滑油は、軸を伝って隣接する複列のアンギュラ玉軸受の両側から供給される。

[0043] ラジアル軸受ユニット９Ｂのすべり軸受にも、軸方向に適当な間隔でオイルリング２０Ａが備えられ、スラスト軸受ユニット９Ａと同じように、回転軸１の回転につられて回転することで、潤滑油貯槽１０に貯留される潤滑油はすべり軸受にかき上げられる。

[0044] アンギュラ軸受とすべり軸受を経た潤滑油は、ふたたび潤滑油貯槽１０に流下して戻される。但し、アンギュラ軸受とすべり軸受を経た潤滑油は、それらの摺動摩耗により生成する摩耗粉を含んでおり、これらの摩耗粉は微量含まれた状態ではあるが、次第に潤滑油貯槽１０に蓄積する。

[0045] 次に、図１乃至図３に示したポンプの他に、適用する他のポンプを紹介する。

[0046] 図４は，本発明に係る潤滑油の簡易分析方法を用いる対象となる機械の他の一例であり、両吸込横軸単段ポンプの断面図である。図４に示される回転機械としてのポンプ１００は，羽根車２と，この羽根車２が固定される回転軸１とを有している。回転軸１は水平に延びている。回転軸１は、主としてステンレス鋼で形成されている。回転軸１の一端は図示しない電動機などの駆動機に連結されており，この駆動機によって回転軸１および羽根車２が回

転されるようになっている。また，回転軸１は，その両端部近傍に設けられた軸受装置９，９に回転自在に支持されている。

[0047] 羽根車２はポンプケーシング５内に配置されている。図４に示すポンプケーシング５は、その内部に渦巻き室５ａを有しており，羽根車２は渦巻き室５ａの内部に配置されている。回転軸１の回転とともに羽根車２が回転すると，吸込口３から水などの液体が吸い込まれ，羽根車２と渦巻き室５ａの作用により液体の圧力が上昇されて，液体が吐出口４から吐き出される。

[0048] 図示した例における羽根車２は，その両側から液体を吸い込む両吸込構造を有している。羽根車２の液体入口には，羽根車２により加圧された水が、渦巻き室５ａから吸込口３に逆流しないように、ウェアリング２Ａ，２Ｂがそれぞれ取り付けられている。

[0049] 回転軸１はポンプケーシング５を貫通して延びている。回転軸１とポンプケーシング５との間の隙間は，軸封装置８，８（たとえば、メカニカルシールなど）によって、ポンプケーシング内部の水がケーシング外部に漏れないようにシールされている。

[0050] ウェアリング２Ａ，２Ｂの直径の差異、誤差による圧力差により、ポンプ軸にはスラスト力が発生する。このスラスト力は、軸受装置９のスラスト軸受ユニット９Ａで支持されるようになっている。

[0051] スラスト軸受ユニット９Ａに加えて，回転軸１の両側端部近傍には２つのラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂが配置されている。これら２つのラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂと，１つのスラスト軸受ユニット９Ａの合計３つの軸受で回転軸１は支持される。スラスト軸受ユニット９Ａには玉軸受が用いられ、ラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂにはスリーブ型の軸受が用いられている。

[0052] スラスト軸受ユニット９Ａ、ラジアル軸受ユニット９Ｂ，９Ｂとも、それらの下部の潤滑油貯槽１０に貯められた潤滑油により潤滑され、これらの軸受ユニットに用いられる金属としては、図１乃至図３で紹介したホワイトメタルや砲金などの銅、錫合金が多く用いられている。また玉軸受、特に転道

輪及び転動体の材料としては、炭素とクロムがやや添加された鉄を主体とする高～中炭素クロム鋼が用いられる。

[0053] 尚、潤滑油貯槽１０の潤滑油は、本図のように潤滑油貯槽１０に付属する冷却ジャケット２７により冷却水により冷却される場合がある。

[0054] 図５は，本発明に係る潤滑油の簡易分析方法を用いる対象となる機械のさらに他の一例であり、横軸斜流ポンプの断面図である。図５に示される回転機械としてのポンプ１００は，羽根車２と，この羽根車２が固定される回転軸１とを有している。回転軸１は水平に延びている。回転軸１としては、主としてステンレス鋼が用いられている。回転軸１の一端はケーシング５内で水中軸受２ｃにより、もう一端は、ケーシング５の外部にて軸受装置９により、各々回転自在に支持されている。更に回転軸1は、ケーシング５の外部にて図示しない電動機などの駆動機に連結されている。その駆動機によって回転軸１および羽根車２が回転されるようになっている。

[0055] なお、ポンプケーシング下部には、休閑期に、停止したポンプ内の水をケーシング外に排出するために用いられるドレインポートと、ポンプケーシング上部には、ポンプ運転開始時に、ポンプ内の大気を真空ポンプで吸込側から水を吸い上げるための機器取付ポートがある。これらは、ポンプが定常運転するときには図示しないバルブ等で閉止される。

[0056] 図５に示すポンプケーシング５の内部には、中心に水中軸受２ｃを支持するとともに、ポンプケーシング５とともにガイドベーンを支持する内筒を有している。羽根車２はポンプケーシング５内で、内筒に隣接して駆動機側に配置されている。回転軸１の回転とともに羽根車２が回転すると，水などの液体が吸込口３から羽根車２に供給され，羽根車２によりガイドベーン側に推進力が加えられる。ガイドベーンでは、羽根車２から供給された水などの液体が滞ることのないよう整流され、吐出口４から吐き出される。

[0057] このように、内筒は、ポンプの運転中はケーシング５内で水没した状態に置かれる。内筒内に置かれた水中軸受２ｃと回転軸1の間隔は非常に狭いクリアランスで、水中で互いに摺動する。

[0058] 回転軸１の駆動機側は、ポンプケーシング５と回転軸１との間の隙間を軸封装置８（たとえば、メカニカルシールなど）によって、ポンプケーシング内部の水がケーシング外部に漏れないようにシールされている。したがって，ポンプの内部の水が軸受装置９に浸入することはない。

[0059] 水などの液体は，羽根車２によりガイドベーン側に推進力が加えられるので、羽根車２および回転軸１は、その反作用として駆動機の方向にスラスト力がかかる。このスラスト力は軸受装置９のスラスト軸受ユニット９Ａで支持されるようになっている。

[0060] スラスト軸受ユニット９Ａに加えて，軸受装置９には、回転軸１のラジアル方向を受けるラジアル軸受ユニット９Ｂが配置されている。このラジアル軸受ユニット９Ｂ，スラスト軸受ユニット９Ａ、水中軸受２ｃの合計３つの軸受で回転軸１は支持される。スラスト軸受ユニット９Ａ、ラジアル軸受ユニット９Ｂには玉軸受やころ軸受が用いられている。

[0061] スラスト軸受ユニット９Ａ、ラジアル軸受ユニット９Ｂとも、それらの下部の潤滑油貯槽１０に貯められた潤滑油により潤滑される。これらの軸受ユニットは玉軸受やころ軸受があるので、転道輪及び転動体は炭素とクロムがやや添加された鉄を主体とする高～中炭素クロム鋼が用いられる。

[0062] 次に、図１乃至図５にて紹介したポンプを例にして、潤滑油を採取して、本発明に係る簡易分析方法により摩耗した金属粉をその場で分析する方法を説明する。

[0063] 潤滑油貯槽１０の潤滑油は、ポンプの停止直後、もしくは、運転中に採油量と同等の給油をしながら、給油口または採油口から直接、または、ある程度採取した潤滑油から、シリンジで規定量（１０ｃｃ乃至２０ｃｃ）を採取する。ポンプを停止する場合は、その停止時間は数分程度でよい。

[0064] シリンジで有機溶媒（ヘキサン）を吸引して、採取した潤滑油を希釈した後、シリンジの開口部先端にフィルタを装着して、ピストンで潤滑油を押し出すことにより、ろ過して、試験管にろ液を集める。フィルタは径φ１３ｍｍ、目開き０．４５μｍ～０．８μｍの耐酸性メンブランフィルタであるこ

とが好ましい。

[0065] ろ過したあと、フィルタに摩耗粉が残っている状態で、再度溶剤を吸引してからピストンで押し出し、フィルタに残留している潤滑油の油分をほぼ完全に除去する。さらにその後、空気を吸引してからピストンで押し出し、フィルタを乾燥させる。

[0066] 摩耗粉が残留しているフィルタを、所定濃度（１Ｎもしくは２Ｎ）の塩酸（１ｃｃ程度）に浸して摩耗粉を溶解させて、分析試料を調製する。摩耗粉を溶解させる酸は、機械設備の構成材料から検出が想定される金属イオンに応じて変更してもよい。たとえば、銅の場合には硝酸が最適である。

[0067] 分析試料（摩耗粉を溶解させた塩酸溶液）に、分析対象の金属イオンに対して選択的に呈色反応により発色する比色試験紙を浸し、塩酸溶液中の金属成分を簡易分析する。比色試験紙は、市販の比色試験紙を用いることができ、鉄、銅、錫、ニッケル、クロム等の機械の摺動部品に通常用いられている金属に応じて、その金属イオンに選択的に反応する比色試験紙を用いる。比色試験紙としては、各金属イオンに特有の発色を示す市販の比色試験紙を用いることができる。なお、発色条件に液中の水素イオン濃度範囲が規定されている場合には、その条件に合わせて、水酸化ナトリウム溶液などの塩基性溶液かリン酸緩衝液などで調整した後、比色試験紙を浸す。

[0068] 摺動部は、主軸が鉄鋼からなり、軸受材料がスズを含んだホワイトメタルからなり、オイルリングのような潤滑油供給部材でありながら軸と摺動する部材が銅合金からなる。このように、摺動部は部位によって異なる金属が用いられているので、各部位を構成する金属材料に応じて各種比色試験紙を用いて定期的に分析することで、摺動部の摩耗状態の推移を把握することができる。

[0069] 比色試験紙による簡易分析よりも分析精度を向上させる必要がある場合には、採油現場にて吸光度分析を行うことが好ましい。吸光度分析は、市販の携帯型吸光度分析装置を用いて行うことができる。

[0070] 呈色試薬としては、たとえば、鉄イオンに対しては、ｏ－フェナントロリ

ン、２，４，６－トリス（２－ピリジル）－１，３，４トリアジン、２－ニトロソ－５－［Ｎ－ｎ－プロピル－Ｎ－（３－スルホプロピル）アミノ］フェノール、バソフェナントロリンジスルホン酸二ナトリウム塩を好適に用いることができる。ｏ－フェナントロリンは、３価の鉄イオンに反応して赤色を呈色する。２，４，６－トリス（２－ピリジル）－１，３，４トリアジンは、２価の鉄イオンに反応して赤紫色を呈色する。２－ニトロソ－５－［Ｎ－ｎ－プロピル－Ｎ－（３－スルホプロピル）アミノ］フェノールは、３価の鉄イオンに反応して緑色を呈色する。バソフェナントロリンジスルホン酸二ナトリウム塩は、２価の鉄イオンに反応して赤橙色を呈色する。

[0071] 銅イオンに対しては、２，９－ジメチル－４，７－ジフェニル－１，１０－フェナントロリン（バソクプロイン）、ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウムを好適に用いることができる。バソクプロインは、銅イオンと反応して橙黄色を呈色する。ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウムは、銅イオンと反応して黄褐色を呈色する。

[0072] スズイオンに対しては、ヘマトキシリンを好適に用いることができる。ヘマトキシリンは、４価のスズイオンと反応して赤紫色を呈色する。

[0073] 更に、ニッケルイオンに対しては、ジメチルグリオキシム、クロムイオンに対しては、ジフェニルカルバジドなどの呈色試薬を用いることができる。ジメチルグリオキシムは、ニッケルイオンと反応して赤色に呈色する。ジフェニルカルバジドは６価と３価のクロムイオンと反応して赤紫色に呈色する。

[0074] 比色試験紙又は吸光度分析によるその場分析による各金属イオンの検出濃度に基づき、摩耗が摺動部のどの部位で生じているかを判断する。摩耗の程度の判断は、金属イオンの検出濃度のみではなく、摺動部を構成する各金属成分の摩耗のし易さを考慮して行う。また、実際の現場に特有の条件を考慮し、通常運転時の金属イオンの検出濃度を基準として、金属イオン濃度の増減で判断してもよい。

[0075] 摩耗が生じていると判断した場合には、潤滑油の交換、及び必要に応じて

摺動部の機械設備の調整を行う。たとえば図１乃至５に示すポンプの場合には、玉軸受ベアリングは炭素鋼、玉軸受保持器は銅合金、すべり軸受はホワイトメタルで構成されていることから、潤滑油中に鉄が高濃度に検出された場合には主軸、転がり軸受のベアリングなどの摩耗、スズが検出された場合にはオイルリング、転がり軸受の保持器の摩耗、銅が高濃度に検出された場合にはすべり軸受の軸受部分の摩耗が生じていると判断することができる。摩耗は、各摺動部材の異常接触により発生すると考えられるため、摺動部を解体して、異物の有無の確認及びずれ（芯ずれ、面ずれ）の検査を行う。ずれが確認された場合には、軸ずれの修正（芯出し、面出し）を行う。

[0076] 本発明による比色試験紙による簡易分析の場合の摩耗の判断及び対処の一例を表１に示す。「正常」の判断は、すべての金属イオンが表１に示す所定範囲にあることを要件とするが、「要観察」及び「摩耗発生」の判断は、いずれかの金属イオンが表１に示す所定範囲に入る場合に該当するものとする。たとえば、銅は０ｐｐｍであるが、スズが１２ｐｐｍの場合には、摩耗発生と判断する。

[0077] [表1]

比色試験紙による分析結果又は正常運転時からの増加濃度			判断	対処
鉄	銅	スズ		
0-5ppm	0-2ppm	0-2ppm	正常	通常運転継続
5-20ppm	2-10ppm	2-10ppm	要観察	精密分析実施又は簡易分析頻度を増やす
>20ppm	>10ppm	>10ppm	摩耗発生	潤滑油交換。詳細な潤滑油分析実施。 振動・騒音計測、測温、芯ずれ・面ずれ測定。 追加検査結果により摺動部点検・調整

[0078] 図７に、本発明の運転管理方法を実施するために用いることができる簡易分析キットの一例を示す。

[0079] 本例の簡易分析キットは、ケーシング１００内に、潤滑油用シリンジ式吐出器１０１と、潤滑油の希釈液供給用シリンジ式吐出器１０２と、潤滑油中の金属成分の溶出液供給用シリンジ式吐出器１０３と、が流路切り換えコッ

ク１０５～１０７及び配管を介して、メンブランフィルタ（たとえば孔径０．４５μｍ又は０．８μｍ）１０９に流体連結状態に接続されている。メンブランフィルタ１０９の下流には、流路を切り換える流路切り換えコック１１３、１１４及び配管を介して、メンブランフィルタで濾過された溶出液の吸光度を測定する吸光度測定容器１１５、又は廃液溜１１６が設けられている。吸光度測定容器１１５には、反応試薬供給用シリンジ式吐出器１０４からの反応試薬を供給するための切り換えコック１０８及び配管も接続されている。各シリンジ式吐出器１０１～１０４のプランジャの端部１０１ａ～１０４ａはケーシング１００の外に突出して、手動又は電動で押し下げ可能に設けられている。

[0080] 潤滑油用シリンジ式吐出器１０１には、採取した潤滑油１０ｍｌをその場で充填する。希釈液供給用シリンジ式吐出器１０２、溶出液供給用シリンジ式吐出器１０３及び反応試薬供給用シリンジ式吐出器１０４には、それぞれ、希釈液（たとえばヘキサンもしくはヘプタン５ｍｌ）、溶出液（たとえば２M塩酸又は２M硝酸１ｍｌ）及び反応試薬（呈色試薬１ｍｌ）が気密充填されており、使用時に、気密状態を開放して、各プランジャ１０１ａ～１０４ａを押し下げてシリンジ先端部より各薬液を吐出する。各シリンジ式吐出器の密封状態は、たとえば、プランジャを固定するストッパー、シリンジキャップなどの公知の任意の手段を用いることができ、開放するにはストッパーやキャップを外す、キャップを穿孔する、など公知の手段を用いることができる。吸光度測定容器１１５には、吸光度測定用窓が設けられており、携帯型吸光光度計を用いて、その場での吸光度測定を可能とする。反応試薬は分析対象物に応じて好適な呈色試薬を用いる。

[0081] なお、上記の試薬及び試薬容量は説明のための一例であり、潤滑油の分析量及び分析対象物に応じて、試薬及び試薬容量を適宜変更することができる。

実施例

[0082] 以下、実施例により本発明を更に説明する。

[0083] ［実施例１］

図１乃至図３に示した構造を有する稼働中のポンプから潤滑油を採取し、従来の分析方法と本発明の分析方法を行って比較した。図６に示すように、採油部位は、モーター（Ｍ）に直結する側の摺動部を「直結側」とし、モーターとは反対側の摺動部を「反直結側」として、下記表２～５において、それぞれ「直」及び「反」と略記する。ポンプ停止直後に、ポンプの給油口から潤滑油を容器に採取し、均一になるよう良く撹拌した。

[0084] 潤滑油を採取した後、直ちに、シリンジ（テルモシリンジルアーロックタイプ）にて１０ｃｃを吸引し、ヘキサンもしくはヘプタンで希釈し、シリンジの吸い込み口に孔径０．４５μｍの耐酸性メンブランフィルタ（Whatman社製１３ｍｍ　ＧＤ／Ｘシリンジフィルター　ＰＴＦＥ）を取り付けて、ピストンで押し出してろ過し、メンブランフィルタを２Ｎの塩酸１ｍｌを１分間かけてゆっくりと流して、メンブランフィルタに残った０．４５μｍより大きい摩耗粉を塩酸中に溶かした。

[0085] この溶液に、速やかに市販のすず（Sn^{2+}）用の比色試験紙（Marcherry-Nagel社製半定量イオン試験紙QUANTOFIX MN91309スズ）を浸して、呈色反応を確認し、呈色の濃淡に基づいて濃度を決定した。次に、この塩酸液から０．３ｍｌを別の容器に分注し、１Ｎの水酸化ナトリウム０．３ｍｌを添加し、鉄（Fe^{2+}／Fe^{3+}）用、銅（$Cu^{+}$$Cu^{2+}$）用の比色試験紙（Marcherry-Nagel社製半定量イオン試験紙　QUANTOFIX　MN91344鉄100、MN91304銅）を浸して、呈色反応を確認し、呈色の濃淡に基づいて濃度を決定した。なお、金属成分が高濃度で判定できない場合は純水で希釈してから試験紙を浸した。

[0086] 測定した濃度に基づいて、直結側のすべり軸受に摩耗発生と判断した。

[0087] すべり軸受の面出し・芯出しの検査を行い、大きなずれがないことを確認した。

[0088] 次に、軸受を開放して分解して観察したところ、直結側のすべり軸受に多数の摩耗痕があることを確認した。

[0089] 潤滑油の採取部位及び潤滑油中の金属成分濃度分析結果、及び実際にポン

プを解体して摺動部を観察した状況を表２に示す。

[0090] [表2]

採油部位	比色試験紙分析結果			判断	実際の状況
	鉄	銅	スズ		
直	25ppm	20ppm	>50ppm	潤滑油交換、詳細な潤滑油分析実施、軸受調査⇒すべり軸受に摩耗発生	検査の結果、すべり軸受に多数の摩耗痕
反	1ppm	0ppm	0-5ppm	要観察	摺動部観察はせず

[0091] 潤滑油と、直結側のすべり軸受を交換した後、運転を再開した。

[0092] 試運転時に、軸受温度、振動値を測定したところ、異常は認められなかった。このとき、潤滑油を採油して比色試験紙による簡易分析を行った結果を表３に示す。

[0093] [表3]

採油部位	比色試験紙分析結果			判断	実際の状況
	鉄	銅	スズ		
直	10ppm	0ppm	>50ppm	潤滑油交換、詳細な潤滑油分析実施、軸受調査⇒すべり軸受に摩耗発生	軸受の溝部分にシール材の破片が付着していた。軸受に大きな摩耗痕
反	1ppm	0ppm	0ppm	正常	解体せず

[0094] シール材を除去、すべり軸受と潤滑油を交換して運転を再開した。運転再開後の比色試験紙による簡易分析では金属濃度の上昇は認められなかった。

[0095] [表4]

採油部位	比色試験紙分析結果			判断	実際の状況
	鉄	銅	スズ		
直	1ppm	0ppm	0ppm	正常	オイルレベルゲージにて、潤滑油の色は透明であった
反	1ppm	0ppm	0ppm	正常	

[0096] ［実施例２］

図４に示した構造を有する稼働中のポンプ２台から潤滑油を採取した以外は、実施例１と同様に比色試験紙による簡易分析を行った。採油前の運転中

に測定した温度、振動、騒音は管理値範囲内であり、これらの測定によって異常は認められなかった。

[0097] 測定した濃度に基づいて、1号機の直結側のすべり軸受、1号機の直結側の玉軸受、及び2号機の反直結側のすべり軸受に、摩耗が発生していると判断した。

[0098] 摩耗が発生していると判断したすべり軸受及び玉軸受の面出し・芯出しの検査を行ったところ、いずれも管理値を越えた面ずれ・芯ずれが確認された。

[0099] 比色試験紙による簡易分析の結果及び判断並びに実際の状況を表５に示す。

[0100] [表5]

採油部位		比色試験紙分析結果			判断	実際の状況
		鉄	銅	スズ		
１号機	直	10ppm	0ppm	5-10ppm	すべり軸受に摩耗発生	面ずれ・芯ずれあり
	反	10-25ppm	0ppm	0ppm	玉軸受に摩耗発生	面ずれ・芯ずれあり
２号機	直	0-2ppm	0ppm	0ppm	正常	
	反	10-25ppm	0ppm	5-15ppm	すべり軸受に摩耗発生	面ずれ・芯ずれあり

[0101] １号機の直結側及び反直結側、及び２号機の反直結側の潤滑油を交換し、面出し及び芯出しを行って、軸のずれを修正した後、運転を再開した。

[0102] 運転再開後、定期的に比色試験紙による簡易分析を実施したが、１年経過後にも金属成分は検出されなかった。

[0103] 以上、本発明の運転管理方法によれば、ポンプの潤滑油を少量採取し、その場で採取した潤滑油中の金属粉の中に含まれる金属イオンの濃度を測定し、対象のポンプの摺動部の摩耗状況を判別し、異常発生時には、その場で即座に対処が可能であるため、設備機器の異常運転を防止し、設備機器の寿命を長期化できる。

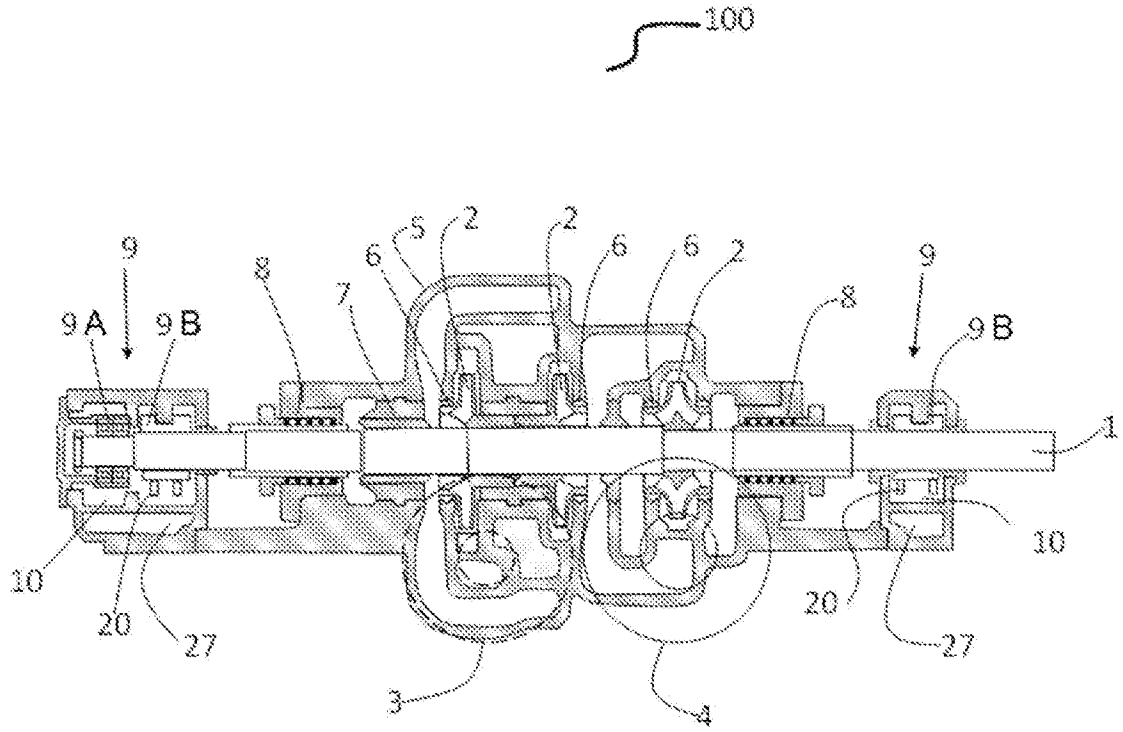
請求の範囲

[請求項1] 潤滑油を用いる摺動部を具備する機械設備の稼働現場にて、
当該機器に用いられている潤滑油をその場で採取し、
当該潤滑油中の金属濃度をその場で分析し、
潤滑油中の金属濃度に応じて、当該摺動部の摩耗状況を判断し、
摩耗が発生している場合には摩耗の程度に応じて、当該摺動部の摩耗状況を判断して、潤滑油のより詳細な分析の実施、摺動部に関する他の検査の実施、継続的な潤滑油分析、潤滑油交換、又は摺動部調整を行う、機械設備の運転管理方法。

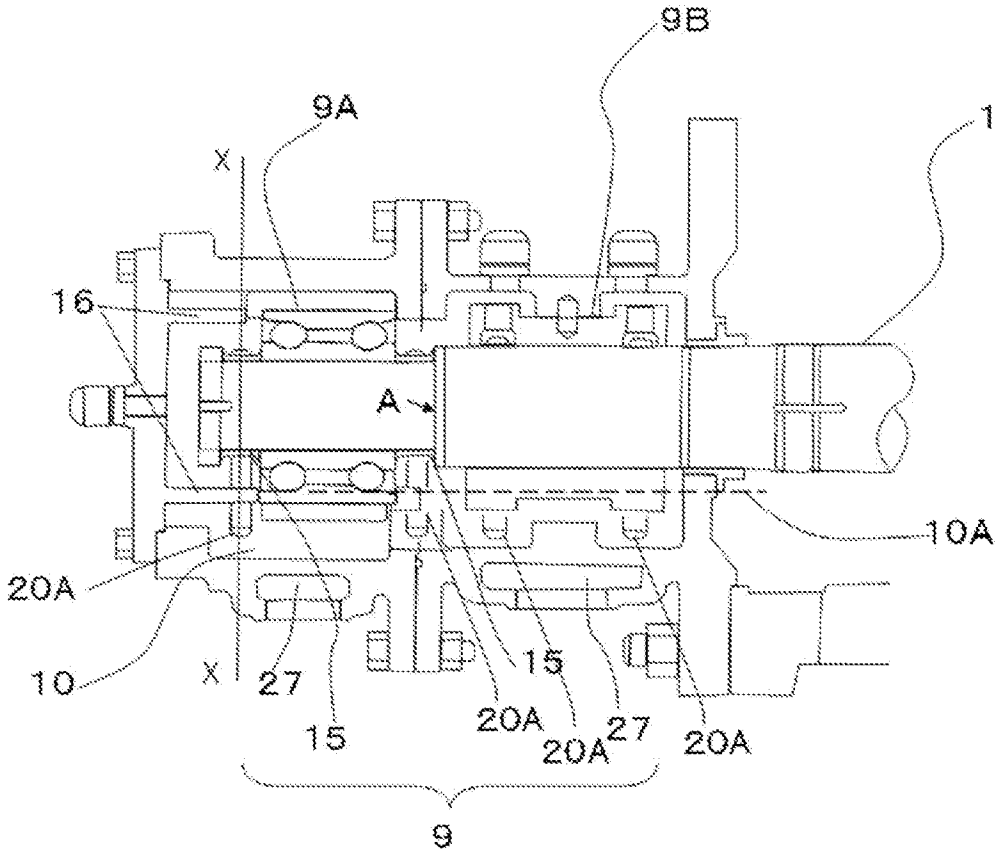
[請求項2] ポンプの稼働現場にて、
ポンプの摺動部から潤滑油を採取し、
直ちに比色試験紙、比色試薬又は吸光度分析による潤滑油中金属濃度の簡易分析をその場で行い、
潤滑油中の濃度、又は正常運転時の潤滑油中濃度からの増加分が、鉄、銅又はすずのいずれかについて設定した閾値を越えた場合に、当該摺動部の摩耗状況を判断して、潤滑油のより詳細な分析の実施、摺動部に関する他の検査の実施、継続的な潤滑油分析、潤滑油交換、又は摺動部調整を行う、ポンプの運転管理方法。

[請求項3] 前記比色試験紙、比色試薬又は吸光度分析による潤滑油中金属濃度の簡易分析は、採取した潤滑油を、その場で、ろ過して、残留する粒子を塩酸に溶解させることにより調製した分析試料を用いる、請求項１又は２に記載の運転管理方法。

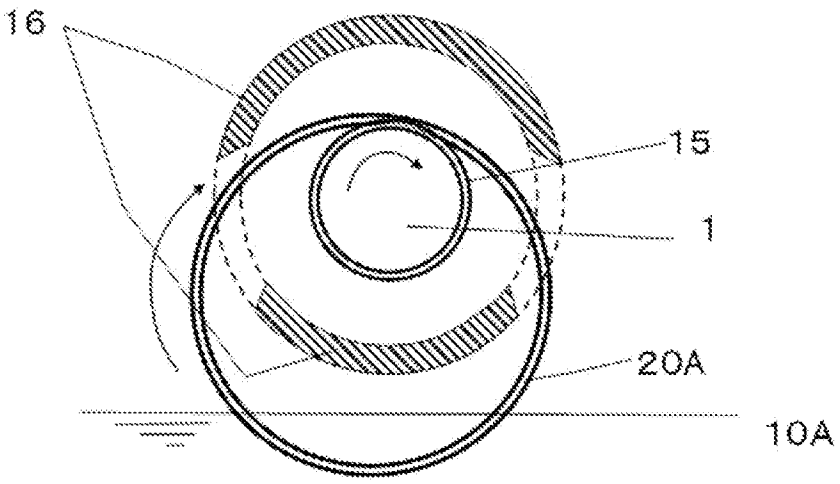
[図1]



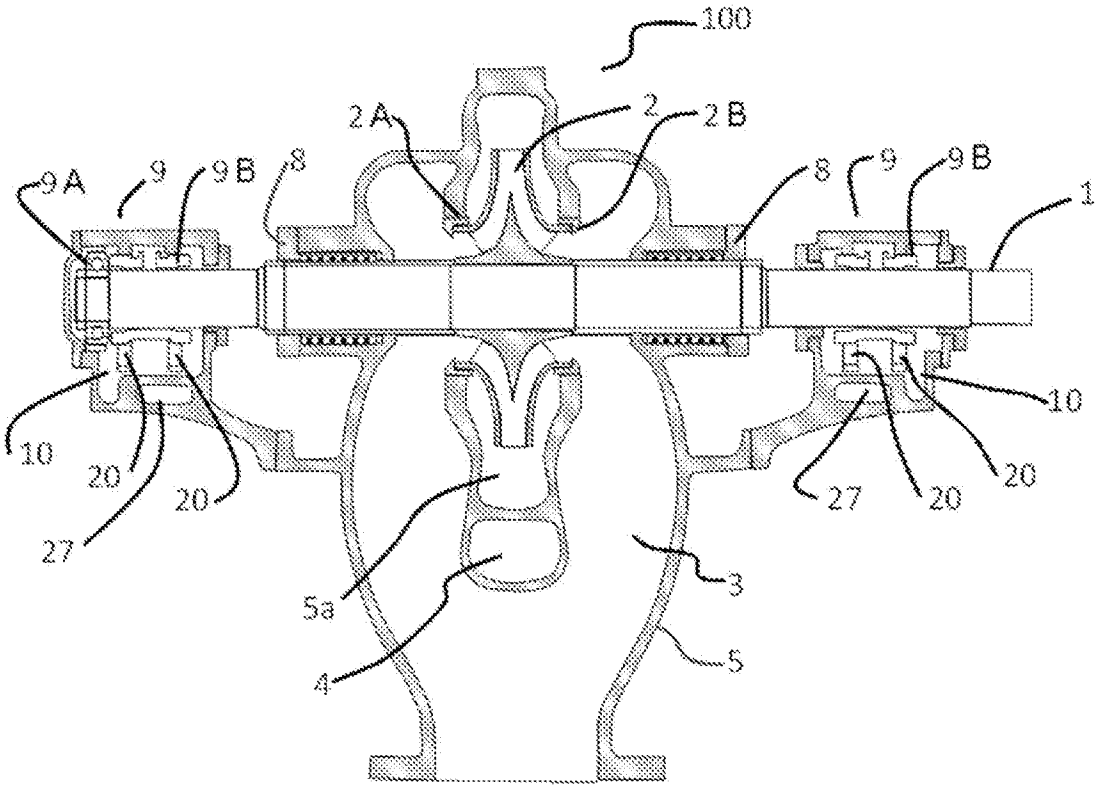
[図2]



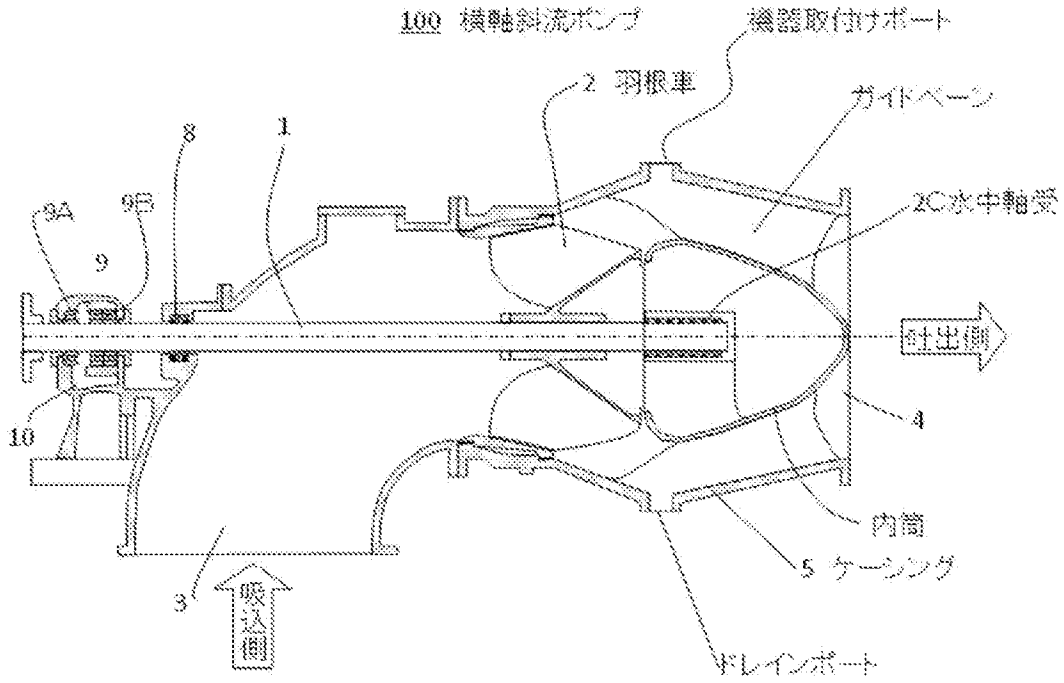
[図3]



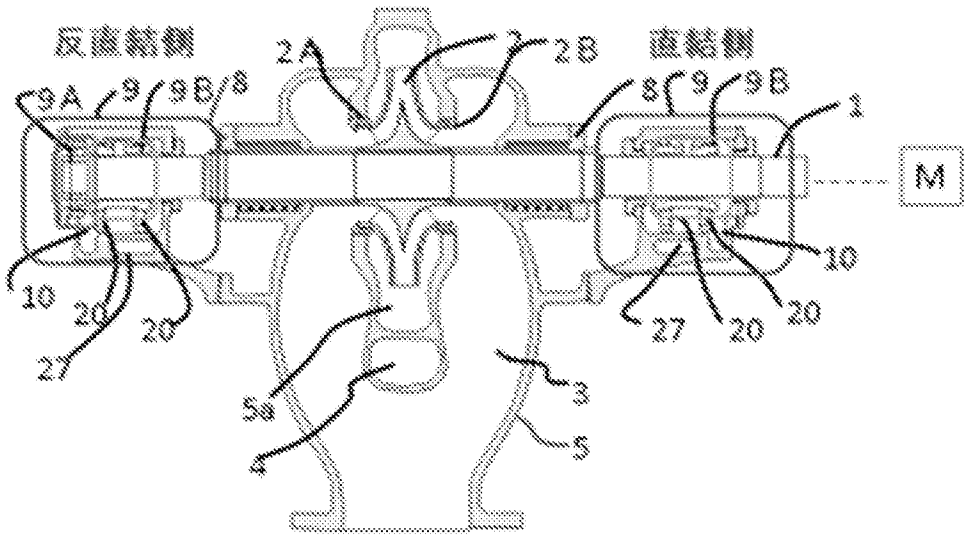
[図4]


100
2A
2
2B
9A
9
9B
8
8
9
9B
1
10
10
20
20
27
27
20
20
5a
3
4
5

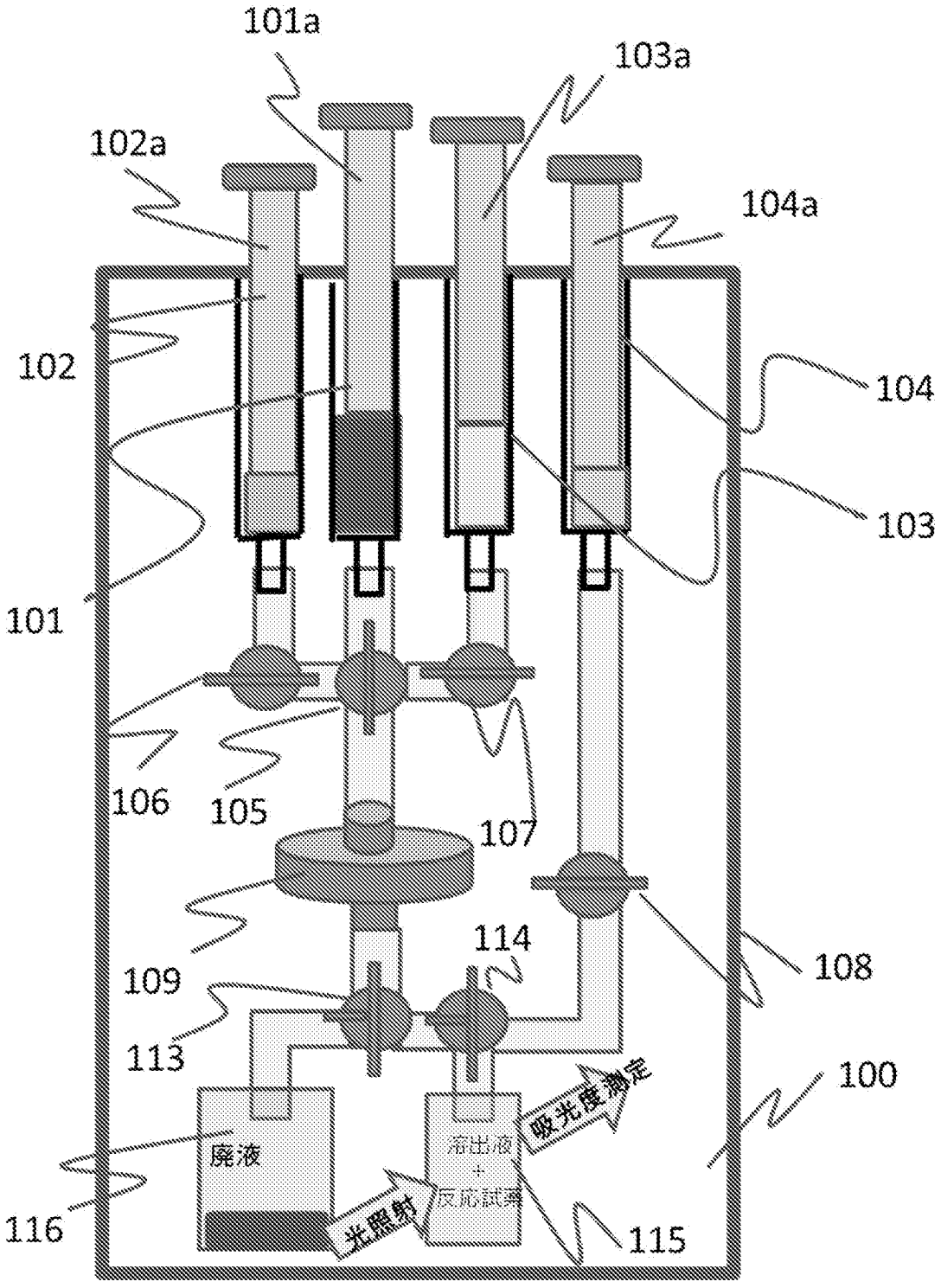
[図5]


100 横軸斜流ポンプ
機器取付けポート
2 羽根車
ガイドベーン
8
1
2C水中軸受
9A
9B
9
吐出側
10
4
内筒
5 ケーシング
3
吸込側
ドレインポート

[図6]



[図7]


101a
103a
102a
104a
102
104
103
101
106
105
107
114
108
109
113
100
廃液
溶出液
+
反応試薬
吸光度測定
光照射
116
115

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/034618

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. F16N29/00(2006.01)i, F04B51/00(2006.01)i, G01M99/00(2011.01)i, G01N33/30(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)
Int.Cl. F16N29/00, F04B51/00, G01M99/00, G01N33/30

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 70223/1985 (Laid-open No. 184954/1986) (ASAHI KASEI INDUSTRY CO., LTD.) 18 November 1986, specification, page 2, line 2 to page 3, line 17 (Family: none)	1-2 3
Y	JP 2012-137337 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 19 July 2012, paragraphs [0005]-[0006], [0022], [0036]-[0048] (Family: none)	1-2

☒ 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	Date of mailing of the international search report
05 December 2018 (05.12.2018)	18 December 2018 (18.12.2018)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/034618

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017-62215 A (CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ELECTRIC POWER INDUSTRY) 30 March 2017 (Family: none)	1-3
A	JP 2016-121998 A (CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ELECTRIC POWER INDUSTRY) 07 July 2016 (Family: none)	1-3
A	JP 2016-109478 A (MITSUI O.S.K. LINES, LTD.) 20 June 2016 (Family: none)	1-3
A	JP 2011-196974 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 06 October 2011 (Family: none)	1-3
A	JP 2011-163995 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 25 August 2011 (Family: none)	1-3
A	JP 2008-542713 A (TEXACO DEVELOPMENT CORPORATION) 27 November 2008 & US 2006/0270050 A1 & US 2009/0227035 A1 & WO 2006/127098 A2 & WO 2010/107893 A2 & CA 2609183 A1 & KR 10-2008-0025071 A & CN 101233405 A	1-3
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 4686/1988 (Laid-open No. 109616/1989) (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 25 July 1989 (Family: none)	1-3

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０３４６１８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16N29/00(2006.01)i, F04B51/00(2006.01)i, G01M99/00(2011.01)i, G01N33/30(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.　F16N29/00, F04B51/00, G01M99/00, G01N33/30

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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 A	日本国実用新案登録出願60-70223号(日本国実用新案登録出願公開61-184954号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（旭化成工業株式会社）1986.11.18, 明細書第２頁第２行－第３頁第１７行 (ファミリーなし)	１－２ ３
Y	JP 2012-137337 A（三菱重工業株式会社）2012.07.19, 段落０００５－０００６，００２２，００３６－００４８ (ファミリーなし)	１－２

☑　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	国際調査報告の発送日
０５．１２．２０１８	１８．１２．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｊ　４４８１
日下部　由泰
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２８

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2017-62215 A（一般財団法人電力中央研究所）2017.03.30, (ファミリーなし)	１－３
A	JP 2016-121998 A（一般財団法人電力中央研究所）2016.07.07, (ファミリーなし)	１－３
A	JP 2016-109478 A（株式会社　商船三井）2016.06.20, (ファミリーなし)	１－３
A	JP 2011-196974 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）2011.10.06, (ファミリーなし)	１－３
A	JP 2011-163995 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）2011.08.25, (ファミリーなし)	１－３
A	JP 2008-542713 A（テキサコ　ディベラップメント　コーポレイション）2008.11.27, & US 2006/0270050 A1 & US 2009/0227035 A1 & WO 2006/127098 A2 & WO 2010/107893 A2 & CA 2609183 A1 & KR 10-2008-0025071 A & CN 101233405 A	１－３
A	日本国実用新案登録出願 63-4686 号(日本国実用新案登録出願公開 1-109616 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱重工業株式会社）1989.07.25, (ファミリーなし)	１－３