

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6199786号  
(P6199786)

(45) 発行日 平成29年9月20日 (2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日 (2017.9.1)

(51) Int. Cl.		F I	
C 1 O M 105/38	(2006.01)	C 1 O M 105/38	
C 1 O M 169/04	(2006.01)	C 1 O M 169/04	
F 1 6 C 33/10	(2006.01)	F 1 6 C 33/10	Z
F 1 6 C 17/10	(2006.01)	F 1 6 C 17/10	Z
C 1 O M 137/04	(2006.01)	C 1 O M 137/04	

請求項の数 11 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-69784 (P2014-69784)	(73) 特許権者	000114215 ミネベアミツミ株式会社 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 6-73
(22) 出願日	平成26年3月28日 (2014.3.28)	(74) 代理人	100068618 弁理士 粵 経夫
(65) 公開番号	特開2014-209030 (P2014-209030A)	(74) 代理人	100104145 弁理士 宮崎 嘉夫
(43) 公開日	平成26年11月6日 (2014.11.6)	(74) 代理人	100104385 弁理士 加藤 勉
審査請求日	平成28年3月7日 (2016.3.7)	(74) 代理人	100163360 弁理士 伴 知篤
(31) 優先権主張番号	特願2013-68778 (P2013-68778)	(72) 発明者	藤裏 英雄 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 6-73 ミネベア株式会社内 最終頁に続く
(32) 優先日	平成25年3月28日 (2013.3.28)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

(54) 【発明の名称】 流体動圧軸受油、及びそれを用いた流体動圧軸受ならびにスピンドルモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の隙間を介して対向する回転部材と固定部材の少なくとも一方の対向する面に動圧溝を有し、前記隙間に潤滑油が充填された流体動圧軸受であって、前記潤滑油が、3 - メチル - 1 , 5 - ペンタンジオールを、モル比が 9 0 : 1 0 乃至 2 0 : 8 0 の範囲である n - デカン酸と n - ウンデカン酸からなる脂肪酸とエステル化反応させて得られるメチルペンタンジオールジエステルと、潤滑油全量に対して極圧添加剤 0 . 1 ~ 5 質量%とを含有し、前記潤滑油の水分量を p p m で表したときの値が下記式 ( 1 ) で表される上限値 y 以下であることを特徴とする、流体動圧軸受。

【化 1】

$$y = 912.47 x^{-0.449} \quad (1)$$

y : 潤滑油に含まれる水分量 ( p p m ) の上限値

x : 潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量 (潤滑油全量に対する質量%で表す)

【請求項 2】

極圧添加剤の含有量が潤滑油全量に対して 0 . 3 ~ 5 質量%であることを特徴とする、請求項 1 に記載の流体動圧軸受。

## 【請求項 3】

潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量と潤滑油の水分量との関係が下記 ( a ) ~ ( c ) のいずれかの条件を満足する、請求項 1 または 2 に記載の流体動圧軸受。

( a ) 極圧添加剤の含有量が 0 . 8 質量% 以下であって、潤滑油の水分量が 1 0 0 0 p p m 以下である。

( b ) 極圧添加剤の含有量が 3 質量% 以下であって、潤滑油の水分量が 5 0 0 p p m 以下である。

( c ) 極圧添加剤の含有量が 5 質量% 以下であって、潤滑油の水分量が 3 0 0 p p m 以下である。

## 【請求項 4】

極圧添加剤がリン系極圧添加剤であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の流体動圧軸受。

## 【請求項 5】

n - デカン酸と n - ウンデカン酸のモル比が 3 0 : 7 0 乃至 7 0 : 3 0 の範囲である、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の流体動圧軸受。

## 【請求項 6】

n - デカン酸と n - ウンデカン酸のモル比が 5 0 : 5 0 である、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の流体動圧軸受。

## 【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の流体動圧軸受を備えたことを特徴とするスピンドルモータ。

## 【請求項 8】

3 - メチル - 1 , 5 - ペンタンジオールと脂肪酸とをエステル化反応させて得られるメチルペンタンジオールジエステルと極圧添加剤を含有する潤滑油であって、前記脂肪酸が、モル比が 9 0 : 1 0 乃至 2 0 : 8 0 の範囲である n - デカン酸と n - ウンデカン酸からなり、前記極圧添加剤の含有量が潤滑油全量に対して 0 . 1 ~ 5 質量% であり、前記潤滑油の水分量を p p m で表したときの値が下記式 ( 1 ) で表される上限値 y 以下であることを特徴とする、流体動圧軸受用潤滑油。

## 【化 2】

$$y = 912.47 x^{-0.449} \quad (1)$$

y : 潤滑油に含まれる水分量 ( p p m ) の上限値

x : 潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量 ( 潤滑油全量に対する質量% で表す )

## 【請求項 9】

極圧添加剤の含有量が潤滑油全量に対して 0 . 3 質量% ~ 5 質量% であることを特徴とする、請求項 8 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

## 【請求項 10】

潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量と潤滑油の水分量との関係が下記 ( a ) ~ ( c ) のいずれかの条件を満足する、請求項 9 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

( a ) 極圧添加剤の含有量が 0 . 8 質量% 以下であって、潤滑油の水分量が 1 0 0 0 p p m 以下である。

( b ) 極圧添加剤の含有量が 3 質量% 以下であって、潤滑油の水分量が 5 0 0 p p m 以下である。

( c ) 極圧添加剤の量含有が 5 質量% 以下であって、潤滑油の水分量が 3 0 0 p p m 以下である。

## 【請求項 11】

極圧添加剤がリン系極圧添加剤であることを特徴とする、請求項 8 ~ 10 のいずれかに記

10

20

30

40

50

載の流体動圧軸受用潤滑油。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、低蒸発性であり且つ0環境下においても凝固しない潤滑油を用いた流体動圧軸受ならびにスピンドルモータに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、情報機器の発達により、膨大なデータを保管するサーバー用ハードディスク駆動装置の需要が急速に伸びている。世界のデータ量がわずかに数年で倍増するともいわれる中、巨大化するサーバー設備を確保するために、より郊外な場所へ、ついにアラスカのような極寒地域やアマゾンなどの熱帯地域といった過酷な環境地域へのサーバー設備の設置も検討する状況にあるといわれている。

10

通常、サーバー設備を設置する部屋は空調設備が整った環境が望ましいが、先に述べたような環境下で一定温度を保つためには、莫大なランニングコストを必要とする為、低温環境下或いは高温環境下においても使用可能なハードディスク駆動装置用スピンドルモータが求められている。

例えば特許文献1及び特許文献2には、特定のエステルを基油とする潤滑剤を用いることにより、低トルクで且つ低温域でも回転可能な流体軸受装置を用いたスピンドルモータが提案されている。

20

【0003】

また、ハードディスク駆動装置の小型化に伴い、使用されるスピンドルモータ内に十分な潤滑油貯めを設ける事が難しくなっている。このため温度が高い環境下においても蒸発量がさらに少ない潤滑油が求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-084839号公報

【特許文献2】特開2005-290256号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

これまで、ハードディスク駆動装置用流体動圧軸受に使用する潤滑油は、基油として低粘度でかつ低蒸発性であるエステル系化合物が多く用いられてきた。しかしながら一般に蒸発特性を改善させた潤滑油は、低温環境下における流動性が著しく悪化することが指摘されており、こうした潤滑油を用いたスピンドルモータは、0付近であっても回転不能となる虞があるとされる。

また特許文献1及び特許文献2などで提案されているスピンドルモータは、低温環境下において良好な起動特性を有しているが、高温環境下において使用している潤滑油の蒸発量が多く、十分な製品寿命を得ることが難しい。

40

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、0といった低温環境下における起動性に優れ、且つ、高温環境下においても潤滑油の蒸発や潤滑油の劣化などによる起動不能の虞を回避でき、製品の長寿命化の実現を図ったスピンドルモータを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、これまで凝固のしやすさにより使用が避けられてきた炭素原子数10以上の脂肪酸を使用したジエステル油において、特定の脂肪酸を特定の比率で使用することにより、低温流動性と耐揮発性が良好

50

となる潤滑油基油となることを見出した。そして上記ジエステル油の水分量を調整することにより、高温環境下における潤滑油基油の劣化を抑制できることを見出した。

そしてこうした潤滑油基油をスピンドルモータに使用することにより、低温起動性に優れるだけでなく、高温環境下においても長寿命なスピンドルモータを提供することができることを見出し、本発明を完成させた。

【0008】

すなわち本発明は、所定の隙間を介して対向する回転部材と固定部材の少なくとも一方の対向する面に動圧溝を有し、前記隙間に潤滑油が充填された流体動圧軸受、および該流体動圧軸受を備えるスピンドルモータであって、

該潤滑油が、3-メチル-1,5-ペンタンジオールを、モル比が90:10乃至20:80の範囲であるn-デカン酸とn-ウンデカン酸からなる脂肪酸とエステル化反応させて得られるメチルペンタンジオールジエステルを含有し、

前記潤滑油の水分量が1000ppm以下であることを特徴とする、

流体動圧軸受およびスピンドルモータに関する。

【0009】

また本発明は、所定の隙間を介して対向する回転部材と固定部材の少なくとも一方の対向する面に動圧溝を有し、前記隙間に潤滑油が充填された流体動圧軸受、および該流体動圧軸受を具えるスピンドルモータであって、

前記潤滑油が、3-メチル-1,5-ペンタンジオールを、モル比が90:10乃至20:80の範囲であるn-デカン酸とn-ウンデカン酸からなる脂肪酸とエステル化反応させて得られるメチルペンタンジオールジエステルと、潤滑油全量に対して極圧添加剤0.1~5質量%とを含有し、

前記潤滑油の水分量をppmで表したときの値が下記式(1)で表される上限値y以下であることを特徴とする、

流体動圧軸受およびスピンドルモータに関する。

【化1】

$$y = 912.47 x^{-0.449} \quad (1)$$

y: 潤滑油に含まれる水分量 (ppm) の上限値

x: 潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量 (潤滑油全量に対する質量%で表す)

【0010】

本発明において、前記極圧添加剤の含有量は、潤滑油全量に対して0.3~5質量%であることが好ましい。

中でも前記潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量と潤滑油の水分量との関係が、下記(a)~(c)のいずれかの条件を満足することが好ましい。

(a) 極圧添加剤の含有量が0.8質量%以下であって、潤滑油の水分量が1000ppm以下である。

(b) 極圧添加剤の含有量が3質量%以下であって、潤滑油の水分量が500ppm以下である。

(c) 極圧添加剤の含有量が5質量%以下であって、潤滑油の水分量が300ppm以下である。

特に前記極圧添加剤は、リン系極圧添加剤であることが好ましい。

さらに本発明において、n-デカン酸とn-ウンデカン酸のモル比は30:70乃至70:30の範囲であることが好ましく、特にn-デカン酸とn-ウンデカン酸をモル比で50:50にすることが望ましい。

【0011】

また本発明は、3-メチル-1,5-ペンタンジオールと脂肪酸とをエステル化反応して得られるメチルペンタンジオールジエステルを含有する潤滑油であって、

前記脂肪酸が、モル比が90:10乃至20:80の範囲であるn-デカン酸とn-ウン

10

20

30

40

50

デカン酸からなり、  
前記潤滑油の水分量が1000ppm以下であることを特徴とする、  
流体動圧軸受用潤滑油にも関する。

【0012】

さらに本発明は、3-メチル-1,5-ペンタンジオールと脂肪酸とをエステル化反応させて得られるメチルペンタンジオールジエステルと極圧添加剤を含有する潤滑油であって、

前記脂肪酸が、モル比が90:10乃至20:80の範囲であるn-デカン酸とn-ウンデカン酸からなり、

前記極圧添加剤の含有量が潤滑油全量に対して0.1~5質量%であり、

前記潤滑油の水分量をppmで表したときの値が下記式(1)で表される上限値y以下であることを特徴とする、流体動圧軸受用潤滑油にも関する。

【化2】

$$y = 912.47 x^{-0.449} \quad (1)$$

y: 潤滑油に含まれる水分量 (ppm) の上限値

x: 潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量 (潤滑油全量に対する質量%で表す)

【0013】

本発明の上記流体動圧軸受用潤滑油において、極圧添加剤の含有量が潤滑油全量に対して0.3質量%~5質量%であることが好ましい。

中でも、前記潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量と潤滑油の水分量との関係が、下記(a)~(c)のいずれかの条件を満足することが好ましい。

(a) 極圧添加剤の含有量が0.8質量%以下であって、潤滑油の水分量が1000ppm以下である。

(b) 極圧添加剤の含有量が3質量%以下であって、潤滑油の水分量が500ppm以下である。

(c) 極圧添加剤の量含有が5質量%以下であって、潤滑油の水分量が300ppm以下である。

特に前記極圧添加剤は、リン系極圧添加剤であることが好ましい。

【発明の効果】

【0014】

本発明において、使用する潤滑油の基油の組成を、二価アルコールとして3-メチル-1,5-ペンタンジオールと、n-デカン酸とn-ウンデカン酸からなる脂肪酸とをエステル化反応して得られるメチルペンタンジオールジエステルとし、ここでn-デカン酸とn-ウンデカン酸のモル比を特定の数値範囲に制御し、且つ該潤滑油に含まれる水分量を規定することにより、さらには前記基油に加えて潤滑油に極圧添加剤を所定量配合し、且つ該潤滑油に含まれる水分量を極圧添加剤の量に対して規定することにより、低温流動性に優れるだけでなく、高温における蒸発と劣化を防止できる潤滑油とすることができる。

従って上記潤滑油を使用することにより、本発明の流体動圧軸受を備えるスピンドルモータは、低温(0以下)環境下における起動性に優れ、且つ、高温環境下においても潤滑油の蒸発や劣化による装置の停止を抑制でき、さらには長期間使用後もスピンドルモータの軸剛性の変化(低下)を抑制でき、長寿命なスピンドルモータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本発明のスピンドルモータの要部構造を説明する概念図である。

【図2】図2は、n-ウンデカン酸(nC11酸)の混合比率(モル%)に対するジエステル油の構成比の変化を示す図である。

【図3】図3は、水分量を調整したジエステル油(潤滑油基油)を80環境下に一定時

10

20

30

40

50

間放置した後の全酸価測定の結果を示す図である。

【図4】図4は、使用した潤滑油基油のn-ウンデカン酸(nC11酸)の混合比率(モル%)に対する潤滑油の融点及び蒸発量の変化を示す図である。

【図5】図5は、潤滑油に含まれる極圧添加剤Aの添加量(横軸)に対して潤滑油の水分量(縦軸)を調整した試料における、80℃環境下に一定時間放置した後の全酸価の上昇に関する評価を示す図である。

【図6】図6は、潤滑油に含まれる極圧添加剤Bの添加量(横軸)に対して潤滑油の水分量(縦軸)を調整した試料における、80℃環境下に一定時間放置した後の全酸価の上昇に関する評価を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

従来より提案されているエステル油、例えば3-メチル-1,5-ペンタンジオールを使用したエステル油は、低粘度であり且つ低蒸発性であるという特性を有している。しかし、上記エステル油の調製に使用する脂肪族モノカルボン酸の炭素原子数が増加すると、具体的にはn-デカン酸(nC10酸)以上の長鎖脂肪酸になると、得られたエステル油は凝固しやすくなり、例えば0℃環境下において凝固している可能性がある。そのため、様々な動作環境を考慮すると、これまで3-メチル-1,5-ペンタンジオールとn-デカン酸(C10酸)以上の長鎖脂肪酸とを使用したエステル油は、ハードディスク駆動装置用流体動圧軸受潤滑油としての使用には不向きであると考えられてきた。

ここで本発明者らは、n-デカン酸(nC10酸)とn-ウンデカン酸(nC11酸)を特定の比率で混合し合成したジエステル油において、その凝固点が低温側へシフトされたものとなること、しかも該ジエステル油の蒸発特性が改善し、高温下でも蒸発し難いものとなることを見出し、これをスピンドルモータへ適用することにより、本発明を完成させたものである。

【0017】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態(以下、「実施形態」という)について詳細に説明する。

図1は本発明の一実施形態である流体動圧軸受および該流体動圧軸受を備えたスピンドルモータを説明するための模式図である。なお下記に示す実施形態は本発明の好適な実施形態であって、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0018】

図1に示すように、スピンドルモータ1は、コンピュータに使用される磁気ディスクや光ディスク等を備えたデータ記憶装置を駆動するためのモータとして使用される。全体的には、ステータアッシー2とロータアッシー3とから構成されている。なお、図1のスピンドルモータ1は軸回転型のモータであるが、本発明は軸固定型のモータにも適用可能である。

【0019】

ステータアッシー2は、データ記憶装置の筐体を構成するハウジング4(ベースプレート)に上方に向けて突出するように設けられた円筒部5に固定されている。円筒部5の外周部には、ステータコイル9が捲回されたステータコア8が嵌着されて取り付けられている。

【0020】

ロータアッシー3は、ロータハブ10を有し、このロータハブ10は、軸部11の上端部に固定されており、軸部11と共に回転する。軸部11は、軸受部材であるスリーブ7内に挿入され、このスリーブ7により回転可能に支承されている。スリーブ7は、円筒部5の内部に嵌入されて固定されている。ロータハブ10の下方円筒部10aは、ハウジング4の内側で回転するが、この下方円筒部10aの内周面には、バックヨーク13が装着されており、さらにこのバックヨーク13の内側にはロータマグネット14が嵌入固定されており、N極及びS極の複数極に着磁されている。

【0021】

10

20

30

40

50

ステータコイル9に通電すると、ステータコア8により磁場が形成され、この磁場が、該磁場内に配置されたロータマグネット14に作用して、ロータアッシー3が回転することとなる。ロータアッシー3のロータハブ10の中間円筒部15の外周面には、データ記憶装置の記憶部をなす記録ディスク、例えば磁気ディスク(図示されず)が装着され、スピンドルモータ1の作動により回転、あるいは停止して、(図示されない)記録用ヘッドにより情報の書き込み・データ処理が行われる。

【0022】

このような実施態様のスピンドルモータ1において、スリーブ7が軸部11を回転可能に支承する部分には、流体動圧軸受6が提供されている。

スリーブ7の下端部には、下方に向けて開口する大径の第1の凹部16が形成されており、さらにこの第1の凹部16の頂面には、小径の第2の凹部17が形成されている。大径の第1の凹部16には、カウンタープレート(スラスト受板)18が嵌合され、溶着・接着等の手段によりそこに固着されており、スリーブ7内が気密状態となるようにされている。

【0023】

軸部11の下端部には、スラストワッシャ19が嵌合、圧入されて固定されており、このスラストワッシャ19は、スリーブ7の第2の凹部17内で、カウンタープレート18及び第2の凹部17の頂面と対向して、軸部11とともに回転するように配置されている。

【0024】

スリーブ7と軸部11との間の隙間、スラストワッシャ19と第2の凹部17との間の隙間、スラストワッシャ19及び軸部11とカウンタープレート18との隙間は互いに連通しており、この連通隙間には、後述する潤滑油12が封入されている。潤滑油12はスリーブ7と軸部11との間から注入される。

【0025】

軸部11に対向するスリーブ7の内周面には、動圧を発生させる第1のラジアル動圧溝20および第2のラジアル動圧溝21が軸方向に離間して形成されている。このラジアル動圧溝20および21は、軸部11の回転により、軸部11とスリーブ7がラジアル方向に非接触状態となる動圧を発生させる。また、スラストワッシャ19の上端面と対向する第2の凹部17の頂面およびスラストワッシャ19の下端面と対向するカウンタープレート18の上端面にはそれぞれ第1のスラスト動圧溝22および第2のスラスト動圧溝23が形成されている。このスラスト動圧溝22および23は、軸部11の回転により、スラスト方向に軸部11を安定的に浮上させるための動圧を発生させる。これら動圧溝の作用により、軸部11はスリーブ7に対して非接触状態で安定的に高速回転することができる。動圧溝としてはヘリングボーン溝、スパイラル溝などの公知のパターンを用いることができる。

【0026】

本発明の流体動圧軸受およびスピンドルモータに使用する潤滑油は、3-メチル-1,5-ペンタンジオールを、n-デカン酸とn-ウンデカン酸をモル比で90:10乃至20:80の範囲で混合した脂肪酸とエステル化反応させて得られるメチルペンタンジオールジエステルを基油として含有する。そして該潤滑油の水分量は1000ppm以下であることを特徴とする。なお、当該潤滑油、すなわち流体動圧軸受用潤滑油も本発明の対象である。

【0027】

上記エステル化反応に用いられる脂肪酸は、好ましくはn-デカン酸とn-ウンデカン酸のモル比を30:70乃至70:30とすることが好ましく、より好適にはモル比で50:50とすることが望ましい。こうした比率で2種の脂肪酸を使用することにより、得られたジエステル油(基油)において、低温下における流動性と高温下における低蒸発性とを両立させることができる。

【0028】

10

20

30

40

50

また上記潤滑油の水分量は好ましくは500ppm以下であることが好ましい。水分量を好適な数値範囲に管理することにより、低温における流動性を改善し、すなわち上記潤滑油基油を使用するスピンドルモータの起動性を改善するだけでなく、特に高温環境においてエステル油の酸化による潤滑油の劣化を低減でき、ひいては該潤滑油を使用する流体動圧軸受および該流体動圧軸受を備えたスピンドルモータの製品安定性にもつながる。なお厳密には、潤滑油の好ましい水分量は、後述するように極圧添加剤の配合の有無によって若干変化し得る。

#### 【0029】

上記ジエステル油の製造方法としては特に限定されず、従来公知の製造方法を用いることができる。

例えば、エステル化触媒存在下で、3-メチル-1,5-ペンタンジオールと、上述の2種の脂肪酸とをエステル化反応させた後、精製処理等を経て得ることができる。エステル化反応は、3-メチル-1,5-ペンタンジオール 1モルに対し、通常2種の脂肪酸を合計量で2.0~3.0モルの割合で使用する。

#### 【0030】

この時使用されるエステル化触媒としては、例えばアルミニウム誘導体、スズ誘導体、チタン誘導体等のルイス酸；パラトルエンスルホン酸、メタンスルホン酸、硫酸等のスルホン酸誘導体が挙げられる。上記エステル化触媒の使用量は、3-メチル-1,5-ペンタンジオールと2種の脂肪酸の合計質量に対し、通常、0.01~5.0質量%程度である。

#### 【0031】

エステル化反応は、通常120~250、好ましくは140~230の反応温度で、通常3~30時間程度の反応時間にて、不活性ガスの存在下で行うことが好ましい。必要に応じて、生成される水をベンゼン、トルエン、キシレン、シクロヘキサン等の水同伴剤を用いて系外に共沸留去させてもよい。

エステル化反応終了後、過剰の原料を減圧下又は常圧下にて留去し、従来慣用の精製方法（中和、水洗、抽出、減圧蒸留、吸着精製等）により精製し、目的物である3-メチル-1,5-ペンタンジオールジエステルを得る。

#### 【0032】

また本発明の流体動圧軸受およびスピンドルモータに使用する前記潤滑油（本発明の流体動圧軸受用潤滑油）は、上述の基油であるメチルペンタンジオールジエステルに加えて、潤滑油全量に対して極圧添加剤を0.1~5質量%の割合で含有したもの、好ましくは0.3~5質量%の割合で含有したものとすることができる。

上記潤滑油が極圧添加剤を含有する場合、該潤滑油の水分量は、ppmで表した水分量の値が下記式（1）で表される上限値y以下であると定義される。

なお、xは、 $[(\text{極圧添加剤の質量} / \text{潤滑油の総質量}) \times 100]$ で表される数値である。

#### 【化3】

$$y = 912.47 x^{-0.449} \quad (1)$$

y：潤滑油に含まれる水分量（ppm）の上限値

x：潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量（潤滑油全量に対する質量%で表す）

この場合、特に極圧添加剤の含有量と潤滑油の水分量との関係が以下の（a）~（c）のいずれかの条件を満足することが好適である。

（a）極圧添加剤の含有量が0.8質量%以下であって、潤滑油の水分量が1000ppm以下である。

（b）極圧添加剤の含有量が3質量%以下であって、潤滑油の水分量が500ppm以下である。

（c）極圧添加剤の含有量が5質量%以下であって、潤滑油の水分量が300ppm以下

10

20

30

40

50

である。

【0033】

本発明の流体動圧軸受用潤滑油に配合される極圧添加剤は、硫黄、塩素、リンなどを含む従来公知の添加剤を使用でき、中でも、リン酸エステル、亜リン酸エステル、酸性リン酸エステルアミン塩等のリン系極圧添加剤を好適に用いることができる。

【0034】

本発明の流体動圧軸受およびスピンドルモータに使用する潤滑油には上記基油そして基油および極圧添加剤の他に、本発明の効果を損なわない限りにおいて、鉱物油、ポリ-オレフィン等の併用基油や、酸化防止剤、金属清浄剤、油性剤、摩耗防止剤、金属不活性剤、腐食防止剤、防錆剤、粘度指数向上剤、流動点降下剤、導電性付与剤、分散剤、消泡剤、加水分解抑制剤等の潤滑油（組成物）に通常使用される各種添加剤を適宜組み合わせることができる。

酸化防止剤としては、フェノール系酸化防止剤、ジフェニルアミン類、アルキル化フェニル-ナフチルアミン、リン系酸化防止剤、フェノチアジン等の硫黄系化合物等があげられる。これらの酸化防止剤は、単独又は複数組み合わせ用いてもよい。

摩耗防止剤としては、ホスフェート、ホスファイト、アシッドホスフェート、アシッドホスフェートのアミン塩等が挙げられる。

防錆剤としては、ドデセニルコハク酸ハーフエステル等が例示される。

金属不活性剤としては、ベンゾトリアゾール系化合物、チアジアゾール系化合物等が例示される。

粘度指数向上剤としては、ポリアルキルメタクリレート、ポリアルキルスチレン、ポリブテン等が例示される。

流動点降下剤として、既述の粘度指数向上剤であるポリアルキルメタクリレート、ポリアルキルスチレン、ポリブテン等が例示される。

導電性付与剤として、非イオン性界面活性剤、イオン性液体、フェニルスルホン酸等が例示される。

分散剤としては、ポリアルケニルコハク酸イミド、ポリアルケニルコハク酸アミド、ポリアルケニルベンジルアミン、ポリアルケニルコハク酸エステル等が例示される。

加水分解抑制剤としては、アルキルグリシジルエーテル型エポキシ化合物、グリシジルエステル型エポキシ化合物、脂環式エポキシ化合物又はカルボジイミド等が例示される。

【0035】

上述したように、本発明は特定の脂肪族二価アルコールと特定比率で混合した2種の脂肪族モノカルボン酸とをエステル化反応させて得られるジエステル油を基油として含み、水分量を調整した潤滑油を流体動圧軸受およびスピンドルモータに適用することにより、0環境下でも起動可能なモータとなり、且つ、高温環境下でも潤滑油の劣化が抑制されるとともに蒸発量が少ない長寿命なモータとすることができる。

【実施例】

【0036】

以下、本発明を実施例により、さらに詳しく説明する。ただし、本発明はこれに限定されるものではない。

【0037】

[潤滑油基油]

[実施例1]

脂肪族二価アルコールとして3-メチル-1,5-ペンタンジオール(MPD)と、脂肪族モノカルボン酸としてn-デカン酸(nC10酸)とn-ウンデカン酸(nC11酸)をモル比50:50にて混合したものをエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

[実施例2]

脂肪族モノカルボン酸としてn-デカン酸(nC10酸)とn-ウンデカン酸(nC11酸)との混合モル比を70:30とした以外は実施例1と同様にエステル化反応させて

10

20

30

40

50

ジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔実施例 3〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) と  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) との混合モル比を 30 : 70 とした以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔実施例 4〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) と  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) との混合モル比を 90 : 10 とした以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔実施例 5〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) と  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) との混合モル比を 40 : 60 とした以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔実施例 6〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) と  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) との混合モル比を 20 : 80 とした以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

【0038】

〔比較例 1〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -ノナン酸 ( $nC_9$ 酸) のみを使用した以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔比較例 2〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) のみを使用した以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔比較例 3〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) のみを使用した以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔比較例 4〕

ジオクチルセバケート (DOS) を潤滑油基油とした。

〔比較例 5〕

アジピン酸ジオクチル (DOA) とジオクチルセバケート (DOS) とを 50 : 50 の割合で今後して潤滑油基油とした。

〔比較例 6〕

脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) と  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) との混合モル比を 10 : 90 とした以外は実施例 1 と同様にエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔比較例 7〕

脂肪族二価アルコールとして 3-メチル-1,5-ペンタンジオール (MPD) と、脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -ノナン酸 ( $nC_9$ 酸) と  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) をモル比 50 : 50 にて混合したものをエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

〔比較例 8〕

脂肪族二価アルコールとして 3-メチル-1,5-ペンタンジオール (MPD) と、脂肪族モノカルボン酸として  $n$ -ノナン酸 ( $nC_9$ 酸) と  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) をモル比 50 : 50 にて混合したものをエステル化反応させてジエステル油を得、これを潤滑油基油とした。

【0039】

実施例 1 乃至実施例 3 及び実施例 5 のメチルペンタンジオールジエステル油において、使用した  $n$ -デカン酸 ( $nC_{10}$ 酸) と  $n$ -ウンデカン酸 ( $nC_{11}$ 酸) の混合比、並びに得られたジエステル油の構成を表 1 に示す。また図 2 に  $n$ -ウンデカン酸の混合比率 (

10

20

30

40

50

モル%)に対する3種のジエステル油の構成比の変化を示す[MPD(3-メチル-1,5-ペンタンジオール)/nC10ジエステル、MPD/nC10-nC11ジエステル、MPD/nC11ジエステル]。

【0040】

【表1】

[表1]

	混合比(モル%)		ジエステル油 構成比(%)		
	nC10酸	nC11酸	nC10-nC10	nC10-nC11	nC11-nC11
実施例2	70	30	47.6	42.7	9.7
実施例1	50	50	25.0	49.8	25.2
実施例5	40	60	15.3	47.5	37.2
実施例3	30	70	8.8	41.5	49.7

10

【0041】

[全酸価の測定]

実施例1にて調製した潤滑油基油の水分量をおよそ500ppm~2500ppmに調整し、これら試料を密封容器に入れ、80℃環境下に放置した。500時間後及び1000時間後に試料を80℃環境下から取り出し、ジエステル油の全酸価測定を行った。得られた結果を表2及び図3に示す。

20

【0042】

【表2】

[表2]

試料中の水分量	全酸価 (mg KOH/g)		
	0時間	500時間後	1000時間後
470ppm	0.17	0.17	0.17
830ppm	0.17	0.17	0.18
995ppm	0.17	0.18	0.18
1650ppm	0.16	0.27	0.94
2450ppm	0.16	0.53	4.47

30

【0043】

表2に示すように、水分量が1000ppm以下の試料では、80℃環境下において1000時間放置後も全酸価の値がほとんど上昇しないのに対し、水分量が1650ppm及び2450ppmの試料では500時間経過後から全酸価の値が上昇し、ジエステル油の劣化が起きていることが確認された。

40

このように、潤滑油基油は水分量を1000ppm以下で管理することにより、劣化を抑制可能である事が確認された。

【0044】

[極圧添加剤含有潤滑油の耐摩耗性評価]

次に、潤滑油基油に極圧添加剤を混合した潤滑油の耐摩耗性について調べた。具体的には、実施例1にて調製した潤滑油基油に、潤滑油全量に対して酸化防止剤と防錆剤と防食剤とを合計で常に1質量%添加し、さらに極圧添加剤を潤滑油全量に対して種々の添加量(質量%)となるように加えた。そして極圧添加剤の添加した潤滑油の耐摩耗性を評価すべく、ASTM D 2266 "Test Method for Wear Preventive Characteristics of

50

Lubricating Grease (Four-Ball Method) ”によるシェル四球式耐摩耗性試験を実施し、極圧添加剤の添加量を変化させた場合の摩耗痕径 (mm) の変化を調べた。シェル四球式耐摩耗性試験を行った結果を表 3 に示す。

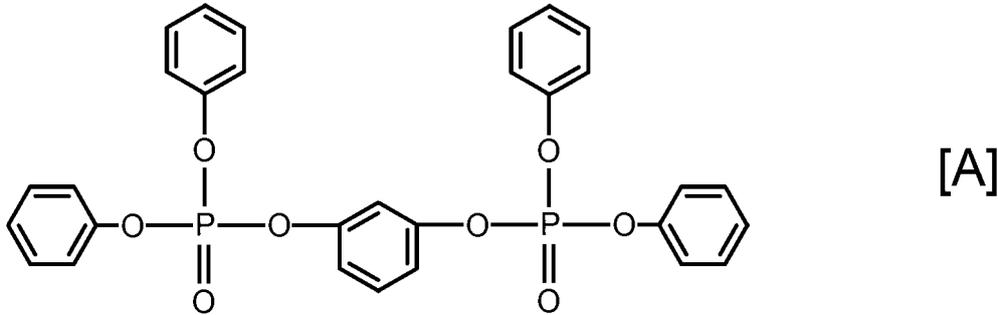
【 0 0 4 5 】

なお上記耐摩耗性試験に使用した極圧添加剤は、以下の 2 種類のリン系極圧添加剤である。

[ 極圧添加剤 A ]

下記式 [ A ] で表される芳香族リン酸エステルであるレゾルシノールビス - ジフェニルホスフェートを極圧添加剤 A として用いた。

【化 4】

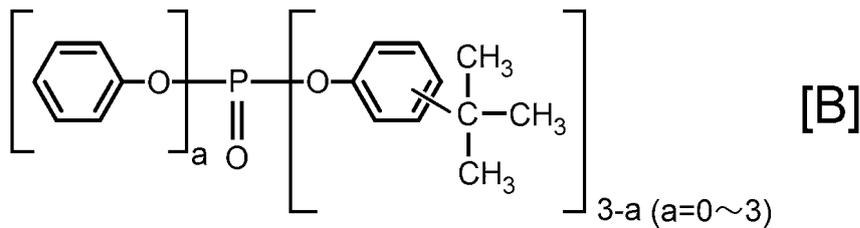


10

[ 極圧添加剤 B ]

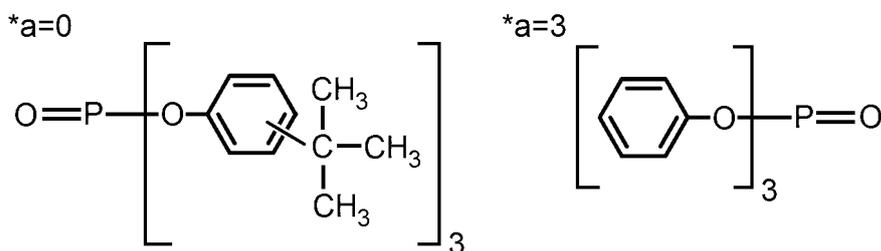
下記式 [ B ] で表される芳香族リン酸エステルであって、変数 a を 0 から 3 まで変化した 4 種類のエステルの混合物として表される混合 t - ブチルフェニルホスフェート (和名: ブチル化フェニルホスフェート) を極圧添加剤 B として用いた。

【化 5】



20

30



- a = 0 : トリ ( t - ブチルフェニル ) ホスフェート  
 a = 1 : ジ ( t - ブチルフェニル ) ( フェニル ) ホスフェート  
 a = 2 : ( t - ブチルフェニル ) ( ジフェニル ) ホスフェート  
 a = 3 : ( トリフェニル ) ホスフェート

40

【 0 0 4 6 】

表 3 に示すように、極圧添加剤の添加量が 1 質量 % 以下の範囲においては、潤滑油を使用しない例に比べて、極圧添加剤を配合した潤滑油を用いた場合に摩耗痕径が小さくなり、また、極圧添加剤 A、極圧添加剤 B とともに、添加剤の添加量が増加するほど、摩耗痕径が小さくなるという結果を得た。

なお、スピンドルモータの流体動圧軸受に用いる潤滑油として考慮した場合、例えば上記シェル四球式耐摩耗性試験にて評価した摩耗痕の平均径が 0 . 7 mm 以下となる耐摩耗性を有していることが望ましい。

50

したがって、表3に示す試験結果より、摩耗痕の平均径が0.7mm以下となるためには極圧添加剤を少なくとも0.1質量%以上添加するのが望ましく、0.3質量%以上添加するのがより望ましいとする結果が得られた。

なお表3には示していないが、極圧添加剤を5質量%以上添加すると、潤滑油から発生するアウトガス量が多くなり、ハードディスク駆動装置の磁気ディスク表面の汚染が顕著になる。その為、極圧添加剤の添加量は5質量%以下とするのが望ましい。

【0047】

【表3】

[表3]

基油	極圧添加剤	添加量(質量%)	摩耗痕径(mm)
なし(無潤滑)	なし	0	0.92
実施例1	極圧添加剤A	0.01	0.75
		0.05	0.74
		0.1	0.70
		0.25	0.59
		0.5	0.57
		1	0.53
	極圧添加剤B	0.25	0.76
		0.3	0.69
		0.5	0.60
		1	0.55

【0048】

[極圧添加剤含有潤滑油の全酸価の測定]

前述の[極圧添加剤含有潤滑油の耐摩耗性評価]に使用した潤滑油(実施例1にて調製した潤滑油基油に、潤滑油全量に対して酸化防止剤と防錆剤と防食剤とを合計で常に1質量%添加し、さらに極圧添加剤を加えたもの)を用い、この潤滑油の水分量を0~3000ppmに調整した試料を調製し、ジエステル油の全酸価測定を行った。なお試料は、極圧添加剤A又は極圧添加剤Bの添加量を潤滑油全量に対して0.1質量%~10質量%となるように変化させたものを準備した。これら試料を密封容器に入れ、80℃環境下に放置し、500時間後に試料を80℃環境下から取り出し、再度ジエステル油の全酸価測定を行った。80℃環境下を経る前の全酸価(初期値)と経た後の全酸価を比較し、全酸価が初期値に対して0.1mg KOH/g以下の上昇にとどまった試料を○、0.1mg KOH/gを超えて上昇した試料を×と評価した。

図5及び図6に、極圧添加剤の添加量(横軸)に対して、潤滑油の水分量(縦軸)を種々調整した試料において、上述の全酸価の上昇に関する評価を○及び×で示した(図5:極圧添加剤A、図6:極圧添加剤B)。

これら2種の極圧添加剤を用いた結果は非常によく整合しており、極圧添加剤の添加量に対する潤滑油の水分量の好ましい上限値yが、下記式(1)で表される回帰曲線となることを見出した。

10

20

30

40

## 【化6】

$$y = 912.47 x^{-0.449} \quad (1)$$

y：潤滑油に含まれる水分量（ppm）の上限値

x：潤滑油に含まれる極圧添加剤の含有量（潤滑油全量に対する質量%で表す）

## 【0049】

式(1)において、極圧添加剤の添加量x[質量%]のとき、潤滑油に含まれる水分量が式(1)で求められるy[ppm]以下である場合、その潤滑油は高温環境下を経た後の全酸価量の変化が少ない(0.1mg KOH/g以下の上昇にとどまる)ものとなり、すなわちy値は高温下でも長寿命な潤滑油を得るための指標となる。

10

なお、高温下でも長寿命な潤滑油を得る目的において、式(1)で求められる上限値yを超えない範囲で、近似的に、例えば極圧添加剤の添加量が0.8質量%以下のときは潤滑油の水分量の上限を1000ppm以下、極圧添加剤の添加量が3質量%以下のときは水分量を上限500ppm以下、極圧添加剤の添加量が5質量%以下のときは水分量の上限を300ppm以下と定めておくことができる。このように水分量の上限を段階的に決めておくと、式(1)の計算を行わずとも、好適な潤滑油を得る判断の指標となるため好都合である。

以上の試験により、潤滑基油に極圧添加剤を添加しない場合(表2及び図3参照)と添加した場合(図5及び図6参照)では、高温条件下で全酸価の上昇を抑制し得る水分量の好適な上限値が若干異なることが明らかになった。

20

## 【0050】

## 〔潤滑油の評価〕

上記実施例1～6及び比較例1～8で製造した潤滑油全量に対して、アミン系酸化防止剤を1質量%、極圧添加剤Aを0.75質量%、および防錆剤(ドデセニルコハク酸ハーフエステル)ならびにベンゾトリアゾール系金属不活性剤を併せて0.25質量%以下の量で、合計2質量%以下の量の添加剤を配合し、それぞれ実施例7～12および比較例9～16の潤滑油を製造した。これら潤滑油について、以下の手順にてそれぞれ融点、流動点を測定した。なお配合する添加剤の種類並びに添加量をすべて等しくしたのは、使用した潤滑油基油の違いによる効果の相違を明確にするためである。

30

また流体動圧軸受を備えたスピンドルモータ(図1に示す要部構造を有する構成)に、上記添加剤を配合した潤滑油を充填し、下記に示す流体動圧軸受用潤滑油としての性能評価を行った。

## 【0051】

## 〔融点〕

示差走査熱量計(DSC)を用い、潤滑油を-60℃付近まで冷却して一旦凝固させた後、昇温速度2℃/分にて昇温させ、潤滑油が固体から液体に変化する際の吸熱反応が完了する温度を融点として定義した。

## 【0052】

## 〔流動点〕

JIS K 2269の流動点測定方法に従い、潤滑油の流動点を測定した。

40

## 【0053】

## 〔回転起動試験(低温起動)〕

潤滑油を充填したスピンドルモータを-40℃環境下に8時間放置後、0℃まで昇温させた後、モータに電圧を印加して、起動の可否を判定した。

判定基準は、5秒以内に定常回転したものを低温起動可能として○、しなかったものを低温起動不可として×と評価した。

## 【0054】

## 〔モータ消費電流〕

潤滑油を充填したスピンドルモータを常温(23℃)から0℃に冷却して2時間放置後

50

、モータを起動させて定常回転時の電流値を測定した。なお電流値の測定は内部発熱を考慮し、起動後60秒後の電流値を測定した。

【0055】

〔蒸発量〕

既知量の潤滑油を充填したスピンドルモータを120℃環境下で1000時間連続回転させた後、モータを分解し、軸受内の潤滑油を有機溶剤を用いて洗い流し、洗浄前後の質量変化から試験後に軸受内に存在していた潤滑油の質量を算出した。そしてこの値より、試験前後の潤滑油の質量変化を算出し、蒸発量とした。

【0056】

〔高温回転起動試験〕

潤滑油を充填したスピンドルモータを120℃環境下で5000時間連続回転させた後、常温(23℃)環境下で起動の可否を判定した。

判定基準は、5秒以内に定常回転したものを高温起動可能として○、しなかったものを高温起動不可として×と評価した。

【0057】

〔軸剛性〕

潤滑油を充填し、流体動圧軸受を備えたスピンドルモータを加振機に固定し、スピンドルモータを回転させた状態でラジアル方向に振動させた際の軸の最大振れ幅を軸剛性と定めた。

判定基準は、潤滑油を充填したスピンドルモータの初期の軸剛性と、100℃環境下で5000時間連続回転させた後の軸剛性とを比較し、軸剛性に変化がなかった場合を○、軸剛性が変化(増加)したものの(軸剛性の低下)を×と評価した。

【0058】

〔40℃動粘度〕

JIS K 2283の動粘度測定方法に従い、粘度計を用いて潤滑油の40℃動粘度を測定した。

【0059】

得られた結果を以下の表4及び表5に示す。また表4には、本評価に使用した各潤滑油の水分量をあわせて示す。前述のとおり、高温環境下での基油の劣化、ひいては潤滑油の劣化を抑制するためには潤滑油の水分量を1000ppm以下にすることが望ましい。水分量を1000ppm以下に調整するためには、必要に応じて潤滑油を加熱あるいは減圧するなどの方法を用いることができる。なお、表4において、モータ消費電流の値は比較例4(DOS)を潤滑油基油とした比較例12の消費電流値を100としたときの相対値であり、蒸発量の値は比較例4(DOS)を潤滑油基油とした比較例12の蒸発量を1.00としたときの相対値である。また図4に、n-ウンデカン酸(nC11酸)の混合比(モル%)に対する融点と蒸発量の変化を示す。

【0060】

10

20

30

【表4】

〔表4〕

	潤滑油基油のエステル組成					融点 [°C]	流動点 [°C]	蒸発量 120°C /1000h	水分量 ppm	40°C動粘度(cSt)			
	アルコール*1	カルボン酸*2								初期値 (A)	5000h後 100°C (B)	上昇量 (B-A)	
実施例	7	MPD	nC <sub>10</sub>	50	nC <sub>11</sub>	50	-4.9	-17.5	0.42	370	11.92	12.08	0.16
	8	MPD	nC <sub>10</sub>	70	nC <sub>11</sub>	30	-5.2	-20.0	0.54	435	11.26	11.44	0.18
	9	MPD	nC <sub>10</sub>	30	nC <sub>11</sub>	70	-1.9	-15.0	0.35	256	12.40	12.56	0.16
	10	MPD	nC <sub>10</sub>	90	nC <sub>11</sub>	10	-1.0	-17.8	0.77	271	10.81	10.99	0.18
	11	MPD	nC <sub>10</sub>	40	nC <sub>11</sub>	60	-3.9	-16.5	0.38	350	12.15	12.31	0.16
	12	MPD	nC <sub>10</sub>	20	nC <sub>11</sub>	80	-0.3	-12.5	0.34	281	12.45	12.60	0.15
比較例	9	MPD	nC <sub>9</sub>	100	-	-	-15.9	-32.0	2.00	408	8.87	8.88	0.01
	10	MPD	nC <sub>10</sub>	100	-	-	1.9	-15.0	0.94	389	10.58	10.59	0.01
	11	MPD	nC <sub>11</sub>	100	-	-	4.4	-7.5	0.31	412	12.57	12.57	0.00
	12	DOS	-	-	-	-	<-60	<-60	1.00	288	11.54	11.60	0.06
	13	DOA+DOS	-	-	-	-	<-60	<-60	5.10	251	9.80	10.29	0.49
	14	MPD	nC <sub>10</sub>	10	nC <sub>11</sub>	90	1.5	-10.0	0.34	358	12.50	12.63	0.13
	15	MPD	nC <sub>9</sub>	50	nC <sub>10</sub>	50	-11.8	-27.5	1.30	299	9.76	9.90	0.14
16	MPD	nC <sub>9</sub>	50	nC <sub>11</sub>	50	-11.7	11.7	0.76	281	10.90	11.20	0.30	

\*1 MPD:3-メチル-1,5-ペンタンジオール

DOS:ジオクチルセバケート、DOA:アジピン酸ジオクチル

\*2 nC<sub>10</sub>:n-デカン酸、nC<sub>11</sub>:n-ウンデカン酸、nC<sub>9</sub>:n-ノナン酸  
数値は混合モル比を示す。

【0061】

10

20

30

【表 5】

〔表 5〕

	潤滑油基油のエステル組成					低温 回転起動 0°C	モータ 消費電流 0°C	蒸発量 120°C /1000h	高温 回転起動 120°C/5000h	軸剛性 100°C /5000h	
	アルコール*1	カルボン酸*2									
実施例	7	MPD	nC <sub>10</sub>	50	nC <sub>11</sub>	50	○	95	0.42	○	○
	8	MPD	nC <sub>10</sub>	70	nC <sub>11</sub>	30	○	95	0.54	○	○
	9	MPD	nC <sub>10</sub>	30	nC <sub>11</sub>	70	○	97	0.35	○	○
	10	MPD	nC <sub>10</sub>	90	nC <sub>11</sub>	10	○	94	0.77	○	○
	11	MPD	nC <sub>10</sub>	40	nC <sub>11</sub>	60	○	95	0.38	○	○
	12	MPD	nC <sub>10</sub>	20	nC <sub>11</sub>	80	○	97	0.34	○	○
比較例	9	MPD	nC <sub>9</sub>	100	-	-	○	91	2.00	×	×
	10	MPD	nC <sub>10</sub>	100	-	-	×	94	0.94	×	×
	11	MPD	nC <sub>11</sub>	100	-	-	×	98	0.31	○	×
	12	DOS	-	-	-	-	○	100	1.00	×	×
	13	DOA+DOS	-	-	-	-	○	92	5.10	×	×
	14	MPD	nC <sub>10</sub>	10	nC <sub>11</sub>	90	×	98	0.34	○	○
	15	MPD	nC <sub>9</sub>	50	nC <sub>10</sub>	50	○	92	1.30	×	○
	16	MPD	nC <sub>9</sub>	50	nC <sub>11</sub>	50	○	95	0.76	○	×

\*1 MPD:3-メチル-1,5-ペンタンジオール

DOS:ジオクチルセバケート、DOA:アジピン酸ジオクチル

\*2 nC<sub>10</sub>:n-デカン酸、nC<sub>11</sub>:n-ウンデカン酸、nC<sub>9</sub>:n-ノナン酸  
数値は混合モル比を示す。

## 【0062】

表 5 に示すように、実施例 7 乃至実施例 12 の潤滑油は、0 の低温環境下において回転起動が可能であり、且つ 120 環境下で 5000 時間連続回転させた後においても回転起動が可能であり、また蒸発量が少なく、良好な寿命を示した。さらに、120 環境下で 5000 時間連続回転させた後においても軸剛性に变化がなかった。

## 【0063】

また表 4 に示すように、本発明の実施例 7 乃至実施例 12 の潤滑油は、100 環境下で 5000 時間連続回転させた後の 40 における動粘度の上昇量が 0.1 cSt ~ 0.2 cSt の範囲にあることが確認された。

通常、流体動圧軸受を備えたスピンドルモータの軸剛性は回転数に正比例し、ラジアル軸受隙間(量)の三乗に反比例する。したがって、軸剛性に最も大きな影響を及ぼすのは、スリーブと軸の間のラジアル軸受隙間(量)の変化である。長期間スピンドルモータを使用すると、起動時、及び停止時に、軸とスリーブが接触し、僅かではあるがスリーブや軸が徐々に摩耗する。その結果、スリーブと軸の間のラジアル軸受隙間量が大きくなり、軸剛性が低下(軸剛性の変位量が増大)し、最終的にはスピンドルモータとして機能しなくなる。

本発明の実施例 7 乃至実施例 12 の潤滑油を用いたスピンドルモータにおいては、スピンドルモータを長期間運転することによりラジアル軸受隙間(量)が大きくなっていると

10

20

30

40

50

みられる場合においても、軸剛性が低下しないという結果が得られている。この結果は、長期間の運転において、潤滑油の動粘度が変化（上昇）したことにより、軸剛性の低下が抑制されたことによるものとみられる。

このように本発明による潤滑油は、長期間使用するにつれて動粘度が適度に上昇することで軸剛性の低下を防ぐものとなっており、たとえば本発明の潤滑油における動粘度は、100 環境下で5000時間連続回転させた後の40 における動粘度の上昇量が0.1 cSt ~ 0.2 cSt の範囲にあることが望ましい。なお軸剛性と動粘度の関係に注目すると、比較例9乃至比較例16の潤滑油においても、動粘度の上昇量が0.1 cSt ~ 0.2 cSt の範囲にある比較例14及び比較例15では軸剛性に変化がなく、動粘度の上昇量がこの範囲未満或いはこの範囲を超えた場合には、軸剛性に変化があるという結果が得られた。

10

#### 【0064】

一方、比較例9、比較例12、比較例13及び比較例15の潤滑油は、0 環境下においては回転起動可能であったが、120 環境下における蒸発量が多く、120 環境下での連続回転中に5000時間未満で枯渇し、スピンドルモータが停止した。

比較例10の潤滑油は、0 環境下では凝固して回転起動不可であり、且つ、120 環境下での連続回転中に5000時間未満で枯渇し、スピンドルモータが停止した。

比較例11および比較例14の潤滑油は、120 環境下では十分な寿命を示したが、0 環境下では凝固し、回転起動不可となった。

さらに、比較例11及び比較例16は、120 環境下で5000時間連続回転させた後は軸剛性が低下した。

20

#### 【0065】

以上の通り、本発明は、2種の脂肪酸を併用して得られるメチルペンタンジオールジエステルを基油とした潤滑油を流体動圧軸受およびスピンドルモータに用いることにより、低温環境下（0 ）においても回転起動可能で、且つ高温環境下（120 ）を経た後においても蒸発量が少なく、回転起動が可能であり、ハードディスク駆動装置の長寿命化を図ることが可能であるスピンドルモータを実現できる。

#### 【0066】

以上、最良の実施形態について詳細に説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

30

#### 【符号の説明】

#### 【0067】

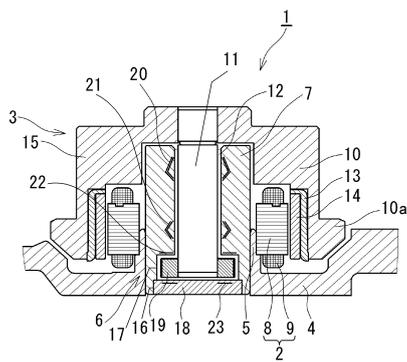
- 1 スピンドルモータ
- 2 ステータアッシー
- 3 ロータアッシー
- 4 ハウジング
- 5 円筒部
- 6 流体動圧軸受
- 7 スリーブ
- 8 ステータコア
- 9 ステータコイル
- 10 ロータハブ
- 10 a ロータハブの下方円筒部 10 a
- 11 軸部
- 12 潤滑油基油
- 13 バックヨーク
- 14 ロータマグネット
- 15 ロータハブの中間円筒部 15
- 16 第1の凹部

40

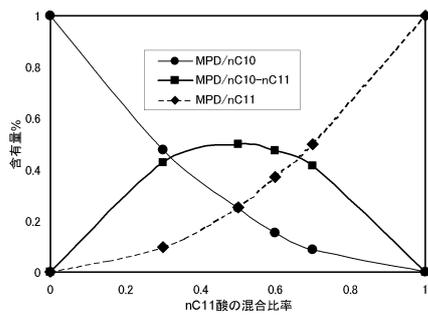
50

- 17 第2の凹部
- 18 カウンタープレート
- 19 スラストワッシャ
- 20 第1のラジアル動圧溝
- 21 第2のラジアル動圧溝
- 22 第1のスラスト動圧溝
- 23 第2のスラスト動圧溝

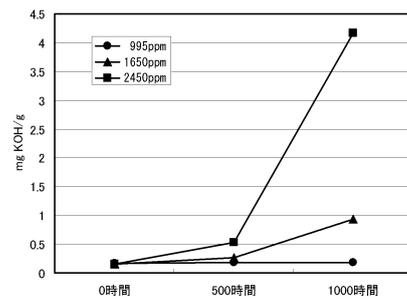
【図1】



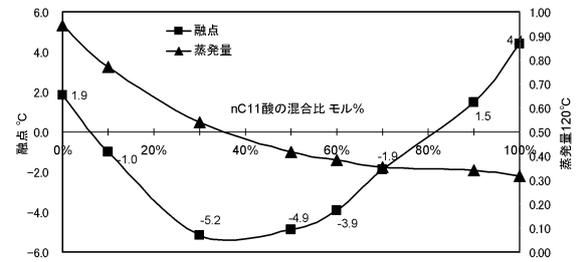
【図2】



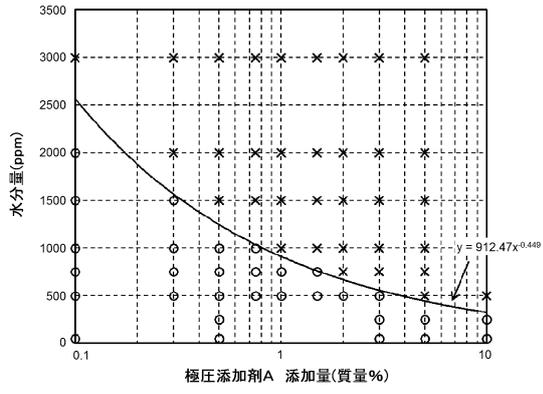
【図3】



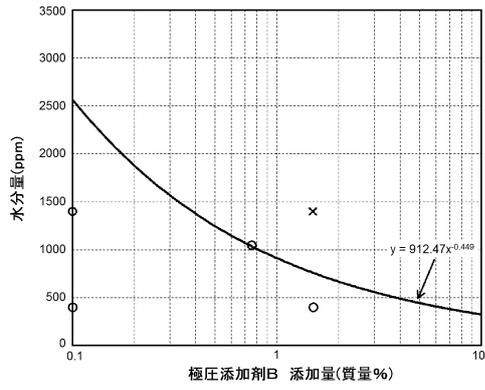
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 1 0 N 30/06 (2006.01) C 1 0 N 30:06  
C 1 0 N 40/02 (2006.01) C 1 0 N 40:02

(72)発明者 八町 順  
長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73 ミネベア株式会社内

審査官 林 建二

(56)参考文献 国際公開第2013/183463(WO,A1)  
特開2011-047439(JP,A)  
特許第4466850(JP,B2)  
特表2013-501135(JP,A)  
特開2005-290256(JP,A)  
特開2013-043896(JP,A)  
国際公開第2004/018595(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
C 1 0 M 1 0 1 / 0 0 - 1 7 7 / 0 0  
C 1 0 N 4 0 / 0 2  
F 1 6 C 1 7 / 0 0 - 1 7 / 2 6  
F 1 6 C 3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 8  
J S T P l u s / J M E D P l u s / J S T 7 5 8 0 ( J D r e a m I I I )