

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 632 030**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **89 03815**

⑤1 Int Cl⁴ : F 16 C 33/64, 19/22, 33/66.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 23 mars 1989.

③0 Priorité : JP, 30 mai 1988, n° 63-133794 et 20 septembre 1988, n° 63-235732.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 48 du 1^{er} décembre 1989.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : NTN Toyo Bearing Co., Ltd. — JP.

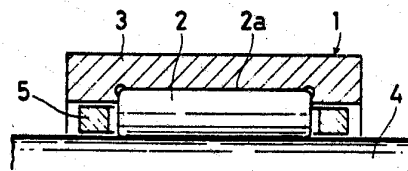
⑦2 Inventeur(s) : Yoshinobu Akamatsu ; Morikatu Kotani ; Toshihide Goto ; Kenji Hibi ; Toshihiko Matsushima.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : S.A. Fédit-Loriot.

⑤4 Eléments de roulement pour palier à roulement.

⑤7 Elément de roulement 2 utilisable dans un roulement à rouleaux 1. La surface 2a de l'élément présente de très petites cavités disposées de façon quelconque, de sorte que le rapport $R_{aH}(L)/R_{aH}(C)$ ne dépasse pas 0,8, $R_{aH}(L)$ étant la valeur efficace de rugosité dans la direction longitudinale et $R_{aH}(C)$ étant la valeur efficace de rugosité dans la direction circonférentielle, et de sorte que la valeur SK, qui est un autre paramètre de rugosité de surface, ne dépasse pas — 2,0 à la fois dans la direction longitudinale et la direction circonférentielle. On a observé que, lorsque cet élément de roulement est mis en contact de roulement avec un arbre 4 ayant une surface rugueuse ou lisse, le rapport de formation de film augmente fortement et, par conséquent, l'arbre associé et l'élément de roulement ne subissent pas d'usure ou d'écaillage.



FR 2 632 030 - A1

D

Éléments de roulement pour palier à roulement.

La présente invention concerne un élément de roulement pour un palier à roulement à rouleaux, et plus particulièrement, un élément de roulement qui possède une
5 longue durée de vie indépendamment de ce que la surface coopérante est une surface rugueuse ou une surface lisse bien finie.

Il est bien connu que la rugosité de surface d'un élément de roulement pour un palier à roulement est l'un
10 des facteurs importants affectant la durée de vie à la fatigue du roulement. On a donc considéré jusqu'à présent que plus la surface de roulement finie était lisse, plus longue serait la durée de vie en fatigue de roulement de l'élément de roulement. Les présents inventeurs ont trou-
15 vé, après des essais et des tâtonnements répétés, qu'un élément de roulement ne doit pas nécessairement présenter une surface lisse et bien finie pour avoir une longue durée de vie.

Un tel élément de roulement présente, comme sur-
20 face de roulement, une surface rugueuse à stries s'étendant dans des directions quelconques et ayant une rugosité maximale de 0,3 à 0,8 μm . On a constaté que cet élément de roulement possède une durée de vie relativement longue. Toutefois, si la surface coopérante est une sur-
25 face bien finie, il est difficile de former une couche de film d'huile, à l'interface. Il peut en résulter une

usure ou un écaillage de l'arbre. Par suite, on ne peut pas utiliser cet élément de roulement avec un arbre présentant une telle surface de contact bien finie.

La présente invention a pour objet de procurer
5 un élément de roulement pour un palier à roulement à rouleaux, qui permet de former facilement une couche de film d'huile et qui possède une longue durée de vie lorsqu'on l'utilise en contact aussi bien avec une surface rugueuse qu'avec une surface lisse.

10 La surface de l'élément de roulement conforme à la présente invention comporte une multiplicité de très petites cavités formées au hasard. Les valeurs efficaces (moyenne des carrés) de la rugosité dans la direction longitudinale et la direction circonférentielle de l'élé-
15 ment de roulement (désignées ci-après par $R_{eff}(L)$ et $R_{eff}(C)$, respectivement) sont déterminées de sorte que le rapport $R_{eff}(L)$, $R_{eff}(C)$ ne soit pas supérieur à 0,8. Puisque les valeurs SK sont fixées au-dessous de -2,0 à la fois dans la direction longitudinale et la di-
20 rection circonférentielle, le rapport de film d'huile, qui est le rapport d'une couche de film d'huile formée sur la surface de contact entre deux objets roulants, augmente et la surface coopérante reste exempte d'écaillage et d'usure, quelle que soit sa rugosité de surface.
25 Par suite, sa durée de vie est longue.

D'autres caractéristiques et objets de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description ci-après, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

30 la figure 1 est une coupe d'un premier exemple d'un palier à roulement constitué par un palier à aiguilles ;

la figure 2 est une coupe d'un palier à aiguilles utilisé pour l'essai de durée de vie ;

35 la figure 3 représente des graphiques illustrant

les états de surface des éléments de roulement essayés ;

la figure 4 est une vue schématique d'un dispositif d'essai ;

les figures 5 à 7 sont des graphiques illustrant les résultats de l'essai de durée de vie des éléments de roulement ;

la figure 8 est un graphique illustrant la relation entre le paramètre de film d'huile et le rapport de film d'huile ;

les figures 9 et 10 sont des graphiques illustrant le rapport de film d'huile ;

la figure 11 est une coupe d'un deuxième exemple d'un palier à roulement constitué par un palier à rouleaux coniques ;

les figures 12 et 13 sont des graphiques illustrant les résultats de la mesure des valeurs de couple d'un roulement à rouleaux coniques suivant l'art antérieur et d'un roulement conforme à la présente invention ; et

la figure 14 est une coupe d'un troisième exemple d'un palier à roulement constitué par un palier à rouleaux cylindriques.

La figure 1 représente un palier à roulement 1 sous la forme d'un palier à aiguilles dans lequel des éléments de roulement cylindriques 2 sont montés dans un anneau extérieur 3 pour supporter un arbre 4 en contact avec ces éléments.

La surface de contact de roulement 2a de l'élément de roulement 2 présente de très petites cavités disposées dans des directions quelconques. Sa rugosité doit être déterminée de sorte que le rapport $R_{eff}(L)/R_{eff}(C)$ ne soit pas supérieur à 0,8, $R_{eff}(L)$ et $R_{eff}(C)$ étant des valeurs qui représentent la rugosité superficielle de la surface de contact de roulement 2a dans sa direction longitudinale et sa direction circonférentielle,

respectivement. Les valeurs SK, qui sont un autre paramètre de la rugosité de surface, dans les directions axiale et circonférentielle, doivent être déterminées pour ne pas dépasser -2,0.

- 5 On peut former une surface de contact de roulement ayant la rugosité définie ci-dessus, par traitement spécial en tonneau ou cuve rotative.

10 Les valeurs SK représentent la distorsion de la courbe représentant la répartition de la rugosité de surface. Si la répartition de rugosité engendre une courbe symétrique, telle qu'une courbe de distribution de Gauss, la valeur SK est zéro. On a trouvé qu'une couche de film d'huile peut être plus facilement formée si les valeurs SK à la fois dans la direction longitudinale et la direction
15 circonférentielle sont fixées au plus à -2,0.

 On a préparé une pluralité de paliers ou roulements à aiguilles dont les surfaces de roulement ont des finitions mutuellement différentes et on a contrôlé leur durée de vie lorsqu'on les utilise pour supporter divers
20 arbres ayant chacun une rugosité de surface différente.

 Comme représenté sur la figure 2, les paliers à aiguilles essayés ont un diamètre extérieur D_r de 38 mm et un diamètre intérieur d_r de 28 mm et ils comprennent chacun une cage 5 ayant une longueur L de 13 mm et quatorze éléments de roulement ayant un diamètre D de 5 mm.
25

 On a classé les paliers à essayer en trois groupes, en fonction de la rugosité de surface des éléments de roulement. La rugosité de surface (exprimée en R_{eff} et SK) des échantillons d'essai est indiquée dans le
30 tableau 1, et la méthode d'usinage pour les éléments de roulement de chaque groupe est indiquée dans le tableau 2.

TABLEAU 1

Palier	Type d'usinage	R (μm)			SK	
		Longitudinal (L)	Circonférentiel (C)	L/C	Longitudinal	Circonférentiel
Palier essai A	A	0,055	0,052	1,06	-1,15	-1,23
Palier essai B	B	0,040	0,044	0,91	-0,44	-0,33
Palier essai C	C	0,100	0,134	0,75	-2,06	-2,17

TABLEAU 2

Type d'usinage	Séquence d'usinage
A	rectification $\longrightarrow$ superfini I
B	rectification $\longrightarrow$ superfini II
C	rouleau suivant l'invention, usinage spécial au tonneau

2632030

Les figures 3A à 3C illustrent les états de surface des éléments de roulement de chaque échantillon.

La figure 4 représente schématiquement un appareil d'essai de charge radiale 11, utilisé dans cet essai. Les paliers 1 à contrôler sont montés aux deux extrémités d'un arbre rotatif 12 qu'on fait tourner dans des conditions de charge.

Les pistes intérieures (ou arbres coopérants) utilisées dans l'essai ont leur chemin de roulement rectifié, de sorte que leur rugosité R_{max} est de 0,4 à 4 μm (la rugosité est indiquée par S sur les figures 5 à 7). La piste extérieure de chaque palier d'essai a une rugosité de surface R_{max} de 1,6 μm .

Les autres conditions d'essai sont les suivantes :

- charge radiale sur le palier : 1465 daN,
- vitesse de rotation : 3050 tr/min.,
- lubrifiant : huile turbine (10 mm^2/s dans les conditions d'essai).

Les résultats de l'essai de durée de vie sont indiqués sur les figures 5 à 7, sur lesquelles le "taux de défaillance cumulé" est le taux de défaillance des éléments de roulement essayés. Par exemple, un taux de défaillance de 10 % signifie que 10 % des éléments de roulement ont présenté un défaut, tandis que les autres 90 % ont résisté.

Comme le montrent les résultats, le palier d'essai C conforme à la présente invention possède une longue durée de vie quelle que soit la rugosité (0,4 ; 2 ou 4 μm) de la surface de l'arbre coopérant. On constate une durée de vie particulièrement longue lorsque l'arbre coopérant a une rugosité de surface R_{max} de 2 ou 4 μm .

On n'observe pas d'écaillage sur la surface du palier d'essai C. Un tel écaillage est souvent observé dans le cas d'un roulement entre une surface rugueuse et une surface finie.

Le tableau 3 indique le paramètre de film d'huile Λ qui représente les conditions d'un film d'huile formé sur les éléments de roulement et qui a été calculé au moyen de la formule de Grubin, c'est-à-dire

$$\Lambda = \frac{h_0}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$$

dans laquelle Λ est la valeur du paramètre de film d'huile, σ_1 et σ_2 sont les valeurs R_{eff} et h_0 est l'épaisseur de la couche de film d'huile.

TABLEAU 3

Rugosité de surface de l'arbre associé			
	4 μm	2 μm	0,4 μm
Rouleau			
Palier d'essai A	0,78	1,27	2,03
Palier d'essai B	0,78	1,30	2,17
Palier d'essai C	0,67	0,91	1,10

Les résultats montrent que la valeur Λ pour chaque élément de roulement est fortement influencée par la rugosité de surface de l'arbre associé. Si la rugosité de surface R_{max} de l'arbre associé est de 2 μm , la valeur Λ est comprise entre 0,91 et 1,30.

La figure 8 illustre d'une manière générale la relation entre la valeur Λ et le rapport de la couche de film d'huile formée sur l'élément de roulement. On pensait et cela apparaît également sur ce graphique que plus la valeur Λ était grande, plus le rapport de film d'huile était élevé. Toutefois, les résultats d'essai suggèrent que la valeur Λ n'est pas le seul facteur qui détermine

le rapport de film d'huile.

Sur la figure 8, la région X est la région dans laquelle des détériorations de surface se produisent ; la région Y est celle où le palier est habituellement
5 utilisé ; et la région Z est celle où la durée de vie tend à augmenter.

Conditions d'essai

Pression maximale à la surface de contact : 227 daN/mm^2

Vitesse périphérique : $4,2 \text{ m/s}$ (2000 tr/min).

10 Lubrifiant : huile turbine ($10 \text{ mm}^2/\text{s}$) dans les conditions d'essai)

Nombre de charges répétées : $4,8 \times 10^5$ (en 4 heures).

Les figures 9 et 10 illustrent les résultats de mesure du rapport de film d'huile. Les résultats montrent
15 que, avec le palier d'essai C conforme à la présente invention, le rapport au début du fonctionnement est augmenté de 20 % environ par rapport au palier d'essai A.

On observe également qu'un film d'huile sensiblement sans défaut est formé lorsque le nombre de charges
20 répétées atteint $1,2 \times 10^5$.

De plus, on n'observe aucune détérioration sur la surface finie des éléments de roulement du palier d'essai C conforme à la présente invention, tandis qu'on observe un certain nombre d'écaillages d'une longueur de
25 $0,1 \text{ mm}$ environ sur la surface des éléments de roulement du palier d'essai A.

La figure 11 représente le deuxième exemple d'un palier à roulement 1 qui est sous la forme d'un palier à rouleaux coniques comportant des éléments de roulement
30 coniques 12 montés de façon tournante entre son anneau extérieur 13 et son anneau intérieur 14.

La surface de roulement 2a de chaque élément de roulement 12 présente de fines rugosités dans des directions quelconques, de la même manière que l'élément de
35 roulement 2. Les surfaces de contact de roulement de

l'anneau extérieur 13 et de l'anneau intérieur 14 sont finies par rectification usuelle.

Le palier à rouleaux coniques du deuxième exemple, comportant des éléments de roulement à surface rugueuse fine d'orientation quelconque (qui correspond au palier d'essai C), et un palier à rouleaux coniques comportant des éléments de roulement à surface de roulement finie par rectification usuelle (qui correspond au palier d'essai A) sont préparés afin de vérifier l'état des films d'huile sur les éléments de roulement. On soumet ces paliers d'essai à un essai d'écaillage accéléré au moyen d'un appareil d'essai à deux cylindres, de la même manière que pour le premier exemple.

Dans ce dernier exemple, on obtient les mêmes résultats d'essai que dans le cas des figures 9 et 10. L'écaillage se forme de la même manière que dans le premier exemple.

Les figures 12 et 13 illustrent les résultats de mesure du couple agissant sur les paliers d'essai A et C.

Chaque élément de roulement conique 12 du palier d'essai C conforme à la présente invention présente sur toute sa surface extérieure, comprenant une face d'extrémité de grand diamètre 12a en contact avec un épaulement 14a de l'anneau intérieur 14, une rugosité fine et orientée de façon quelconque.

Comme on le voit sur les figures 12 et 13, le couple agissant sur le palier à rouleaux coniques conforme à la présente invention est inférieur de 30 % environ à celui d'un palier usuel. Le couple est particulièrement faible dans le cas d'utilisation à faible vitesse et sous forte charge, conditions dans lesquelles un film d'huile est difficile à former.

La figure 14 illustre un troisième exemple d'un palier à rouleaux, dans lequel le palier 1 est sous la

forme d'un palier à rouleaux cylindriques et comporte des éléments de roulement cylindriques 22 sont la surface de roulement 2a présente une fine rugosité dans des directions quelconques. Les surfaces de roulement de son
5 anneau extérieur 23 et de son anneau intérieur 24 sont finies par rectification usuelle.

Les deux faces d'extrémité 22a de chaque élément de roulement cylindrique 22 du palier à rouleaux cylindriques de cet exemple, qui sont en contact avec des
10 épaulements 23a formés sur l'anneau extérieur 23, ainsi que la surface de roulement 2a, présentent de fines rugosités orientées de façon quelconque. Les résultats des essais sont les mêmes que ceux du deuxième exemple.

REVENDEICATION

1. Elément de roulement (2) utilisable dans un palier à roulement, caractérisé en ce que ledit élément de roulement présente une surface (2a) comportant une
- 5 multiplicité de très petites cavités formées de façon quelconque, de sorte que le rapport $R_{\text{eff}}(L)/R_{\text{eff}}(C)$ ne dépasse pas 0,8, $R_{\text{eff}}(L)$ étant la valeur efficace de rugosité dans la direction longitudinale et $R_{\text{eff}}(C)$ étant la
- 10 valeur efficace de rugosité de la surface dans la direction circonférentielle, et de sorte que la valeur SK, qui est un autre paramètre de la rugosité de surface, ne dépasse pas -2,0 à la fois dans la direction longitu-
- dinale et la direction circonférentielle.

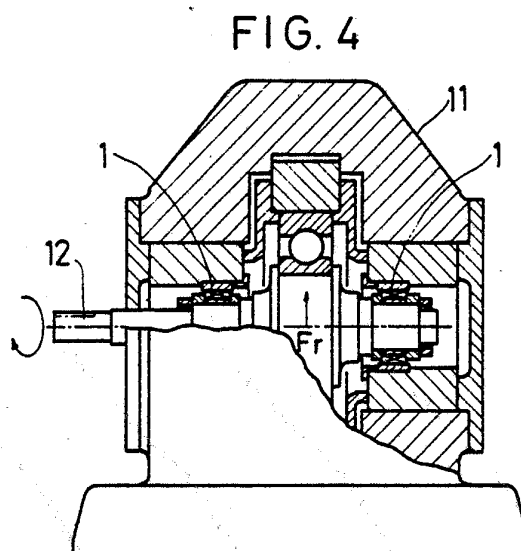
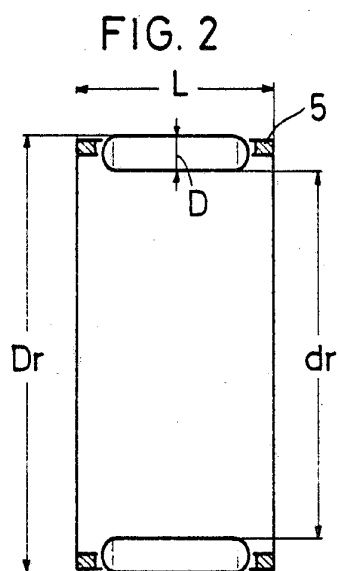
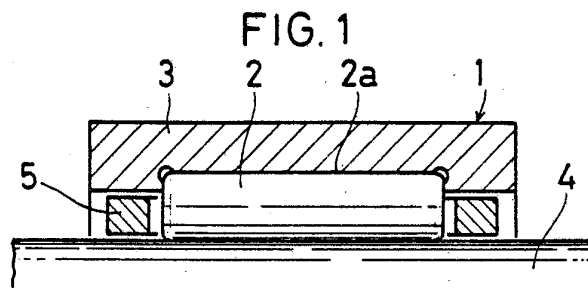


FIG. 3

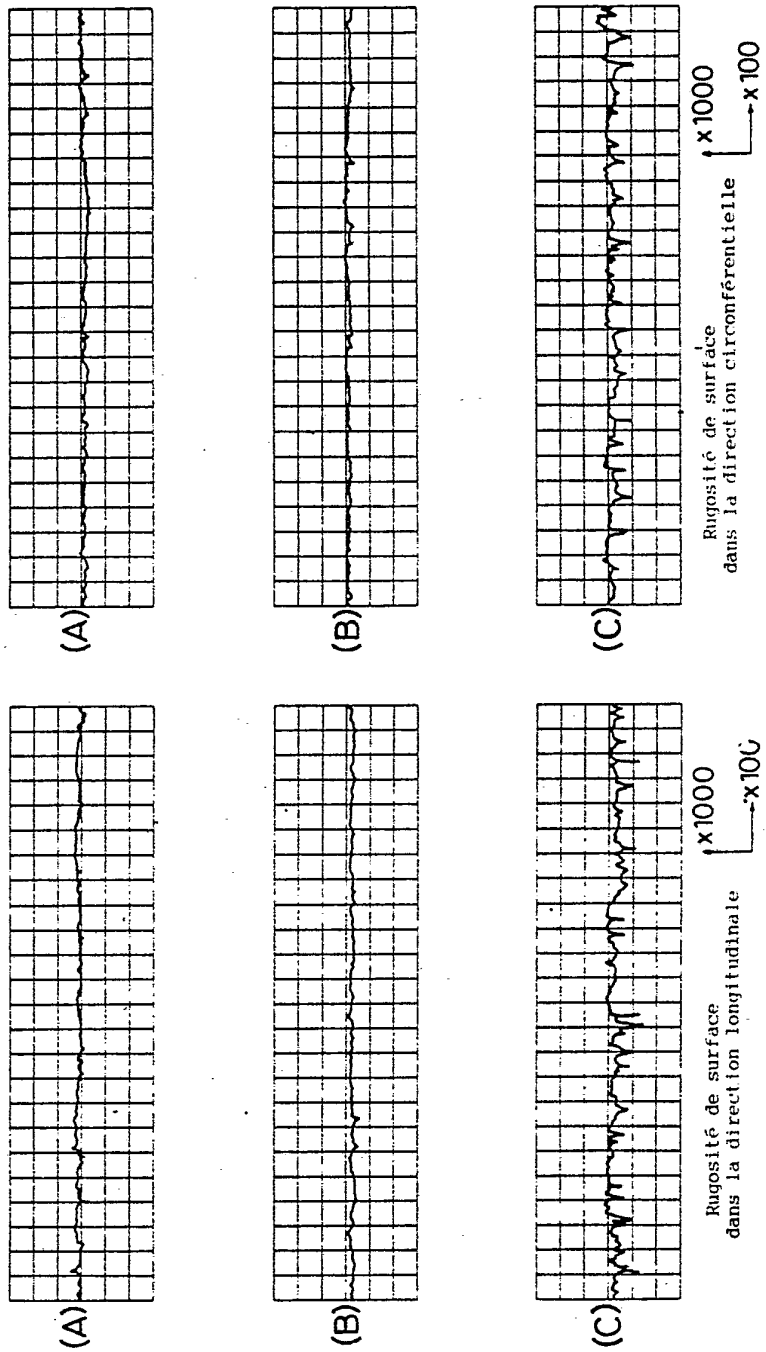


FIG. 5

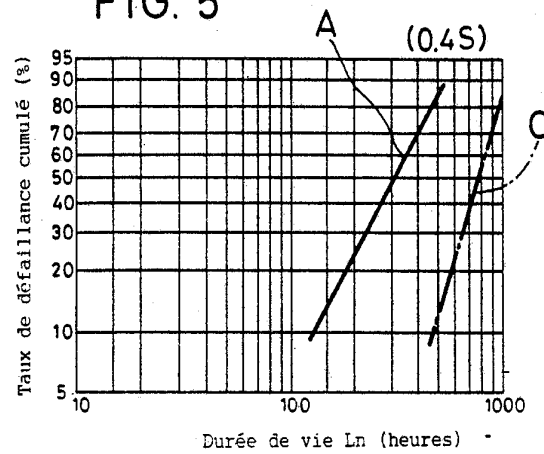


FIG. 6

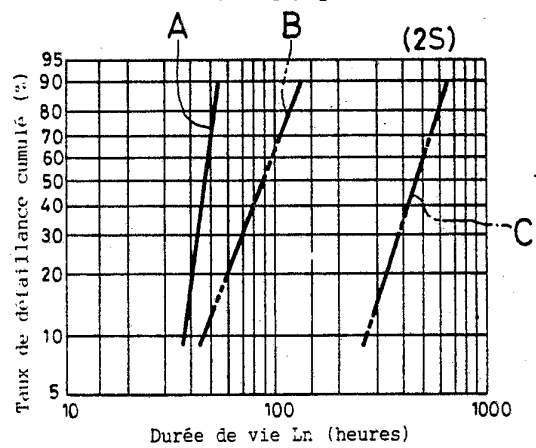


FIG. 7

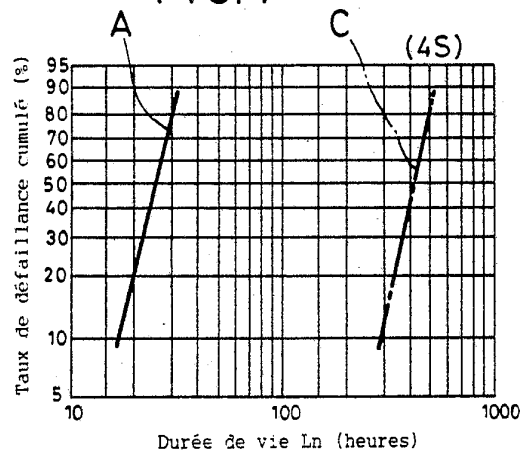


FIG. 8

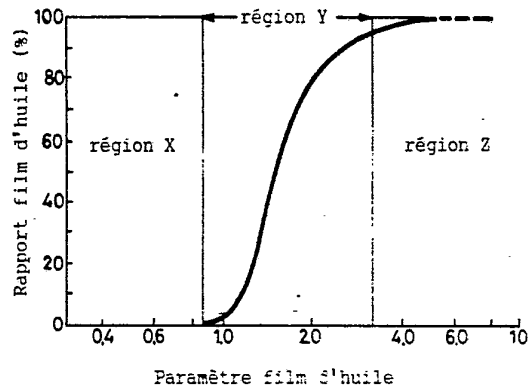


FIG. 9

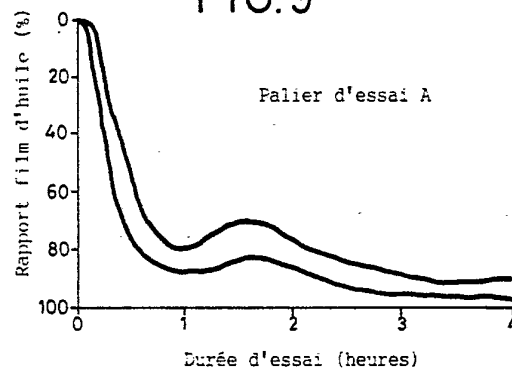


FIG. 10

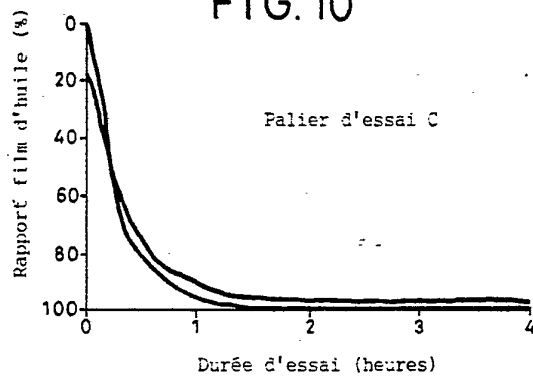


FIG. 11

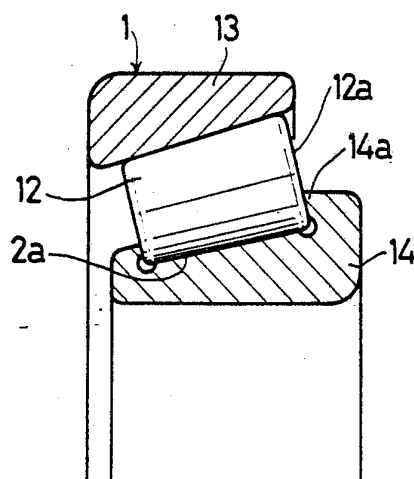


FIG. 12

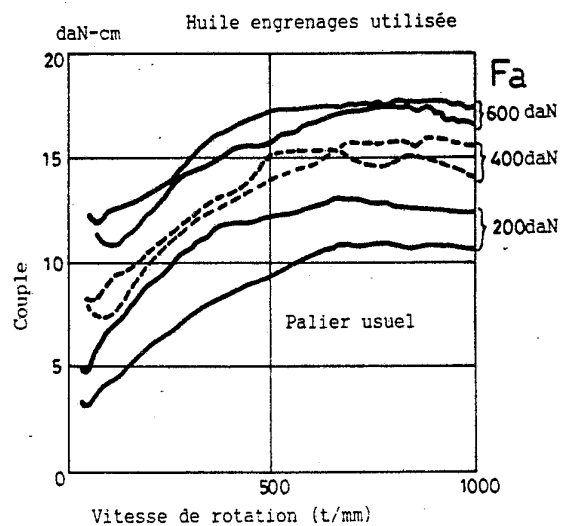


FIG. 13

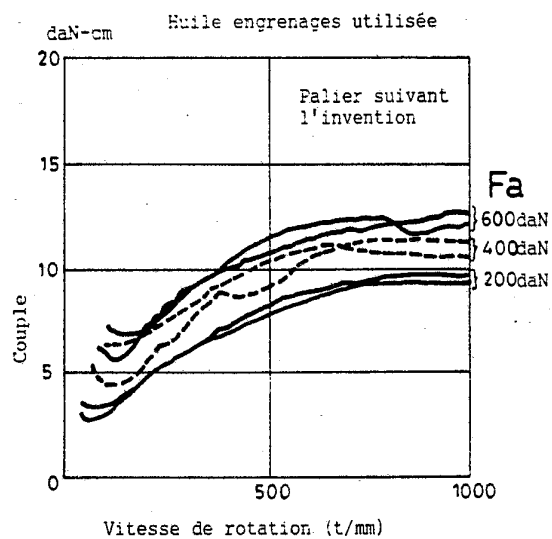


FIG. 14

