

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 01.02.91.

⑫③ Priorité : 03.02.90 DE 4003225.

⑫④ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 09.08.91 Bulletin 91/32.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite: GLYCO AG — DE.

⑦② Inventeur(s) : Kübert Michael et Müller Klaus.

⑦③ Titulaire(s) :

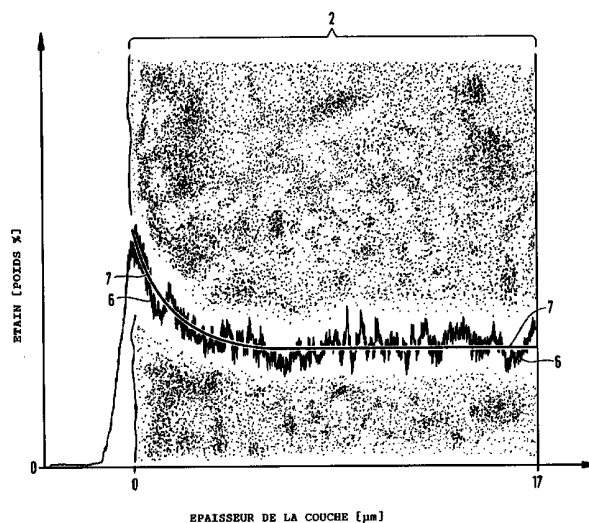
⑦④ Mandataire : Cabinet Nuss.

⑤④ Couche de glissement très résistante à l'usure et à propriétés de glissement améliorées, et procédé pour la fabrication de celle-ci.

⑤⑦ L'invention concerne une couche de glissement très résistante à l'usure et présentant des propriétés de glissement améliorées, ainsi qu'un procédé pour la fabrication de celle-ci.

Cette couche est réalisée en un alliage comprenant au moins un constituant mou, et elle est caractérisée par le fait que l'un des constituants mous est présent dans la couche de glissement avec un gradient de concentration perpendiculairement à la surface active de la couche de glissement, et ce, avec une concentration qui décroît avec la distance par rapport à la surface.

Application aux paliers lisses.



**Couche de glissement très résistante à l'usure et à  
propriétés de glissement améliorées, et procédé  
pour la fabrication de celle-ci**

L'invention concerne une couche de glissement en un alliage comprenant au moins un constituant mou, en particulier dans un palier lisse à plusieurs couches, et un procédé pour la fabrication d'une telle couche de glissement.

5 Des exigences importantes pour un palier lisse moderne sont une capacité de charge thermique et mécanique élevée et de bonnes propriétés de glissement. La première de ces caractéristiques exige un matériau dont la résistance à la chaleur et la solidité soient élevées, tandis que des  
10 matériaux mous doivent être utilisés en vue de bonnes propriétés de glissement dans la gamme de vitesses de glissement de 15 m/s environ et plus. Ces exigences sont en particulier remplies par des paliers à plusieurs couches qui comportent une couche de glissement en matériau malléable et  
15 une couche hautement résistante en métal antifriction à base de bronze ou d'aluminium. La couche de glissement dont les propriétés de glissement sont particulièrement bonnes se compose le plus souvent, selon la réalisation, de plomb comprenant de 8 à 20% en poids d'étain et de 2 à 6% en poids  
20 de cuivre, jusqu'à 10% en poids de cuivre et d'autres métaux pouvant aussi être introduits isolément. On connaît aussi d'autres couches de glissement, comme par exemple les alliages SnSb7 ou PbIn6.

Un tel palier lisse est décrit dans le brevet allemand n° 27 22 144. La couche de glissement du palier qui y  
25 est décrit est à base de plomb, et elle comprend de 10 à 20% en poids d'étain et jusqu'à 10% en poids de cuivre. Il a été établi qu'une teneur plus élevée en cuivre et en étain permet d'augmenter la capacité de charge permanente du palier lisse.

30 Il s'est toutefois avéré que ces couches de glissement ne peuvent être fabriquées que difficilement par dépôt électrochimique, parce que les solutions électrolytiques à haute teneur en étain sont très instables et qu'une augmentation de la capacité de charge permanente s'accompagne aussi  
35 d'un accroissement de la dureté, de sorte qu'une usure plus

élevée peut se produire sur l'arbre. Il est donc souhaitable d'augmenter la teneur en étain dans une couche de glissement.

Le but de l'invention est de procurer une couche de glissement, en particulier destinée aux paliers lisses à plusieurs couches, qui soit très résistante à l'usure, d'une part, et qui, d'autre part, présente des propriétés de glissement améliorées. Ces dernières doivent autant que possible être présentes pendant toute la durée de vie de la couche de glissement et agir surtout de manière particulièrement favorable pendant la période de mise en marche du palier lisse. En outre, il doit être possible de fabriquer la nouvelle couche de glissement de manière simple et par des procédés habituels, comme par exemple par dépôt électrochimique. Un objet de l'invention est également un procédé pour fabriquer une telle couche de glissement.

En ce qui concerne la couche de glissement, le but précité est atteint grâce au fait que l'un des constituants mous est présent dans la couche de glissement avec un gradient de concentration perpendiculairement à la surface active de la couche de glissement, et ce, avec une concentration qui décroît avec la distance par rapport à la surface.

Quant au procédé, le but est atteint du fait que l'on dépose sur un côté d'une couche de glissement de base une autre couche formée par le constituant mou, et que cette dernière est amenée à diffuser dans la couche de glissement de base par un traitement thermique, du moins partiellement, mais de préférence de manière prépondérante ou totale, de sorte que l'on obtient une couche de glissement présentant un gradient de concentration pour le constituant mou, et la concentration décroissant depuis le côté de la surface de glissement dans la direction du côté opposé de la couche de glissement.

Comme constituants mous, on peut utiliser des matériaux qui peuvent être alliés et qui présentent de bonnes propriétés de glissement, comme par exemple l'étain, l'antimoine, et en outre aussi le plomb, l'indium, le thallium,

etc.

Dans les paliers lisses modernes, et en particulier dans les paliers à plusieurs couches, il est connu que l'épaisseur de la couche de glissement qui présente des propriétés de glissement particulièrement satisfaisantes ne doit aller de préférence que jusqu'à 20  $\mu\text{m}$ , car la capacité de charge dynamique relative (résistance à la fatigue) de la couche de glissement diminue lorsque l'épaisseur de la couche augmente. Une couche de glissement typique de ce genre connue est un alliage de plomb contenant de 8 à 12% d'étain et de 2 à 6% de cuivre environ. La microdureté d'une telle couche est de 12 à 20 Vickers à 20°C, ce qui est extrêmement mou, et, du fait de la faible épaisseur de la couche, cette couche de glissement peut toutefois absorber des charges alternées spécifiques très élevées.

Selon l'invention, une couche de glissement est maintenant dotée d'un gradient de concentration qui augmente dans la direction de la surface active de la couche de glissement pour un constituant mou qui présente de bonnes propriétés de glissement et qui est de l'étain dans le cas ci-dessus. Le gradient de concentration peut être choisi de telle manière que la teneur en étain augmente continûment vers la surface active (surface de glissement) sur toute l'épaisseur de la couche qui est normalement de 10 à 25  $\mu\text{m}$ , et qu'elle soit ici de 12 à 16% en poids environ au milieu de l'ensemble de la couche. Grâce à ce gradient de concentration, on obtient une plus faible microdureté sur la surface de glissement de la couche de glissement, mais en revanche des propriétés de glissement encore meilleures, de sorte que les propriétés d'antifricction sont encore une fois améliorées par rapport à une couche de glissement sans gradient de concentration, sans que l'on obtienne ici une résistance à la fatigue trop faible. Ceci résulte du fait que la zone en épaisseur de la couche de glissement qui est extrêmement malléable est particulièrement mince.

Il est aussi possible d'utiliser des couches de

glissement à gradient de concentration qui soient au total plus épaisses. Selon l'épaisseur de la couche de glissement, il n'est pas nécessaire que le gradient de concentration traverse toute la couche. Il est seulement important pour les utilisations des paliers lisses que la couche de glissement malléable soit relativement mince.

Il s'est avéré que le comportement à la mise en marche de moteurs est amélioré par les gradients de concentration du constituant mou dans la couche de glissement. Il s'est en outre avéré particulièrement favorable que le gradient de concentration du constituant mou selon l'invention qui détermine les propriétés de glissement produise aussi un effet favorable pendant la phase de mise en marche du palier, de sorte qu'une concentration plus élevée du constituant très glissant est ici présente sur la surface de glissement de la couche de glissement. L'avantage est ici que le processus de diffusion se poursuit à la température de fonctionnement lors de la phase de mise en marche, et que la région dont la concentration du constituant mou qui détermine les propriétés de glissement est plus élevée diffuse alors dans l'ensemble de la couche de glissement. Le constituant mou migre ainsi dans la couche de glissement depuis la surface frontale d'usure, et il constitue grâce à cela une surface de glissement qui est particulièrement satisfaisante.

Les couches de glissement connues qui sont munies d'un mince dépôt d'amorçage en étain ne présentent pas cet avantage. Ce dépôt d'amorçage en étain connu est une couche protectrice déposée sur les paliers lisses avec une épaisseur de quelques  $\mu\text{m}$  seulement, et il sert dans les paliers lisses connus à protéger la surface contre l'oxydation et à améliorer l'aspect visuel de la surface de glissement. Le dépôt d'amorçage en étain est enlevé de l'arbre lors de la première mise en service du palier lisse parce qu'il est trop mou. Une certaine amélioration du comportement lors de la mise en marche peut être obtenue par ce dépôt d'amorçage en étain, mais la couche de mise en marche proprement dite est

la couche de glissement qui est située au-dessous du dépôt d'amorçage en étain et qui est le plus souvent une couche ternaire (alliage de trois métaux) permettant l'adaptation géométrique des parties en frottement l'une sur l'autre. Un  
5 dépôt d'amorçage en étain ne permet pas d'obtenir l'avantage qu'une concentration nettement plus élevée du constituant mou dans la couche de glissement soit pratiquement présente pendant toute la durée de fonctionnement du palier lisse, car il est enlevé par frottement lors de la mise en service de  
10 celui-ci.

La couche de glissement selon l'invention peut être constituée de telle manière que le constituant mou, de préférence de l'étain, qui est déposé sur l'alliage de base n'est pas complètement diffusé, de sorte que, là aussi, un dépôt  
15 d'amorçage en étain (avec les mêmes propriétés que celles décrites plus haut) demeure conservé sur la surface de la couche de glissement. De préférence, le constituant mou déposé sur l'alliage de base doit diffuser complètement, mais ici, un dépôt d'amorçage en étain peut encore être appliqué  
20 aussi ultérieurement (après la diffusion thermique).

Comme couche de glissement, on utilise de préférence des alliages plomb-étain-cuivre présentant une concentration en étain qui croît en allant vers la surface active de la couche de glissement. Il est également possible d'utiliser  
25 des alliages plomb-indium dans lesquels la concentration en indium croît en allant vers la surface de glissement. Même sans le gradient de concentration du constituant mou, ces alliages présentent de bonnes propriétés d'antifriction, et ils peuvent être fabriqués de manière connue par galvanoplastie, en particulier pour les alliages plomb-étain-cuivre.  
30

On peut imaginer d'utiliser l'invention pour les paliers à couche double, comprenant par exemple une couche de glissement en PbIn, mais son utilisation est toutefois particulièrement favorable pour les paliers lisses  
35 à plusieurs couches, la couche de glissement étant alors déposée sur une couche de métal antifriction reposant sur une

coquille de support, en étant séparée de celle-ci par une couche intermédiaire.

5 Une forme de réalisation préférée est un palier lisse à plusieurs couches déposé sur une coquille de support en acier qui peut présenter une épaisseur de 1 mm à plus de 10 mm. Le palier lisse à plusieurs couches comporte dans ce cas, de préférence, une couche de métal antifriction en un bronze de plomb à base de cuivre qui repose sur une coquille de support et qui contient 22% en poids de plomb et 1,5% en 10 poids d'étain. Sur la couche de métal antifriction est déposée une couche intermédiaire qui est de préférence en nickel et sur laquelle est déposée à son tour la couche de glissement qui est un alliage de plomb à gradient d'étain avec une concentration moyenne en étain de 8 à 20% en poids, 15 et de préférence de 12 à 16% en poids, et une teneur moyenne en cuivre de 2 à 6% en poids environ. La couche intermédiaire présente une épaisseur de 1 à 3  $\mu\text{m}$ , et elle sert de substrat étanche (barrage) pour la couche de glissement, afin que l'étain ne puisse pas migrer dans la couche de métal 20 antifriction depuis la couche de glissement. Généralement, la couche de métal antifriction présente une épaisseur de 0,2 à 0,5 mm et la couche de glissement présente une épaisseur de 10 à 25  $\mu\text{m}$ .

25 Comme couche intermédiaire, on peut aussi utiliser d'autres barrages, comme par exemple des couches CuSn (par exemple CuSn40). Comme couche de métal antifriction, d'autres alliages pour paliers peuvent également être envisagés, comme par exemple des alliages AlSn comme AlSn20.

30 La couche de glissement selon l'invention peut être obtenue de la manière la plus simple par dépôt électrochimique de deux couches métalliques différentes, en déposant tout d'abord une couche de glissement de base et, sur celle-ci, une autre couche formée par le constituant mou. On fait ensuite diffuser cette dernière dans la couche de glissement 35 de base par un traitement thermique (diffusion thermique), du moins partiellement, mais de préférence de manière prépondé-

rante ou totale, de sorte que l'on obtient la couche de glissement comportant le gradient selon l'invention pour la concentration du constituant mou qui décroît depuis le côté actif en allant vers le côté opposé.

5 L'important est que la couche de glissement de base et l'autre couche en constituant mou soient déposées avec une épaisseur aussi régulière que possible, et que la couche de glissement malléable résultante soit aussi mince que possible pour que sa capacité de charge dynamique relative soit  
10 relativement importante (comparer avec la figure 3).

Il s'est avéré que, grâce à ce procédé, on peut fabriquer de manière particulièrement simple des alliages plomb-cuivre-étain à haute teneur en plomb destinés à des paliers lisses et comprenant de 8 à 40% en poids d'étain et  
15 de 2 à 12% en poids de cuivre, en déposant par voie électrochimique une couche de glissement de base qui contient les quantités voulues de plomb et de cuivre et qui contient le cas échéant une faible teneur en étain, en déposant sur celle-ci une couche d'étain et en faisant diffuser cette  
20 dernière par diffusion thermique dans la couche de glissement de base, de sorte que la teneur en étain est augmentée en conséquence dans la couche de glissement de base et que la teneur en plomb et en cuivre est diminuée en proportion. La couche de glissement de base présente de préférence une  
25 teneur en étain de 8 à 12% en poids pour une teneur en cuivre de 2 à 6% en poids. Pour la teneur en cuivre qui est indiquée, on ne peut fabriquer que difficilement par voie purement galvanoplastique des couches de glissement correspondantes comprenant plus de 12% en poids d'étain, car les solu-  
30 tions galvanoplastiques correspondantes ne sont pas stables.

De manière favorable, le procédé est réalisé de telle manière que la couche de glissement de base soit déposée avec une épaisseur de 10 à 25  $\mu\text{m}$ , et que la couche d'étain le soit avec une épaisseur de 1 à 5  $\mu\text{m}$ .

35 En principe, c'est dans les paliers lisses à plusieurs couches que les couches de glissement selon



l'invention peuvent être utilisées de la manière la plus favorable, une autre couche de métal antifriction étant alors prévue et se composant le plus souvent de bronze au plomb. De tels paliers à trois couches présentent une sécurité de fonctionnement élevée et de bonnes propriétés de marche dans des conditions de lubrification insuffisante, parce que, d'une part, la couche de glissement peut noyer des corps étrangers et que, dans le cas de l'enlèvement par usure de la couche de glissement, la couche de bronze au plomb qui se trouve au-dessous d'elle peut encore assurer un effet de glissement suffisant. A la place du bronze au plomb, on peut aussi utiliser une couche antifriction en aluminium qui comporte par exemple, comme constituant de glissement, de l'étain qui y est noyé.

Un exemple de réalisation de l'invention est représenté sur le dessin, et il est expliqué de manière plus détaillée dans ce qui suit.

Parmi les figures :

La figure 1 représente une vue en perspective d'une moitié de palier avec un arrachement partiel des diverses couches ;

La figure 2 représente une micrographie d'une coupe prise selon la ligne II-II de la figure 1 à travers une couche de glissement pourvue d'un gradient de concentration pour un constituant mou ;

La figure 3 représente par un graphique l'influence de l'épaisseur de la couche sur la résistance à la fatigue de couches de glissement.

La figure 1 représente la constitution d'un palier lisse à plusieurs couches 1 comprenant une couche de glissement 2 selon l'invention. La couche de glissement 2 est déposée, au-dessus d'une couche intermédiaire 3 qui est un barrage en nickel, sur une couche de métal antifriction 4 en bronze au plomb qui a été coulée sur une coquille de support en acier 5. A la place de la couche de bronze au plomb, on peut utiliser également une couche antifriction en aluminium

et, à la place du barrage en nickel, on peut aussi utiliser un barrage cuivre-étain.

Les diverses couches présentent les épaisseurs suivantes, les gammes d'épaisseur pour d'autres formes de réalisation favorables étant indiquées entre parenthèses :

Coquille de support en acier : 4 mm (de 1 mm jusqu'à plus de 10 mm)

Couche de métal antifriction : 0,3 mm (0,2 à 0,5 mm)

Couche intermédiaire : 2  $\mu$ m (1 à 3  $\mu$ m)

Couche de glissement : 17  $\mu$ m (10 à 25  $\mu$ m).

La couche de métal antifriction 4 est de préférence un alliage CuPb22Sn1,5 qui a été coulé selon des procédés habituels sur une bande d'acier ou sur un tube en acier.

La couche intermédiaire 3 et la couche de glissement de base, ainsi que la couche d'étain pur, peuvent être déposées directement sur la couche de métal antifriction 4, ou de préférence sur une ébauche de coquille de palier qui est fabriquée à partir d'une bande d'acier ou d'un tube en acier et qui présente ainsi une surface plus lisse et plus appropriée au dépôt des couches suivantes.

La couche de glissement 2 est fabriquée comme suit:

On dépose par voie galvanoplastique sur la couche intermédiaire 3 une couche de glissement ternaire pauvre en zinc (couche de glissement de base) en PbSn12Cu6 avec une épaisseur de 16  $\mu$ m environ (de manière avantageuse comprise entre 10 et 20  $\mu$ m). C'est également par voie galvanoplastique que l'on dépose sur cette couche de glissement ternaire une couche d'étain pur de 1  $\mu$ m (0,5 à 5  $\mu$ m) qui est introduite dans la couche de glissement de base ternaire et pauvre en étain par une diffusion thermique consécutive. La diffusion thermique a lieu à des températures comprises entre 100 et 150°C et avec une durée de diffusion de 10 minutes à 4 heures. La couche de glissement résultante 2 présente comme composition moyenne PbSn17Cu5,5. On obtient grâce à cela un enrichissement en étain de la couche de glissement de base, cependant que l'enrichissement en étain sur le côté extérieur

de la couche de glissement 2, laquelle vient ultérieurement en contact de glissement avec un arbre ou avec un autre objet correspondant, est le plus élevé pour une température de diffusion plus faible et pour des durées de diffusion inférieures, et qu'il diminue selon un gradient de concentration dans la direction du côté de la couche de glissement 2 qui est contre la couche intermédiaire.

De préférence, les couches de roulement ternaires riches en étain (couches de glissement 2) qui sont engendrées de cette manière présentent la composition suivante : de 4 à 6% de cuivre et de 12 à 17% d'étain, le reste étant du plomb.

Dans la couche de glissement 2 (couche de roulement ternaire) du palier à plusieurs couches 1, l'étain qui a diffusé s'est avantageusement réparti de telle manière que l'on trouve, sur la surface qui sera ultérieurement la surface de roulement, une teneur en étain plus élevée qui décroît en allant vers la couche intermédiaire 3. Cette répartition de l'étain avec un enrichissement à la surface du palier lisse conduit à des conditions particulièrement favorables, notamment lors de la mise en marche.

La figure 2 représente un cliché au microscope électronique à balayage d'une couche de glissement 2 - préparée comme on l'a décrit plus haut - du palier lisse à plusieurs couches 1, cependant que l'on a superposé à l'image la concentration en étain 6 à partir de laquelle on peut voir le gradient moyen de concentration en étain 7 dans la couche de glissement 2.

Le diagramme de la figure 3 montre pourquoi la région de la couche de glissement 2 selon l'invention qui comporte une teneur en étain élevée et qui, en conséquence, est aussi particulièrement malléable, doit être très mince. Plus la couche de glissement est mince, plus grande est la capacité de charge dynamique relative qu'elle peut présenter. Si l'épaisseur relative de la couche de glissement n'est par exemple qu'un centième de l'épaisseur d'une couche de glissement correspondante pour laquelle on ne peut plus constater

une modification de la capacité de charge dynamique relative lorsque l'épaisseur de la couche augmente, la capacité de charge dynamique relative (résistance à la fatigue) de la couche mince est trois fois plus élevée que celle de la couche plus épaisse correspondante. Comme cette augmentation de la capacité de charge dynamique relative dépend de plusieurs facteurs, comme par exemple de la composition de l'alliage, il est recommandé de déterminer par des séries d'essais l'épaisseur optimale de la couche de glissement selon l'invention et la courbe optimale du gradient de concentration en vue de l'utilisation comme couche de glissement. Les valeurs précédentes montrent de nettes améliorations de l'usure par rapport à l'état de la technique, et elles peuvent servir de valeurs directrices ou de point de départ.

Comme on l'a déjà décrit plus haut, on a établi au cours d'expériences au banc d'essai que les couches de glissement selon l'invention qui peuvent être fabriquées selon un nouveau procédé et qui sont avantageusement constituées par un alliage plomb-étain-cuivre peuvent être avantageusement utilisées comme matériaux de paliers lisses dans les moteurs à combustion interne où ils s'avèrent très résistants à l'usure. Ces nouveaux matériaux pour paliers lisses sont appropriés aux moteurs à combustion interne comme les moteurs d'aspiration, les injecteurs, les moteurs diesel et les versions turbo. La couche de glissement en métal selon l'invention peut également être utilisée avantageusement avec des arbres en fonte à graphite sphéroïdal. La particularité de ce matériau consiste en ce que l'on introduit dans la surface de glissement de la couche de glissement ternaire une teneur en étain particulièrement élevée à laquelle sont dues les bonnes propriétés de glissement de ce matériau. Comme on l'a décrit plus haut, on peut aussi utiliser avec succès d'autres variantes de l'exemple de réalisation.

## - REVENDICATIONS -

1. Couche de glissement en un alliage comprenant au moins un constituant mou, caractérisée par le fait que l'un des constituants mous est présent dans la couche de glissement avec un gradient de concentration perpendiculairement à la surface active de la couche de glissement, et ce, avec une concentration qui décroît avec la distance par rapport à la surface.
2. Couche de glissement selon la revendication 1, caractérisée par le fait qu'elle est une partie d'un palier lisse à plusieurs couches.
3. Couche de glissement selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée par le fait que le gradient de concentration s'étend continûment à travers la couche de glissement.
4. Couche de glissement selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que la couche de glissement est un alliage plomb-étain-cuivre, et que la concentration en étain augmente dans la couche de glissement en allant vers la surface active de celle-ci.
5. Couche de glissement selon la revendication 1, caractérisée par le fait qu'elle est posée sur une coquille de support.
6. Couche de glissement selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisée par le fait qu'elle est déposée sur une couche de métal antifriction reposant sur une coquille de support en étant séparée de celle-ci par une couche intermédiaire.
7. Couche de glissement selon la revendication 6, caractérisée par le fait que la coquille de support est une coquille de support en acier, la couche de métal antifriction est à base en cuivre et contient 22% en poids de plomb et 1,5% en poids d'étain, la couche intermédiaire est en nickel ou en alliage cuivre-étain, et la couche de glissement est un alliage de plomb à gradient d'étain avec une concentration

moyenne en étain de 12 à 16% en poids et une teneur en cuivre de 2 à 6% en poids.

8. Couche de glissement selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisée par le fait que la coquille de support en acier présente une épaisseur de 1 mm à plus de 10 mm, la couche de métal antifriction une épaisseur de 0,2 à 0,5 mm, la couche intermédiaire une épaisseur de 1 à 3  $\mu\text{m}$  et la couche de glissement une épaisseur de 10 à 25  $\mu\text{m}$ .

9. Procédé pour la fabrication d'une couche de glissement comprenant un constituant mou, caractérisé par le fait que l'on dépose sur un côté d'une couche de glissement de base une autre couche formée par le constituant mou, et que cette dernière est amenée à diffuser, du moins partiellement, dans la couche de glissement de base par un traitement thermique, de sorte que l'on obtient une couche de glissement présentant un gradient de concentration pour le constituant mou, et la concentration décroissant depuis le côté de la surface de glissement dans la direction du côté opposé de la couche de glissement.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé par le fait que l'on dépose la couche de glissement de base sur une couche intermédiaire qui agit comme un barrage par rapport au constituant mou et sur une couche de métal antifriction que l'on a préalablement coulée sur une coquille de support en acier.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé par le fait que l'on utilise comme couche de glissement de base un alliage  $\text{PbSn}_{8-12}\text{Cu}_{2-6}$  dans lequel on fait diffuser une couche d'étain jusqu'à ce que la teneur moyenne en étain soit de 12 à 16% en poids dans la couche de glissement.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait que l'on dépose la couche de glissement de base avec une épaisseur de 10 à 20  $\mu\text{m}$ , puis sur celle-ci l'autre couche en constituant mou avec une épaisseur de 1 à 5  $\mu\text{m}$  que l'on fait diffuser par diffusion thermique

dans la couche de glissement de base.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé par le fait que l'on dépose la couche de glissement de base et l'autre couche par voie électrochimique.

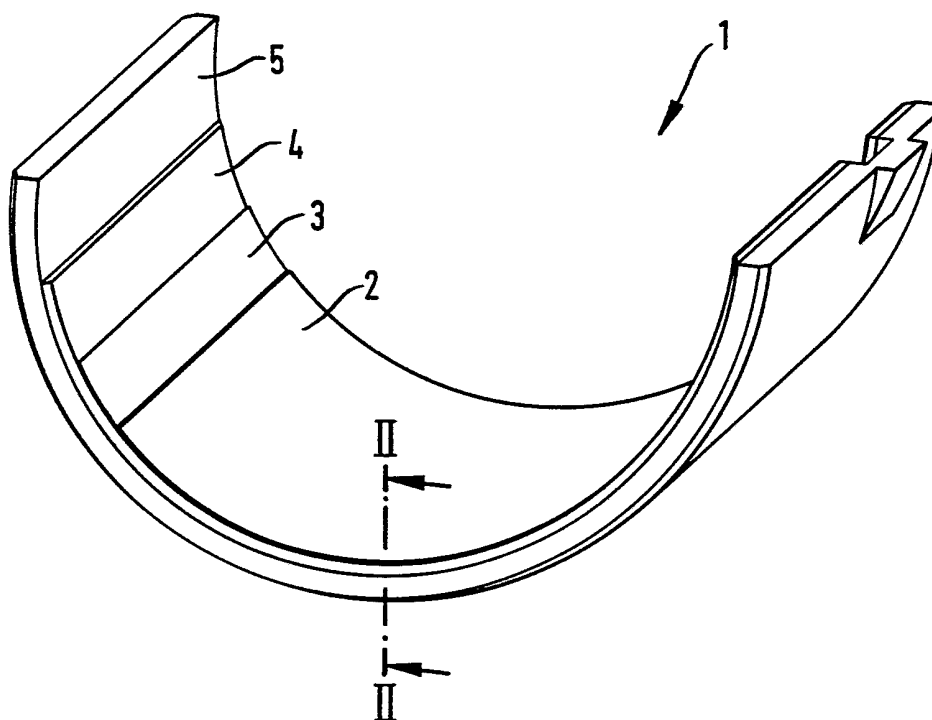
14. Procédé pour fabriquer une couche de glissement plomb-cuivre-étain à haute teneur en plomb comprenant de 8 à 40% en poids d'étain et de 2 à 12% en poids de cuivre, caractérisé par le fait que l'on dépose par voie électrochimique une couche de glissement de base qui contient du plomb et du cuivre, on dépose sur celle-ci une couche d'étain et on fait diffuser cette dernière par diffusion thermique dans la couche de glissement de base.

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé par le fait que l'on dépose une couche de glissement de base qui contient du plomb, du cuivre et de l'étain avec une teneur en étain inférieure à la teneur en étain souhaitée pour la couche de glissement résultante, on dépose sur celle-ci la couche d'étain et on fait diffuser cette dernière par diffusion thermique dans la couche de glissement de base, de sorte que la teneur en étain est augmentée en conséquence dans la couche de glissement de base et que la teneur en plomb et en cuivre est diminuée en proportion.

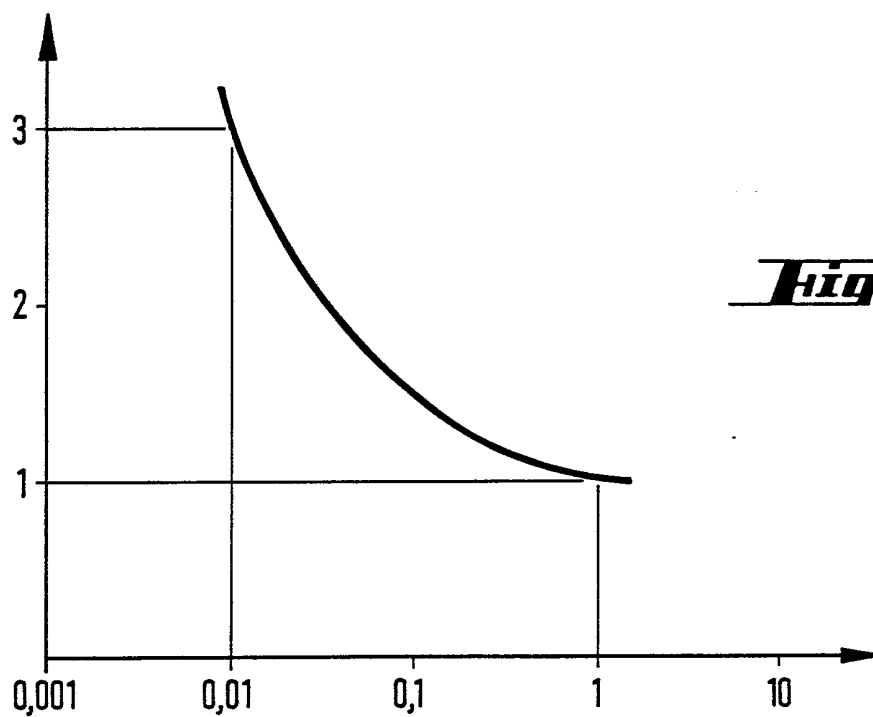
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 et 15, caractérisé par le fait que la couche de glissement de base est déposée avec une épaisseur de 10 à 20  $\mu\text{m}$ , et que la couche d'étain l'est avec une épaisseur de 1 à 5  $\mu\text{m}$ .

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 et 16, caractérisé par le fait que l'on dépose une couche de glissement de base comprenant de 8 à 12% en poids d'étain et de 2 à 6% de cuivre.

PL. 1/2

**Fig. 1**

CAPACITE DE CHARGE DYNAMIQUE RELATIVE

**Fig. 3**EPAISSEUR RELATIVE DE LA COUCHE DE  
GLISSEMENT [mm]



