(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 582 065**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **86 06844**

(51) Int Cl⁴ : F 16 C 33/26.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 13 mai 1986.

(30) Priorité : US, 15 mai 1985, n° 734.627.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 47 du 21 novembre 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *DRESSER INDUSTRIES, INC.* — US.

(72) Inventeur(s) : Rodolfo Moreno Ippolito.

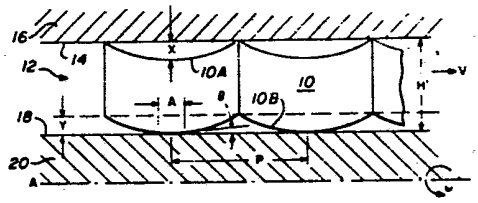
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin, Schrimpf, Warcoin, Ahner.

(54) Palier en fil métallique.

(57) L'invention concerne un palier lisse en fil métallique enroulé en hélice, destiné à être monté entre deux éléments tournant l'un par rapport à l'autre.

La surface d'appui du fil 10 en contact rotatif avec un des éléments 20 a un profil convexe 10B en section droite tandis que la surface d'appui opposée du fil a un profil plat ou concave 10A par rapport à la surface de l'élément adjacent 16; la convexité ainsi créée établit, en coopération avec l'enroulement en hélice, une certaine force de lubrification hydrodynamique même dans des paliers tournant lentement et sous une forte charge comme de trépans de forage; la surface convexe d'appui permet une adaptation à un défaut d'alignement des surfaces d'appui en assurant une répartition, uniforme dans l'ensemble, de la charge entre tous les segments de l'enroulement.



FR 2 582 065 - A1

La présente invention concerne un palier lisse formé d'un fil métallique enroulé en hélice, tel que celui décrit par exemple dans le brevet US 4 514 098 délivré le 3 Avril 1985 à la Demanderesse, et elle a trait plus particulièrement à la configuration spécifique du fil métallique formant les surfaces d'appui d'un tel palier, ainsi qu'au palier de tourillon ainsi formé.

Dans l'art antérieur, il est connu des paliers à frottement tels que des paliers cylindriques ou de tourillons qui sont formés d'un fil métallique enroulé ou d'un ressort, ou analogue, de façon à constituer une surface d'appui pour un arbre en rotation ou en oscillation. De tels paliers à frottement sont normalement définis par des spires ou enroulements adjacents d'un fil métallique continu. Bien que, pour la plupart, des paliers à frottement (autrement appelés des paliers lisses) soient caractérisés par la création , entre les surfaces relativement mobiles, de forces de frottement sensiblement plus grandes que dans des roulements à rouleaux ou à billes, de tels paliers présentent, par comparaison à des roulements à rouleaux ou à billes, l'avantage distinct de créer, dans la même enveloppe ou volume dimensionnel du palier, une surface d'appui et de contact sensiblement plus grande, sur laquelle la charge peut être répartie en vue de réduire ainsi les contraintes.

En conséquence, pour exploiter avantageusement une telle possibilité de répartition de charge, on a estimé par le passé que les surfaces du palier à frottement devaient entrer en contact face-contre-face et de façon généralement complémentaire avec la surface appariée relativement mobile en vue d'augmenter au maximum la surface d'appui de charge à l'intérieur de l'enveloppe ou corps de palier disponible, excepté pour certaines considérations concernant la distribution du lubrifiant entre les surfaces en contact afin de diminuer ou de réduire au minimum les forces de frottement ou bien de dissiper la chaleur engendrée par le frottement.

Une structure typique de distribution de lubrifiant dans un palier à frottement est constituée par une rainure hélicoïdale s'étendant axialement et ménagée intentionnelle-

ment dans la surface d'appui, de façon à contenir dans la rainure un volume de lubrifiant tel que le mouvement relatif entre les surfaces opposées fasse en sorte qu'une surface enlève par raclage le lubrifiant de la rainure et le distribue sur les surfaces d'absorption de charge du palier.

La configuration décrite ci-dessus est particulièrement efficace dans le cas d'un palier supportant un arbre tournant de façon continue. Une telle rainure hélicoïdale présente l'avantage, lors d'une rotation relative de l' arbre par rapport au palier, de pomper le lubrifiant le long des surfaces d'appui en vue d'un complément d'alimentation continu à partir d'une certaine source placée à l'extérieur du palier, ce qui exerce également un effet de refroidissement sur les surfaces d'appui.

Dans le brevet précité, il est décrit un palier pour tourillon en fil métallique enroulé qui forme, dans la configuration finale, un palier analogue à un coussinet et constitué d'un fil enroulé en hélice. Les bords du fil métallique qui sont placés du côté de la surface d'appui sont usinés de manière à former entre les spires adjacentes une rainure qui constitue un réservoir de lubrifiant de profil hélicoïdal.

Outre qu'un tel palier en fil métallique présente des propriétés d'étalement et de pompage de lubrifiant, on a trouvé qu'il possédait des caractéristiques de répartition de charge grâce à la flexibilité intrinsèque des spires adjacentes, ce qui augmente la durée de service du palier, notamment dans l'environnement d'un palier fortement sollicité comme un palier de trépan de forage. Cependant pour un tel palier, on a encore supposé que la surface d'appui du fil situé entre les rainures de profil hélicoïdal devait être augmentée au maximum, en faisant en sorte que la surface d'appui soit sensiblement complémentaire de la surface de l'arbre, afin de réduire au minimum les contraintes dans un tel palier. En correspondance, on a considéré qu'il était nécessaire, après la formation du palier en fil métallique enroulé en hélice, de soumettre la surface d'appui (c'est-à-dire la périphérie intérieure)

à un processus de finition afin d'obtenir une surface sensiblement plane.

On a trouvé que, dans un tel palier à fil métallique, une élimination des contraintes additionnelles et une compensation des défauts d'alignement pouvaient être obtenues en ménageant une surface d'appui convexe sur le fil métallique au lieu d'avoir une surface complémentaire sur la surface d'appui du fil métallique. En addition au fait qu'elle permet de mieux absorber un défaut d'alignement entre l'arbre et le palier sans créer des charges ponctuelles ou des contraintes élevées dans le palier en fil métallique, la surface convexe crée entre les surfaces correspondantes du palier un volume en forme de coin ayant un profil hélicoïdal par rapport à l'axe de rotation de l'arbre et qui, même dans des conditions de charge importante et dans le cas d'une rotation relativement lente, a tendance à refouler du lubrifiant entre les surfaces d'appui de charge de la structure. Le film de lubrifiant formé ainsi peut ne pas être continu, comme dans un palier lubrifié hydrodynamiquement ; cependant il a une meilleure capacité de lubrification et une séparation de surfaces d'appui ne peut pas normalement être réalisée dans des paliers à frottement lubrifiés dans leurs limites. Une telle configuration permet en outre d'obtenir un palier ayant une durée de service améliorée, en particulier dans l'environnement d'un palier d'un trépan rotatif.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est une représentation schématique isométrique d'un fil métallique enroulé pour former un enroulement hélicoïdal tel que celui pouvant être utilisé comme élément de palier conformément à la présente invention ;

la figure 2 est une vue en coupe faite selon la ligne 2-2 de la figure 1 et montrant une configuration typique de fil métallique comportant des surfaces planes dans l'ensemble, avant qu'il soit transformé en un enroulement hélicoïdal ;

la figure 2A est une vue en coupe faite selon la ligne 2-2 de la figure 1 et montrant une variante de configuration de fil métallique permettant de créer une rainure hélicoïdale dans la surface d'appui de l'enroulement ;

la figure 3 est une vue en coupe de la configuration du fil métallique de la figure 2 de manière à montrer, après l'enroulement et en exagérant le dessin, la forme résultante ;

la figure 3A est une vue en coupe axiale faite selon la ligne 3-3 de la figure 1 et montrant le palier à enroulement hélicoïdal qui est placé en contact de transmission de charge entre un élément tournant et un tourillon correspondant ;

la figure 3B est une vue semblable à la figure 3A et montrant la configuration du fil métallique de la figure 2A dans le même environnement ;

la figure 4 est une vue, semblable à la figure 3A, montrant un réalignement de spires adjacentes dans des conditions où des forces ont produit un mésalignement des surfaces des éléments respectifs ; et

la figure 5 est une vue à échelle agrandie d'une partie de la figure 4 qui illustre, avec exagération, l'aptitude de la configuration de fil métallique du palier de la présente invention à réagir à des surfaces mal alignées.

On a trouvé qu'une configuration de palier en fil métallique conforme à la présente invention convient particulièrement pour un palier de montage tournant d'un trépan rotatif, représenté d'une façon générale et décrit dans le brevet US 4 514 098, délivré à la Demanderesse et qui est incorporé ici à titre de référence pour mettre en évidence une telle relation. En conséquence, bien que d'autres applications soient envisagées pour l'utilisation d'un palier à enroulement hélicoïdal conforme à la présente invention, dans cette description l'alésage défini dans celui-ci représente l'alésage ou cavité de palier d'un organe de coupe rotatif et le tourillon représente la broche tournante du trépan, tout cela étant conforme à ce qui est illustré dans le brevet précité.

La manière de former un enroulement est bien connue et la description qui va suivre est destinée à donner

une vue d'ensemble simplifiée de cette technique dans la mesure où elle se rapporte à la fabrication de spires hélicoïdales à partir d'un fil métallique. En conséquence, pour enrouler un fil métallique de façon à former un enroulement hélicoïdal, le fil peut être enroulé autour d'un mandrin monté sur un tour en faisant tourner le mandrin qui maintient une extrémité du fil fixée sur lui, et en faisant avancer le fil métallique à partir de l'autre extrémité et selon une orientation désirée pour conférer les caractéristiques d'élasticité nécessaires à l'enroulement hélicoïdal en train d'être formé, comme le pas d'enroulement, le mode de compression ou d'extension de l'enroulement, sa précharge, etc. En variante, et ce qui est plus généralement utilisé lorsque de grandes quantités entrent en jeu, l'enroulement est effectué automatiquement au moyen d'un enrouleur automatique. Dans ce processus, le fil métallique est maintenu et guidé par des rouleaux au travers de points d'enroulement qui produisent la forme d'enroulement (élimination de tout mandrin) ayant les caractéristiques nécessaires. Dans les deux cas, la partie droite du fil enroulé est ensuite sectionnée après que le nombre désiré de spires ont été formées.

Le palier en fil métallique décrit dans la présente invention peut être réalisé en utilisant l'un quelconque des procédés bien connus d'enroulement d'un fil métallique. En référence à la figure 1, celle-ci représente un enroulement hélicoïdal en fil métallique qui est approprié pour être utilisé comme un palier pour tourillon conformément à la présente invention. Un tel palier en fil métallique aurait un diamètre extérieur D, un diamètre intérieur d et une longueur axiale L après un sectionnement approprié de l'extrémité droite.

En référence aux figures 2 et 2A, il est représenté des sections droites appropriées du fil métallique de départ , comportant des surfaces sensiblement planes qui ont une largeur W et une hauteur H, la surface en largeur fournissant une surface sensiblement plane pour l'entrée en contact avec un tourillon ou une broche. Sur la figure 2A,

une surface correspondante a été encochée en chaque point intérieur sur une certaine dimension N de telle sorte que, lorsqu'un enroulement hélicoïdal est formé à partir d'un fil métallique ayant une telle configuration, chaque encoche coopère avec l'encoche correspondante prévue sur l'enroulement adjacent afin de former une rainure qui s'étend en hélice sur la longueur axiale de l'enroulement et qui constitue une rainure ou volume formant réservoir de lubrifiant et jouant également le rôle d'un piège à débris, comme cela est bien connu dans des paliers formant coussinets dans lesquels sont ménagées des rainures axiales.

Un des effets intrinsèques résultant de l'opération de formage d'un fil métallique sous la forme d'un enroulement hélicoïdal et ayant une influence sur les dimensions de la section droite du fil métallique est l'effet de " clé de voute ", qui est représenté sous une forme exagérée sur la figure 3. En supposant que la largeur du fil métallique a une valeur constante W avant l'enroulement autour de l'axe A, le fil métallique atteint, pendant l'enroulement, des largeurs radialement intérieure et extérieure qui sont respectivement désignées par W1 et W2 et entre lesquelles existe la relation que W1 est supérieure à W, qui est à son tour supérieure à W2, d'où il en résulte la configuration d'ensemble en clé de voute représentée.

Cette forme de clé de voute doit être prise en considération si la longueur du fil enroulé en hélice, dans la direction axiale, est critique. Autrement une telle forme de clé de voute est suffisamment négligeable pour qu'on n'ait normalement pas à en tenir compte. En outre, bien que ce type de déformation puisse être déterminé approximativement par le calcul, il est usuellement fonction de la technique de fabrication et une estimation plus précise peut seulement être réalisée par une expérimentation physique. Cependant, dans la description de la présente invention, on ne prendra pas en considération cet effet de clé de voute sur les parois latérales axiales du fil métallique, du fait que la longueur axiale du palier peut être amenée à la dimension exacte par sectionnement après que le formage a été réalisé

en vue d'établir un espacement axial correct. En outre la forme des parois latérales ne contribue pas à améliorer les caractéristiques du palier en fil métallique enroulé.

L'amélioration des caractéristiques d'un palier en fil métallique enroulé ayant cette configuration résulte d'un effet plus subtil de déformation de la section droite du fil métallique pendant l'opération d'enroulement en hélice, ce qui n'avait pas été apprécié jusqu'à maintenant, ou bien avait été négligé, lors de la conception d'un fil métallique enroulé en hélice destiné à être utilisé comme palier et, au moins d'après l'expérience des inventeurs, on devait effectuer ensuite spécifiquement un usinage lorsque le palier devait être utilisé dans une application faisant intervenir une vitesse lente et une forte charge, que l'on estimait précédemment nécessiter une augmentation maximale de la surface d'appui tout en respectant les paramètres de conception correcte d'un palier.

Sur la figure 3 est représentée une vue en coupe du fil métallique enroulé en hélice de la figure 2 et on voit sur cette figure, de façon exagérée, que l'opération d'enroulement produit une concavité sur la surface du fil métallique qui est plus éloignée de l'axe d'enroulement A (la périphérie extérieure de l'enroulement) et une convexité sur la surface du fil métallique qui est plus rapprochée de l'axe d'enroulement A (la périphérie intérieure de l'enroulement). En conséquence, la hauteur H de la section droite passe à une nouvelle valeur H' qui, en général, est supérieure à la hauteur initiale H.

La valeur de concavité X et la valeur de convexité Y qui sont produites pendant la formation de l'enroulement hélicoïdal sont usuellement très petites et dépendent des dimensions de la section droite du fil métallique, du diamètre de ce fil enroulé en hélice (d sur la figure 1) et, dans une certaine mesure, des propriétés du matériau utilisé et des techniques de fabrication employées.

On a trouvé que, lorsqu'un fil d'acier d'une largeur W égale à 9 mm et une hauteur H égale à 5 mm est enroulé sur un tour pour former un enroulement d'un

diamètre extérieur D égal à 76 mm, la concavité X produite mesure 0,05 mm et la convexité Y mesure 0,05 mm de façon à produire une hauteur modifiée H' de fil égale à 5,05 mm. La convexité Y résultante obtenue dans un tel fil enroulé est très avantageuse lorsque l'enroulement est utilisé pour transmettre une charge, comme dans une application sous forme de palier, et en particulier dans l'application concernant un palier de trépan de forage tel que celui décrit dans le brevet US 4 514 098 mentionné ci-dessus.

En référence aux figures 3A et 3B, le fil métallique enroulé, ayant une configuration de section droite telle que celle représentée sur les figures 2 et 2A, forme un palier 10 disposé à l'intérieur d'une cavité 12 définie par un alésage 14 d'un élément rotatif 16 tel qu'un organe de coupe conique, et la surface 18 d'un arbre ou tourillon stationnaire 20, l'enroulement de fil étant utilisé comme un palier lisse pour transmettre une charge entre au moins deux de ses surfaces de contact. La surface d'alésage 14 entre en contact avec le fil 10 aux extrémités de la surface concave 10A tandis que la surface de tourillon entre en contact avec le fil 10 dans la partie centrale de la surface convexe 10B.

En référence maintenant à la figure 4, les surfaces définissant la cavité de palier 12 sont représentées comme étant amenées en défaut d'alignement par une force F qui fait en sorte que l'alésage 14 de l'outil conique 16 est hors d'alignement (sa position alignée étant représentée par des lignes en trait mixte) avec la surface 18 de l'arbre 20. (Dans les conditions normales de fonctionnement d'un trépan de forage, cela correspondrait à la relation mutuelle supposée). Comme on peut le voir, la partie de fil placée à l'extrémité d'enroulement 10' sur le côté le plus rapproché de la charge appliquée F tourne ou bascule (c'est-à-dire prend une position légèrement inclinée) d'une valeur égale au défaut d'alignement et elle est infléchie radialement et élastiquement de telle sorte que des parties adjacentes du fil 10" supportent également une partie de la charge F. On évite ainsi une sollicitation marginale typique d'un coussinet

rigide et la charge appliquée F est plus uniformément répartie sur toute la longueur axiale du palier 10.

On va maintenant se référer à la figure 5 qui représente une vue détaillée de la section droite du fil métallique utilisé dans le palier de la figure 4. Ainsi, quand la charge F est appliquée au palier en fil métallique, des forces radiales F1 et F2 agissent sur la partie de fil 10' de l'extrémité d'enroulement, F1 étant généralement supérieure à F2, et une force de réaction F3 réagit sur le fil 10' au point de contact avec la surface de tourillon 18. Comme on peut le voir, le déséquilibre entre les forces F1 et F2 provoque un mouvement de basculement ou d'inclinaison de la partie de fil 10' à partir de la position d'origine et d'un angle α (mesuré à partir d'une droite perpendiculaire à l'axe d'enroulement). Cette rotation est suffisante pour éviter un contact ponctuel à l'extrémité du palier mal aligné 10. En conséquence on se rend compte facilement que la convexité et la concavité du palier enroulé créent une structure élastique pouvant être infléchie et pouvant tourner pour absorber le défaut d'alignement provoqué par les charges appliquées au palier.

En outre la figure 5 montre que la section droite de chaque spire du palier 10 est identique à celle d'une poutre supportée par deux appuis et sollicitée par une charge intermédiaire, de sorte qu'elle s'infléchit élastiquement dans la direction radiale, comme indiqué par le symbole T. Cette flexion élastique T de la section droite augmente à mesure que la charge radiale croît. Une augmentation de flexion signifie qu'une charge supérieure peut être supportée par une partie adjacente du fil métallique qui est à son tour infléchi (mais cependant à un degré moindre) de sorte que la charge est partagée avec la partie adjacente, cette réaction continuant à se produire jusqu'à ce que la charge soit plus uniformément répartie sur toute la longueur axiale du palier. Il est à noter que la flexion élastique des parties du fil se produirait même s'il n'existait pas de défaut d'alignement mais elle ne serait pas aussi prononcée puisque la charge exercée sur le palier ne serait pas

concentrée sur une seule partie de fil.

Comme exemple de ce qui a été précisé ci-dessus, et encore en référence à la figure 5, on voit que, si la charge radiale concentrée sur une partie du fil en acier d'un palier enroulé en hélice d'un diamètre extérieur D de 76 mm a la valeur (F1 + F2) = F3 = 3600 kg, et si les dimensions de section de fil sont W = 9 mm, H = 5 mm, alors la flexion élastique radiale T sera approximativement de 0,025 mm pour absorber un angle de rotation α de l'ordre de ½ ° ou moins. Egalement, comme indiqué précédemment, un fil enroulé en hélice et ayant les dimensions de section droite indiquées ci-dessus aura une convexité, désignée par Y sur la figure 5, d'environ 0,05 mm. Cependant, si la convexité Y a une valeur inférieure à 0,0012 mm, alors la partie de fil a tendance à agir comme une partie rigide et les caractéristiques souhaitables qui interviennent dans cette invention deviennent marginales.

On a trouvé que la convexité Y devient tout à fait souhaitable lorsqu'on utilise un fil ayant certaines dimensions de section droite et lorsque le fil est enroulé pour former un enroulement hélicoïdal ayant des diamètres spécifiques. En se référant aux figures précédentes en même temps qu'à la figure 5, on voit que la convexité Y devient avantageuse pour des sections de fil ayant une hauteur H égale ou supérieure à 1,25 mm lorsque le rapport entre d et W_O est inférieur ou égal à 20, d et W_O étant mesurés avec les mêmes unités dimensionnelles et d étant le diamètre intérieur de l'enroulement hélicoïdal formé tandis que W_O est la dimension de la partie de section droite du fil qui, en cours d'utilisation ,peut entrer en contact adapté avec la surface de tourillon 18 et transmet une partie ou la totalité de la charge appliquée à la section de fil. W_O est représenté sur la figure 2A et W_O est égal à W sur les figures 2 et 5.

En référence à la figure 3A, on voit que, lorsque les surfaces convexes 10B des sections de fil du palier 10 entrent d'abord en contact avec la surface de tourillon 18 avant qu'une charge d'appui soit appliquée, et en l'absence d'un défaut d'alignement comme représenté, chaque section de fil

entre en contact avec le tourillon 18 au centre de sa partie convexe, en définissant une ligne apparente de contact de largeur A. En conséquence, il se produit généralement un contact non ponctuel du fait que la surface convexe du fil conserve une certaine planéité résiduelle, en supposant que la surface maintenant convexe était initialement plane et bien que la largeur de la ligne de contact A soit relativement petite. En outre, après qu'une charge F a été appliquée au palier en fil comme indiqué sur la figure 5 et après que les parties de transmission de charge du palier en fil 10 ont tourné et se sont infléchies, la ligne apparente de contact d'appui A augmente pour passer à une nouvelle valeur A'. Sous l'effet de cet agrandissement de la ligne apparente de contact, chaque partie sollicitée du fil peut transmettre une charge unitaire supérieure à ce qui serait normalement possible et sans soumettre le palier à une contrainte excessive. En conséquence, un palier en fil ayant les caractéristiques définies ici présente l'avantage important de s'adapter à des augmentations de la charge unitaire exercée sur le palier par augmentation de la ligne apparente de contact des parties individuelles de fil supportant la charge dans le palier 10.

Puisque le palier en fil 10 peut être adapté à des variations des conditions de charge exercées sur ce palier, il fournit toujours la valeur minimale nécessaire pour la surface de support de charge (A' x la distance circonférentielle de contact sur la figure 5), et en conséquence il établit le meilleur équilibre en ce qui concerne l'utilisation de l'espace disponible dans le palier entre la surface de support de charge et le volume pour le lubrifiant. Cet avantage ne peut pas être obtenu dans une structure de palier rigide ou bien dans des structures de palier qui ne peuvent pas modifier leur surface apparente de contact en appui.

Comme mentionné précédemment, chaque partie individuelle de fil présente, dans les conditions d'absence de charge et d'alignement, une ligne apparente de contact A. En référence à la figure 3A, un angle Θ est identifié comme l'angle de contact ou l'angle formé par la tangente à la zone

convexe de la partie de fil au point de contact avec la surface de tourillon 18. Cet angle Θ devient important lorsqu'il se produit un mouvement relatif entre la zone convexe de la partie de fil et la surface d'appui 18 correspondante. Comme le montre la figure 3A, si le palier en fil 10 (enroulé avec pas à gauche comme sur la figure 1) tourne par rapport au tourillon avec une vitesse angulaire ω (cela peut être mis en évidence en supposant que les parties du fil sortent du plan de la figure), alors chaque spire du palier en fil est soumise à une composante axiale de vitesse V par rapport à la surface de tourillon 18. La vitesse V augmente à mesure que la vitesse angulaire ω du palier croît et à mesure que le pas P des spires du palier augmente (c'est-à-dire la distance, mesurée dans la direction axiale, entre les axes de deux parties adjacentes de fil). L'angle Θ constitue un angle d'entrée pour le lubrifiant qui est emprisonné en dessous de la zone de contact de largeur A (A' sur la figure 5) à mesure que les spires parcourent la surface de tourillon 18 avec une vitesse axiale V. Cet effet de coin est bien connu et il constitue la base de la théorie de lubrification hydrodynamique. Cependant, dans une application typique concernant un palier pour trépan de forage, les charges sont intrinsèquement élevées et les vitesses de rotation du palier sont relativement faibles de sorte que la formation d'un film épais (hydrodynamique) de lubrifiant en dessous des surfaces de contact d'appui du palier est improbable. Puisque cette application ne donne pas lieu à une lubrification hydrodynamique, on estime qu'il se produit un mode de lubrification mixte avec contact partiel des aspérités des surfaces d'appui, l'effet de coin engendré par le palier en fil conforme à cette invention favorisant la formation d'un film de lubrifiant assez épais qui réduit le frottement et par conséquent l'usure des surfaces d'appui.

Il est à noter que, dans un palier lisse typique, l'effet de coin précité est produit dans une direction circonférentielle alors que l'effet de coin décrit ici et produit par le palier en fil est établi dans la direction

axiale et complète l'effet de coin établi dans la direction circonférentielle (c'est-à-dire dans la direction de l'hélice du palier en fil). L'effet de coin axial devient plus avantageux à mesure que la vitesse axiale V augmente. En conséquence le palier en fil décrit ici peut devenir plus avantageux et fonctionner d'une manière plus sûre à des vitesses supérieures aux vitesses normales de rotation d'un palier. Il est admis théoriquement qu'un angle Θ de 5° ou plus petit à une influence très bénéfique sur le fonctionnement du palier en fil. Il est à noter que, même lors de l'application de fortes charges au palier, la variation de l'angle Θ sous l'effet d'une flexion élastique radiale des parties du fil est négligeable.

Les dimensions et configurations de la section d'appui, qui confèrent au palier en fil de cette invention les avantages décrits ici, peuvent être obtenues soit par l'effet d'enroulement d'un fil de section droite appropriée, soit en résultat d'une opération secondaire effectuée après l'enroulement, par exemple un meulage, pour donner la convexité appropriée à la surface d'appui de chaque spire.

Il est à noter également que la concavité X illustrée sur les figures 3, 3A et 3B n'a pas de dimensions spécifiques qui soient critiques mais elle contribue à concentrer la charge sur les coins supérieurs de la section de fil, en facilitant ainsi la flexion élastique radiale de la section de fil.

En outre il est à noter que le palier en fil ayant une configuration de section droite telle que décrite ici peut fonctionner avec des jeux de palier inférieurs à la normale sans risque de grippage ou de coincement grâce à l'aptitude des sections de fil à s'infléchir élastiquement et à s'adapter à un défaut d'alignement.Cela est particulièrement important puisqu'une réduction du jeu dans un palier permet d'améliorer la fiabilité d'un élément d'étanchéité de ce palier. En fait la réduction du jeu de palier diminue l'amplitude de vibration du palier et améliore par conséquent les caractéristiques dynamiques d'un élément d'étanchéité associé et servant à étanchéifier la cavité du palier. Cet

élément d'étanchéité peut également être conçu avec une déformation plus faible, ce qui allonge sa durée de service et celle de l'outil associé.

REVENDICATIONS

1. Palier lisse, caractérisé en ce qu'il comprend un fil métallique (10) enroulé en hélice et disposé en contact de transmission de charge entre des éléments en rotation relative, de telle sorte qu'une surface de transmission de charge (10B) dudit fil entre en contact avec un élément le long d'une ligne apparente de contact (A) en vue d'un mouvement relatif entre eux tandis qu'une surface opposée (10A) de transmission de charge dudit fil (10) entre en contact avec l'autre élément, en ce que la section droite du fil (10) dans un plan de projection radiale le long de l'axe de rotation (A) est agencée de telle sorte qu'une (10B) desdites surfaces de transmission de charge ait un profil dans l'ensemble convexe par rapport à la surface de l'élément avec lequel elle est en contact, et en ce que ladite ligne apparente de contact (A) est située le long d'une partie dudit profil convexe (10B).

2. Palier selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit profil convexe (10B) a une profondeur de convexité définie comme la distance de la perpendiculaire s'étendant entre une corde joignant les deux extrémités du profil convexe (10B) et un point de la surface convexe (10B) le plus éloigné de ladite corde, et en ce que ladite profondeur est d'au moins 0,0012 mm.

3. Palier selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit fil du palier est enroulé en hélice pour former : un manchon cylindrique dans l'ensemble et définissant un diamètre intérieur (d) ; une largeur axiale (W) sensiblement uniforme de chaque spire ; et une hauteur radiale (H) sensiblement uniforme de chaque spire, et en ce que ladite hauteur radiale (H) est supérieure à 1,25 mm et le rapport entre ledit diamètre intérieur (d) et ladite largeur axiale (W) n'est pas supérieur à 20.

4. Palier selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite surface opposée de transmission de charge (10A) dudit fil (10) forme un profil concave par rapport à la surface de contact de l'autre élément.

5. Palier selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit profil convexe (10B) et ledit profil concave (10A) sont formés par l'opération d'enroulement servant à enrouler en hélice ledit fil métallique.

6. Palier selon la revendication 5, caractérisé en ce que le rapport entre ladite largeur axiale (W) et ladite hauteur radiale (H) est au moins égal à 0,25 et non supérieur à 7,5.

7. Palier selon la revendication 6, caractérisé en ce que la longueur axiale de la corde dudit profil convexe (10B) est au moins égale à 1,25 mm et non supérieure à 19 mm.

8. Palier selon la revendication 1, caractérisé en ce qu' un angle de contact (θ) est défini comme l'angle entre une tangente au profil convexe (10B) au point de contact avec la surface dudit élément et la surface correspondante du fil, et en ce que ledit angle (θ) est de l'ordre de 5° ou moins.

9. Palier selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit fil (10) est enroulé en hélice pour former : un manchon cylindrique dans l'ensemble et définissant un diamètre intérieur (d) ; une largeur axiale (W) sensiblement uniforme de chaque spire ; et une hauteur radiale (H) sensiblement uniforme de chaque spire, et en ce que ladite hauteur radiale est supérieure à 1,25 mm et le rapport entre ledit diamètre intérieur (d) et ladite largeur axiale (W) n'est pas supérieur à 20.

10. Palier selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite surface opposée de transmission de charge (10A) dudit fil (10) forme un profil concave par rapport à la surface de contact de l'autre élément.

11. Palier selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit profil convexe (10B) et ledit profil concave (10A) sont formés par l'opération d'enroulement servant à enrouler en hélice ledit fil métallique.

12. Palier selon la revendication 11, caractérisé en ce que le rapport entre ladite largeur axiale (W) et ladite hauteur radiale (H) est au moins égal à 0,25 et non supérieur à 7,5.

13. Palier lisse utilisable dans un outil de forage comprenant un premier élément et un second élément pouvant tourner l'un par rapport à l'autre et entre lesquels est disposé ledit palier monté de façon à pouvoir tourner par rapport au premier élément et à être stationnaire par rapport au second élément, ledit palier étant caractérisé en ce qu'il comprend un fil (10) enroulé en hélice et formant une série continue de segments hélicoïdaux adjacents, chaque segment comportant des surfaces composées qui sont en contact d'appui avec respectivement lesdits premier et second éléments et en ce que la surface qui est en contact avec le premier élément définit un profil convexe par rapport à la surface de ce premier élément, le contact d'appui entre lesdites surfaces s'effectuant le long d'une ligne apparente de contact (A) formant une partie dudit profil convexe (10B).

14. Palier selon la revendication 13, caractérisé en ce que la surface opposée du fil qui est en contact d'appui avec ledit second élément définit un profil concave (10A) par rapport à la surface de ce second élément.

15. Palier selon la revendication 14, caractérisé en ce que ledit profil convexe a une profondeur de convexité, définie par la distance de la perpendiculaire tracée entre une corde joignant les deux extrémités du profil convexe (10B) et un point de la surface convexe qui est le plus éloigné de ladite corde et en ce que ladite profondeur est d'au moins 0,0012 mm.

16. Palier selon la revendication 15, caractérisé en ce que ledit fil est enroulé en hélice pour former : un manchon cylindrique dans l'ensemble et définissant un diamètre intérieur (d) ; une largeur axiale (W) sensiblement uniforme de chaque segment ; et une hauteur radiale (H) sensiblement uniforme de chaque segment, et en ce que ladite hauteur radiale (H) est supérieure à 1,25 mm et le rapport entre ledit diamètre intérieur (d) et ladite largeur axiale (W) n'est pas supérieur à 20.

17. Palier selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit profil convexe (10B) et ledit profil concave

(10A) sont formés par l'opération d'enroulement servant à enrouler en hélice ledit fil métallique.

18. Palier selon la revendication 17, caractérisé en ce que le rapport entre ladite largeur axiale (W) et ladite hauteur radiale (H) est au moins égal à 0,25 et non supérieur à 7,5.

19. Palier selon la revendication 18, caractérisé en ce que la longueur axiale de la corde dudit profil convexe (10B) est au moins égale à 1,25 mm et non supérieure à 19 mm.

20. Palier selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'outil de forage est un trépan rotatif comportant un organe de coupe rotatif monté sur un arbre, ledit arbre définissant le premier élément précité et ledit organe de coupe définissant le second élément précité.

2582065

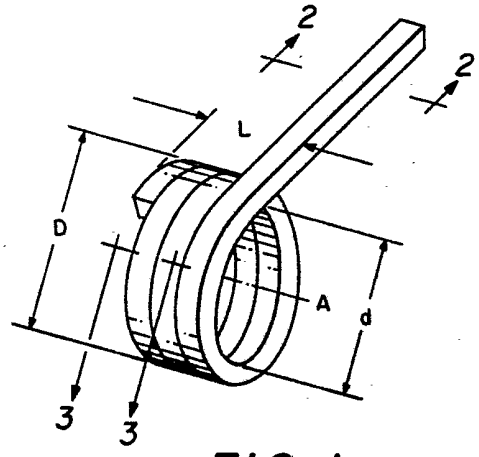


FIG. 1

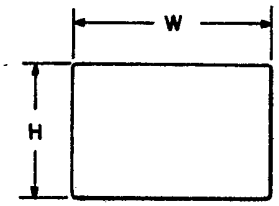


FIG. 2

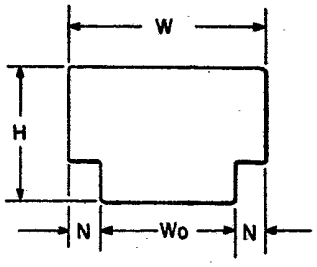


FIG. 2A

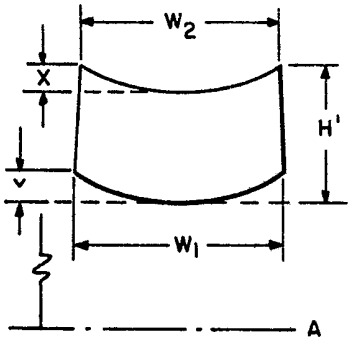


FIG. 3

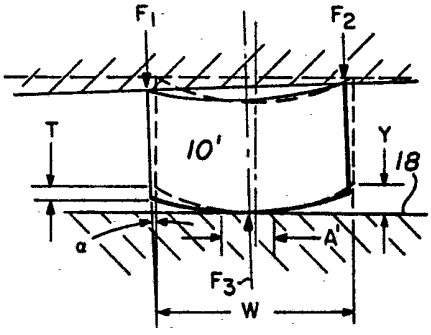


FIG. 5

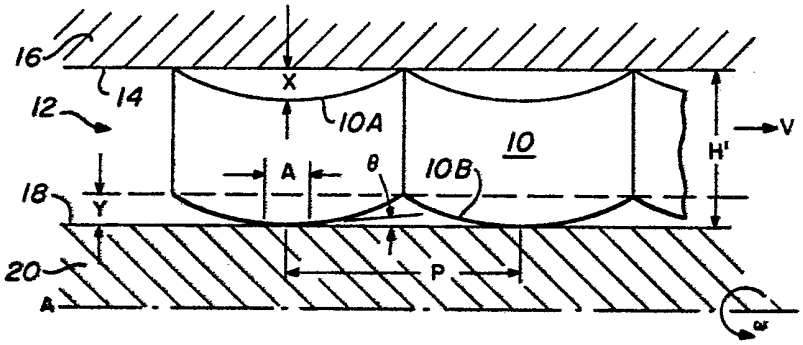


FIG. 3A

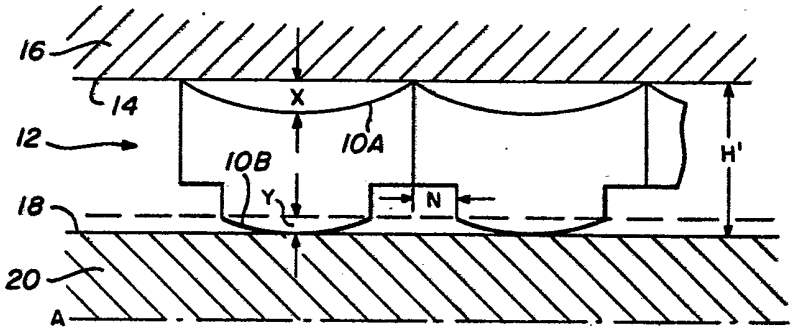


FIG. 3B

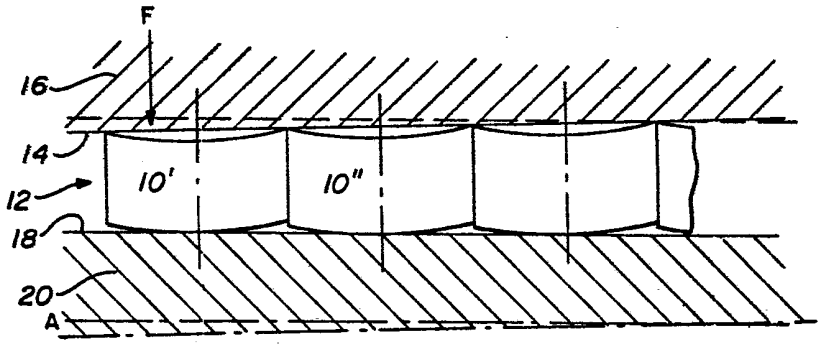


FIG. 4