



CH 683844 A5

(19)



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 683844 A5

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: C 23 C 30/00  
C 23 C 16/26  
C 23 C 16/32  
F 16 C 33/12

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET** A5

(21) Numéro de la demande: 3198/90

(22) Date de dépôt: 04.10.1990

(24) Brevet délivré le: 31.05.1994

(45) Fascicule du brevet  
publié le: 31.05.1994

(73) Titulaire(s):  
Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique  
S.A., Neuchâtel 7

(72) Inventeur(s):  
Maillat, Michel, Neuchâtel  
Hintermann, Hans Erich, Ins

(54) **Combinaison autolubrifiante de revêtements.**

(57) La présente invention se rapporte à une combinaison autolubrifiante de revêtements, lesquels revêtements sont applicables tout particulièrement à des pièces devant glisser l'une sur l'autre dans un environnement sévère et engendrant un faible frottement et une faible usure desdites pièces.



CH 683844 A5

## Description

La présente invention se rapporte à une combinaison autolubrifiante de revêtements, lesquels revêtements sont applicables tout particulièrement à des pièces devant glisser l'une sur l'autre dans un environnement sévère, tout en engendrant un faible frottement et une faible usure desdites pièces.

Une solution connue est l'utilisation d'un lubrifiant conventionnel. Les huiles et les graisses, bien que largement employées, sont toutefois insatisfaisantes à bien des égards. En particulier, leur taux de dégazage, leur migration ou la contamination produite ne permet pas leur emploi dans de nombreux cas d'environnement sévère ou d'application exigeante.

Une autre solution est la réalisation de pièces revêtues d'une couche de bisulfure de Molybdène ( $\text{MoS}_2$ ). Un problème est que la couche se dégrade très rapidement à l'air en présence d'humidité.

Une autre solution encore est de revêtir l'une des pièces d'une couche de carbure de titane (TiC), l'autre pièce étant réalisée, par exemple, en acier inoxydable. Une telle solution, aujourd'hui connue pour la réalisation de roulements à billes de haute précision, évite la formation de soudures froides avec l'acier et augmente ainsi la fiabilité et la durée de vie desdits roulements à billes. Pour cette dernière solution le coefficient de frottement d'un revêtement en TiC contre l'acier est de 0,2 à 0,3.

On a trouvé à présent que l'on peut obtenir une combinaison autolubrifiante de revêtements pouvant être utilisée dans un environnement sévère et ne présentant pas les inconvénients susmentionnés, si l'on utilise, pour l'une des pièces, une couche en carbure de titane (TiC) et, pour l'autre pièce, une couche en carbone amorphe. Par carbone amorphe on entend un composé du type a-C:H pour «amorphous carbon containing hydrogen», encore désigné par ADCL pour «amorphous diamond-like carbon» ou iC pour «ion assisted deposited carbon coating».

Par environnement extrême on entend un environnement de conditions sévères, par exemple vide, gaz sec, gaz humide ou conditions extrêmes de température, pression, corrosion.

L'utilisation de la combinaison de couches selon l'invention permet d'obtenir de faibles coefficients de frottement et un très faible taux d'usure des pièces en contact. Cela est illustré dans les exemples donnés ci-après. Les tableaux 1 et 2 montrent, pour des environnements extrêmes (milieu très humide et milieu très sec), l'excellent comportement d'un revêtement en TiC sur une couche de carbone amorphe. Les pièces en contact sont une bille pour l'une et un disque pour l'autre. Les tableaux montrent pour différentes combinaisons de couches, dont la combinaison de l'invention, le coefficient de frottement moyen et le taux d'usure des pièces en contact.

Ces mesures sont effectuées au moyen d'un tribomètre du type bille-disque qui simule avec précision le contact présent dans des assemblages mécaniques. Les conditions d'utilisation sont:

- une bille de 6 mm de diamètre;
- une force de 5 N;
- une vitesse de glissement de 10 cm/s.

Tableau 1 (Pression:  $10^5$  Pascal, taux d'humidité > 98%)

| Surface de la bille | Surface du disque | Coefficient de frottement moyen après rodage | Taux d'usure total en $10^{-15} \text{ m}^3/\text{Nm}$ (bille + disque) |
|---------------------|-------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Acier               | TiC               | 0,23                                         | 1,2                                                                     |
| TiC                 | Acier             | 0,22                                         | 1,6                                                                     |
| Acier               | Carbone amorphe   | 0,15                                         | 22                                                                      |
| TiC                 | Carbone amorphe   | 0,07                                         | 0,1                                                                     |

Tableau 2 (Pression:  $10^5$  Pascal, taux d'humidité < 2%)

| Surface de la bille | Surface du disque | Coefficient de frottement moyen après rodage | Taux d'usure total en $10^{-15} \text{ m}^3/\text{Nm}$ (bille + disque) |
|---------------------|-------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Acier               | TiC               | 0,32                                         | 4,6                                                                     |
| TiC                 | Acier             | 0,48                                         | 3,4                                                                     |
| Acier               | Carbone amorphe   | 0,29 → 0,83                                  | 1,7                                                                     |
| TiC                 | Carbone amorphe   | 0,022                                        | 0,07                                                                    |

On ne peut tester, sous vide et sans agent lubrifiant, les couches de TiC et de carbone amorphe contre de l'acier car l'une et l'autre couches sont rapidement détériorées. Par contre, avec une bille re-

vêtue de TiC contre un disque revêtu de carbone amorphe, on peut effectuer plus de 500 000 tours et ce, avec un coefficient de frottement moyen, après rodage, de 0,08 et un taux d'usure total de  $0,03 \times 10^{-15} \text{ m}^3/\text{Nm}$ .

La combinaison carbone amorphe sur carbone amorphe présente un très bon comportement en glissement à l'air mais un très mauvais comportement sous vide.

De ces tableaux il faut retenir principalement que le coefficient de frottement et le taux d'usure d'un revêtement en TiC sur une couche de carbone amorphe sont respectivement de 0,022 et  $0,07 \times 10^{-15} \text{ m}^3/\text{Nm}$  dans l'air sec et respectivement de 0,07 et  $0,1 \times 10^{-15} \text{ m}^3/\text{Nm}$  dans l'air humide. Ces mesures font donc apparaître un effet surprenant et inattendu: le comportement en glissement de tels revêtements est bien meilleur dans l'air sec que dans l'air humide, comportement opposé aux résultats obtenus avec les mêmes couches frottant seules contre l'acier.

Le dépôt d'une couche de TiC sur un substrat métallique ou céramique peut être obtenu par des procédés CVD («Chemical Vapour Deposition») bien connus de l'homme de l'art. La couche de carbone amorphe peut être déposée par un procédé plasma CVD, tel que décrit dans l'article «Procédé de revêtement par CVD plasma avec du carbone amorphe diamantin» de R.S. Bonetti et M. Tobler, publié par la maison Berna/Bernex AG à Olten (CH). Les procédés CVD et PVD («Physical Vapour Deposition») peuvent également être utilisés.

La couche de TiC a une épaisseur comprise, typiquement, entre 1 et 5  $\mu\text{m}$ . La couche de carbone amorphe a une épaisseur comprise, typiquement, entre 0,1 et 5  $\mu\text{m}$ .

Dans certaines applications, la combinaison des couches de TiC et de carbone amorphe sur des pièces destinées à glisser l'une sur l'autre pourra avantageusement être utilisée en y associant des lubrifiants solides tels que  $\text{MoS}_2$ , PTFE, plomb, argent, etc.

### Revendications

1. Combinaison autolubrifiante de revêtements appliquée respectivement à une première et une deuxième pièces glissant l'une sur l'autre, notamment dans un environnement sévère, caractérisée en ce que le revêtement de la première pièce est une couche en carbure de titane (TiC) et le revêtement de la deuxième pièce est une couche en carbone amorphe.

2. Combinaison autolubrifiante de revêtements selon la revendication 1, caractérisée en ce que les revêtements sont utilisés en association avec au moins un des lubrifiants solides suivants:  $\text{MoS}_2$ , PTFE, plomb, argent.