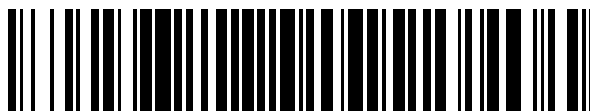


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 120**

51 Int. Cl.:  
**F16C 23/04** (2006.01)  
**F16C 33/12** (2006.01)  
**F16C 33/16** (2006.01)  
**F16C 33/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08166174 .6**  
96 Fecha de presentación: **09.10.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2048389**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.04.2009**

54 Título: **Rótula ligera de articulación y procedimiento de fabricación de dicha rótula**

30 Prioridad:  
**09.10.2007 FR 0758159**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.10.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.10.2012**

73 Titular/es:  
**SKF AEROSPACE FRANCE (100.0%)**  
**1, AVENUE MARC SEGUIN PARC INDUSTRIEL**  
**DE LA BRASSERIE**  
**26240 SAINT-VALLIER-SUR-RHONE, FR**

72 Inventor/es:  
**JULLIÈRE, BENJAMIN**

74 Agente/Representante:  
**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 389 120 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Rótula ligera de articulación y procedimiento de fabricación de dicha rótula.

5 La presente invención se refiere a una rótula ligera de articulación y a un procedimiento de fabricación de dicha rótula.

10 En la industria aeronáutica, se conoce utilizar una rótula metálica para inmovilizar dos órganos, tales como una biela y una pieza de estructura, una en translación con respecto a la otra, permitiendo al mismo tiempo un movimiento relativo en rotación de estos órganos. Dicha rótula, descrita por ejemplo en el documento FR-A-2 770 597, comprende clásicamente un anillo interior y un anillo exterior metálicos. Una superficie interna del anillo interior está adaptada para ser montada sobre un eje, mientras que su superficie externa es sustancialmente esférica y apta para cooperar con una superficie interna correspondiente de anillo exterior. El anillo interior y el anillo exterior poseen así tres grados de libertad mutuos en rotación, estando sujetos al mismo tiempo uno con el otro en translación.

15 Con vistas a obtener una rótula metálica ligera, es ventajoso formar los anillos interior y exterior de dicha rótula en metal o en aleación metálica de baja masa volúmica. En particular, el titanio, las aleaciones de titanio, el aluminio y las aleaciones de aluminio permiten realizar unos anillos ligeros que presentan una buena resistencia mecánica. Sin embargo, el comportamiento en fricción de los metales y aleaciones metálicas citados anteriormente no es compatible con las fuerzas aplicadas en funcionamiento sobre los anillos de una rótula de articulación. En efecto, los movimientos relativos bajo carga de los anillos se acompañan de fricciones que generan unos fenómenos de desgaste por "fretting" (rozamiento) y por deslizamiento a nivel de las superficies de contacto de los anillos. La degradación de estas superficies de contacto provoca un acoplamiento de la rótula y un aumento del coeficiente de fricción en la interfaz entre los anillos. En particular, existe un riesgo de que unos picos de rugosidad presentes en las superficies en fricción bajo el efecto del desgaste por "fretting" se suelden mutuamente, lo cual puede conducir, bajo una fuerte carga, al bloqueo completo o gripado de la rótula.

20 Por otra parte, se conocen unas rótulas ligeras que comprenden unos anillos interior y exterior en aleación de titanio cuyas superficies esféricas están provistas de revestimientos específicos, tales como unas capas delgadas de dureza elevada, aplicados sobre las superficies de los anillos por depósito en fase vapor, o "Physical Vapor Deposition" (PVD). Estos revestimientos permiten mejorar las propiedades de fricción en la interfaz entre los anillos. Sin embargo, debido a su tan bajo grosor, estos revestimientos son susceptibles de ser eliminados rápidamente durante unos movimientos relativos de los anillos bajo fuerte carga y presentan por lo tanto un intervalo de funcionamiento limitado en término de presión de contacto. Ahora bien, cuando el revestimiento de uno de los anillos está totalmente eliminado, la superficie en aleación de titanio de este anillo entra en contacto con el revestimiento del otro anillo. Resulta un modo de degradación rápida de la superficie en aleación de titanio, susceptible de conducir al gripado de la rótula, lo cual limita en gran medida la duración de vida de la rótula.

30 El documento EP-A-1 496 277, en el que se basa el preámbulo de la reivindicación 1, describe una rótula de articulación que comprende un anillo interior y un anillo exterior metálicos. Esta rótula comprende una primera capa de contacto, aplicada sobre la superficie interna esférica del anillo exterior, y una segunda capa de contacto, aplicada sobre la superficie externa esférica del anillo interior. La primera capa de contacto es a base de politetrafluoroetileno (PTFE), mientras que la segunda capa de contacto es una capa delgada de TiAlN. Sin embargo, esta rótula tiene una capacidad de carga limitada.

35 Son estos inconvenientes los que pretende evitar más particularmente la invención, proporcionando una rótula ligera de articulación que presenta un comportamiento estable en funcionamiento y una duración de vida mejorada.

40 Para ello, la invención tiene por objeto una rótula ligera de articulación tal como la definida en la reivindicación 1.

45 En el sentido de la invención, se entiende por superficie esférica una superficie formada por lo menos por una porción o un tramo de esfera.

50 Según otras características ventajosas de la invención:

- 55
- la primera capa de contacto comprende una matriz metálica y unas partículas de lubricante sólido atrapadas en la matriz;
  - 60 - cada anillo está realizado en un metal o en una aleación metálica de masa volúmica inferior a  $7.800 \text{ kg/m}^3$ , preferentemente inferior a  $5.000 \text{ kg/m}^3$ ,
  - cada anillo está realizado en titanio, en una aleación de titanio, en aluminio o en una aleación de aluminio;
  - 65 - la primera capa de contacto tiene una dureza comprendida entre aproximadamente 100 y 700 Hv, mientras que la segunda capa de contacto tiene una dureza superior a 700 Hv;

- la rótula comprende una sub-capa de adhesión intercalada entre la primera capa de contacto y el anillo sobre el cual está aplicada la primera capa de contacto;
- la primera capa de contacto comprende una matriz en aleación de cobre que tiene un contenido en cobre de por lo menos 50% en peso y unas partículas de lubricante sólido, estando la proporción de partículas de lubricante sólido en la primera capa comprendida entre aproximadamente 1 y 30% en peso de la primera capa de contacto;
- la primera capa de contacto está aplicada sobre la superficie externa esférica del anillo interior;
- el anillo interior está constituido por dos elementos que presentan cada uno, en sección transversal, sustancialmente una forma de C,
- un lubricante líquido está presente en la zona de contacto.

La invención tiene asimismo por objeto un procedimiento de fabricación de una rótula tal como la descrita anteriormente, que comprende unas etapas en las que:

- se deposita la primera capa de contacto sobre la superficie esférica de uno de los anillos por proyección térmica de un polvo que comprende unas partículas de lubricante sólido;
- se deposita la segunda capa de contacto sobre la superficie esférica del otro anillo.

En particular, la segunda capa de contacto se puede depositar sobre la superficie esférica del otro anillo mediante un procedimiento de depósito de capa delgada en fase vapor (PVD).

Las características y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción siguiente de un modo de realización de una rótula ligera de articulación según la invención, dado únicamente a título de ejemplo y realizada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una sección transversal de una rótula ligera de acuerdo con la invención, montada sobre un árbol;
- la figura 2 es una sección según la línea II-II de la figura 1; y
- las figuras 3 a 5 son unas vistas esquemáticas a mayor escala del detalle III de la figura 2, que muestra la evolución de la zona de contacto entre las primera y segunda capas de contacto durante la utilización de la rótula ligera.

En las figuras 1 y 2, el grosor de las capas aplicadas sobre los anillos de la rótula se ha exagerado para la claridad del dibujo. Además, el grosor relativo de la segunda capa de contacto con respecto a los grosores de las demás capas se ha aumentado en todos los dibujos, con el fin de mejorar su visibilidad.

La rótula ligera 1 de acuerdo con la invención representada en las figuras 1 y 2, comprende un anillo interior 3 y un anillo exterior 7, realizados cada uno en aleación de titanio TA6V. El anillo exterior 7 comprende una superficie externa 7A sustancialmente cilíndrica y una superficie interna 7B esférica, más específicamente en tramos de esfera, que se une a la superficie externa 7A mediante unas paredes laterales 7C. El anillo interior 3 comprende una superficie interna 3A sustancialmente cilíndrica, prevista para ser puesta contra la periferia exterior de un árbol 9 cilíndrico correspondiente, y una superficie externa 3B que presenta un perfil esférico, más específicamente en tramos de esfera, que corresponde al de la superficie interna 7B del anillo exterior 7. El anillo interior 3 y el anillo exterior 7 poseen así, uno con relación al otro, tres grados de libertad en rotación. Como se muestra en la figura 2, las superficies interna 3A y externa 3B del anillo interior 3 están unidas entre sí mediante unas paredes laterales 3C que sobresalen, en sección axial, a ambos lados de las paredes laterales 7C del anillo exterior 7 en la posición de la figura 2, en la que la superficie cilíndrica 7A es coaxial al árbol 9.

Gracias a la baja masa volúmica de la aleación de titanio TA6V que constituye los anillos 3 y 7, la rótula 1 presenta un peso limitado. Como variante, cada uno de los anillos interior y exterior de una rótula ligera según la invención puede estar constituido totalmente por metal o aleación metálica que tiene una masa volúmica inferior a  $7.800 \text{ kg/m}^3$ , preferentemente inferior a  $5.000 \text{ kg/m}^3$ , en particular en aleación de titanio diferente de TA6V, en titanio, en aluminio o en una aleación de aluminio.

Como se muestra en la figura 1, el anillo interior 3 de acuerdo con este modo de realización está constituido por dos elementos 31 y 32 complementarios, que presentan cada uno, en sección transversal, sustancialmente una forma de C. Tal como se representa en la figura 1, los elementos 31 y 32 son simétricos uno con relación al otro en un plano diametral del anillo interior 3 perpendicular al plano de corte de la figura 2. Las caras enfrentadas 31A y 32A de los elementos 31 y 32 son planas y están separadas entre sí por un espacio, de manera que definen dos volúmenes

libres V y V', a ambos lados del árbol 9. En aras de la claridad, la dimensión transversal de los volúmenes V y V' se ha exagerado en la figura 1. En servicio, el árbol 9 aplica el anillo interior 3 contra el anillo exterior 7, de manera que la presencia de los volúmenes libres V y V' no tenga ningún efecto perjudicial sobre el comportamiento mecánico de la rótula 1.

5 Los volúmenes libres V y V' son apropiados para recibir un lubricante líquido destinado a asegurar, en funcionamiento, la lubricación de las superficies de contacto del anillo interior 3 y del árbol 9, por un lado, y de las superficies de contacto del anillo interior 3 y del anillo exterior 7, por otra parte.

10 La rótula 1 comprende asimismo una primera y una segunda capas de contacto 4 y 8, depositadas respectivamente sobre las superficies esféricas 3B y 7B del anillo interior 3 y del anillo exterior 7. La primera capa de contacto 4 depositada sobre la superficie 3B forma parte del anillo interior 3 y forma la superficie de contacto del anillo 3 destinada a cooperar con el anillo exterior 7. Asimismo, la segunda capa de contacto 8 depositada sobre la superficie 7B forma parte del anillo exterior 7 y forma la superficie de contacto del anillo 7 destinada a cooperar con el anillo interior 3.

15 Las capas de contacto 4 y 8 presentan cada una unas propiedades específicas, adaptadas para mejorar el coeficiente de fricción en la interfaz entre los anillos interior 3 y exterior 7. Más específicamente, la primera capa de contacto 4, que está aplicada sobre la superficie externa 3B del anillo interior 3, tiene una dureza inferior a la dureza de la segunda capa de contacto 8, y un grosor superior al grosor de la segunda capa de contacto 8. La primera capa de contacto 4 presenta un modo de desgaste regular y previsible bajo el efecto de la fricción con la segunda capa de contacto 8, mientras que la segunda capa de contacto 8, que está aplicada sobre la superficie interna 7B del anillo exterior 7 tiene una fuerte resistencia al desgaste. En particular, la primera capa de contacto 4 tiene un comportamiento favorable al desgaste, durante la fricción con la segunda capa de contacto 8, pudiendo este comportamiento ser calificado de sacrificial. La primera capa de contacto 4 constituye así una capa de desgaste preferencial bajo el efecto de la fricción con la segunda capa de contacto 8, durante el funcionamiento de la rótula 1.

20 La primera capa de contacto 4 está adaptada además para liberar, bajo el efecto de la fricción con la segunda capa de contacto 8, unas partículas de lubricante sólido en la zona Z de contacto entre las capas de contacto 4 y 8, de manera que se favorece el deslizamiento en la interfaz entre las capas de contacto 4 y 8. Para ello, la primera capa de contacto 4 comprende una matriz metálica 41 y unas partículas 42 de lubricante sólido repartidas en la matriz 41. La primera capa de contacto 4 está así concebida especialmente para liberar en la zona Z unas partículas 42 de lubricante sólido a medida que se desgasta la matriz metálica 41, bajo el efecto de la fricción con la segunda capa de contacto 8. La matriz metálica 41 de la primera capa de contacto 4 y la segunda capa de contacto 8 se seleccionan de tal manera que la matriz 41 presente un desgaste progresivo y previsible bajo el efecto de la fricción con la segunda capa de contacto 8.

25 De manera ventajosa, la dureza de la primera capa de contacto 4, que es inferior a la dureza del anillo 3, sobre el que se deposita, está comprendida entre aproximadamente 100 y 700 Hv, y el grosor óptimo de esta primera capa de contacto 4, está comprendido entre aproximadamente 20 y 250  $\mu\text{m}$ .

30 Preferentemente, la primera capa de contacto 4 comprende una aleación de cobre 41 como matriz, que tiene un contenido en cobre de por lo menos 50% en peso, y unas partículas 42 de lubricante sólido, estando la proporción de partículas 42 de lubricante sólido en la primera capa de contacto 4 comprendida entre aproximadamente 1 y 30% en peso de la capa 4.

35 En este modo de realización, según la invención, la primera capa de contacto 4 es una capa de 100  $\mu\text{m}$  de grosor realizada en una aleación de cobre, de aluminio y de hierro cuyos contenidos respectivos en peso son de  $88\% \pm 1\%$ ,  $10\% \pm 1\%$ ,  $2\% \pm 1\%$ , a la que se añaden unas partículas 42 de grafito en una proporción del orden de 30% en peso de la primera capa de contacto 4, como partículas de lubricante sólido.

40 Como variante, la primera capa de contacto 4 puede comprender cualquier otra aleación de cobre de características adaptadas, tal como, a título de ejemplos, una aleación de cobre y de níquel de contenidos respectivos en peso de  $62\% \pm 1\%$ ,  $38\% \pm 1\%$ , una aleación de cobre y de aluminio de contenidos respectivos en peso de  $90\% \pm 1\%$ ,  $10\% \pm 1\%$ , o una aleación de cobre, de aluminio, de níquel y de hierro de contenidos respectivos en peso de  $80\% \pm 1\%$ ,  $10\% \pm 1\%$ ,  $5\% \pm 1\%$  y  $5\% \pm 1\%$ . Las partículas de grafito también pueden ser sustituidas por cualquier otro tipo de partículas 42 de lubricante sólido, tales como unas partículas de otras variedades alotrópicas del carbón, unas partículas de bisulfuro de molibdeno  $\text{MoS}_2$ , unas partículas de bisulfuro de tungsteno, unas partículas de plata o unas partículas de nitruro de boro.

45 Con el fin de asegurar una buena unión metálica entre la superficie esférica 3B del anillo interior 3 y la primera capa de contacto 4, la rótula 1 comprende ventajosamente una sub-capa de adhesión 6, intercalada entre la primera capa de contacto 4 y la superficie 3B. A título de ejemplo, en este modo de realización, la sub-capa de adhesión 6 es una capa de 50  $\mu\text{m}$  de grosor realizada en una aleación de níquel que tiene un contenido en níquel del orden de 55%, tal como una aleación de níquel y de aluminio o una aleación de níquel, de cromo, de aluminio y de iridio. Preferentemente, el grosor de la sub-capa de adhesión 6 está comprendido entre aproximadamente 20 y 200  $\mu\text{m}$ .

Preferentemente, la sub-capa de adhesión 6 presenta una dureza comprendida entre aproximadamente 100 y 700 Hv.

5 La dureza de la segunda capa de contacto 8, que es superior a la dureza de la primera capa de contacto 4, es superior a 700 Hv, y el grosor óptimo de esta segunda capa de contacto 8 está comprendido entre aproximadamente 1 y 10  $\mu\text{m}$ . Preferentemente, la diferencia de dureza entre la primera capa de contacto 4 y la segunda capa de contacto 8 es superior a 350 Hv.

10 La segunda capa de contacto 8 es un revestimiento obtenido, a título de ejemplo, mediante depósito de capa delgada en fase vapor (PVD). En particular, en este modo de realización, la segunda capa de contacto 8 es una capa delgada de grosor comprendido entre aproximadamente 3 y 8  $\mu\text{m}$ , que presenta una dureza superior a 1.000 Hv.

15 A título de ejemplo, la segunda capa de contacto 8 puede ser una capa delgada de nitruro de titanio, de nitruro de cromo o una capa delgada de nanocompuesto de carburo de tungsteno y de carbono Wc/C, obtenida mediante depósito de capa delgada en fase vapor (PVD) y que presenta una dureza comprendida entre aproximadamente 1.000 y 2.500 Hv. La utilización de una capa delgada de nanocompuesto de carburo de tungsteno y de carbono Wc/C como segunda capa de contacto 8 es particularmente ventajosa, en la medida en la que esta capa presenta un excelente comportamiento en fricción ya que comprende en particular unas partículas de grafito.

20 De manera ventajosa, la proporción de partículas 42 en la primera capa de contacto está adaptada de tal manera que la lubricación de la zona de contacto Z obtenida gracias a la liberación de las partículas 42 es suficiente para permitir un deslizamiento satisfactorio en la interfaz entre las capas de contacto 4 y 8. La primera capa de contacto 4 constituye, debido a su dureza inferior a la dureza de la segunda capa de contacto 8, la capa de desgaste preferencial y sacrificial durante la utilización de la rótula 1, lo cual permite una liberación progresiva de las partículas 42 de lubricante sólido a medida que se desgasta la primera capa de contacto 4. Además, como la primera capa de contacto 4 es relativamente gruesa, aumentan la seguridad y la longevidad de funcionamiento de la rótula 1.

30 Más específicamente, como se ilustra esquemáticamente en las figuras 3 a 5, la liberación progresiva de las partículas 42 de lubricante sólido por la primera capa de contacto 4 se obtiene bajo el efecto de la fricción entre las capas de contacto 4 y 8 generada por el movimiento relativo de los anillos interior 3 y exterior 7, estando este movimiento representado esquemáticamente por las flechas F de las figuras 3 a 5. La fricción entre las capas 4 y 8 provoca un desgaste en superficie de la primera capa de contacto 4. La matriz 41 en aleación de cobre constitutiva de la primera capa de contacto 4 está así ahuecada en superficie y las partículas 42 de lubricante sólido, inicialmente atrapadas en el grosor de la matriz 41 de la capa 4, se liberan progresivamente. Las partículas 42 de lubricante sólido migran hacia la zona de contacto Z, hasta formar una película 44 de lubricante sólido en esta zona, como se puede observar en la figura 5. Las partículas 42 liberadas en la zona de contacto Z permiten, cuando está presente un lubricante líquido, disminuir el coeficiente de fricción entre las capas 4 y 8. La lubricación de la zona de contacto Z está entonces asegurada conjuntamente por la presencia de lubricante líquido y por la liberación de las partículas 42. Además, en caso de falta o de ausencia de lubricante líquido durante el funcionamiento de la rótula 1, las partículas 42 permiten lubricar la zona de contacto Z y favorecen así el deslizamiento entre las capas de contacto 4 y 8, siendo este deslizamiento esencial para el funcionamiento de la rótula 1.

45 Por otra parte, es ventajoso que la primera capa de contacto 4 presente una conductividad térmica suficiente para evacuar, fuera de la zona de contacto Z, el calor debido a la fricción entre las capas de contacto 4 y 8. Preferentemente, la primera capa de contacto 4 presenta una conductividad térmica superior a  $30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Un procedimiento de fabricación de la rótula 1 de acuerdo con la invención comprende unas etapas en las que:

50 - se deposita la sub-capa de adhesión 6 sobre la superficie externa 3B esférica de los dos elementos 31 y 32 constitutivos del anillo interior 3, y después se aplica la primera capa de contacto 4 sobre la superficie 3B revestida con la sub-capa de adhesión 6. El depósito de la sub-capa de adhesión 6 y el depósito de la primera capa de contacto 4 sobre la superficie 3B del anillo interior 3 se realizan cada uno mediante un procedimiento de proyección térmica de polvo, tal como un procedimiento al arco con electrodo, plasma de arco soplado, HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) o HP-HVOF (High Pressure - High Velocity Oxy-Fuel). El depósito de las capas 6 y 4 por proyección térmica es particularmente ventajoso porque permite obtener estas capas de grosores relativamente importantes con una velocidad de depósito relativamente elevada.

60 Más específicamente, la sub-capa de adhesión 6 se forma en un primer tiempo mediante proyección de partículas de aleación de níquel constitutivo de la sub-capa 6, en el estado fundido, sobre la superficie externa 3B. La primera capa de contacto 4 se forma a continuación, mediante proyección térmica de una mezcla de partículas de la matriz en aleación de cobre 41 y de partículas 42 de lubricante sólido, en el estado fundido, sobre la superficie externa 3B revestida con la sub-capa de adhesión 6. Una vez depositadas estas capas, la forma y el estado de superficie deseados de la primera capa de contacto se obtienen mecanizando, rectificando y/o rodando la primera capa de contacto 4.

- Simultánea, previa o posteriormente a los depósitos de las capas 6 y 4 sobre el anillo interior 3, se deposita la segunda capa de contacto 8 sobre la superficie interna 7B del anillo exterior 7, utilizando por ejemplo un procedimiento de depósito de capa delgada en fase vapor (PVD).

5 Gracias a la utilización de metales o aleaciones metálicas de bajas masas volúmicas para formar los anillos interior 3 y exterior 7, la rótula ligera 1 de acuerdo con la invención presenta un peso limitado, lo cual es particularmente ventajoso para su utilización en aplicaciones aeronáuticas. Los anillos 3 y 7 pueden estar constituidos en particular por titanio, por una aleación de titanio, por aluminio o por una aleación de aluminio.

10 Además, la rótula ligera 1 presenta un comportamiento estable en funcionamiento, gracias a las capas de contacto 4 y 8 aplicadas sobre las superficies esféricas 3B y 7B de los anillos 3 y 7. En efecto, las propiedades de las primera y segunda capas de contacto 4 y 8 están optimizadas para, por un lado, reducir los fenómenos de desgaste por fricción de las superficies de contacto de los anillos 3 y 7 susceptibles de conducir al gripado de la rótula 1, estando estas superficies de contacto de los anillos formadas por las capas de contacto 4 y 8 y, por otro lado, mejorar las propiedades de deslizamiento al interfaz entre los anillos 3 y 7, de manera que se mantenga el deslizamiento relativo de estos anillos que es esencial para el funcionamiento de la rótula 1.

15 La segunda capa de contacto 8 se selecciona así con una dureza elevada y una fuerte resistencia al desgaste, mientras que la primera capa de contacto 4, que comprende en particular una matriz constituida por aleación de cobre, se selecciona con una dureza más baja y un modo de desgaste progresivo y previsible bajo el efecto de la fricción con la segunda capa de contacto 8. La primera capa de contacto 4 forma así la capa de desgaste preferencial durante el funcionamiento de la rótula 1 y suministra un carácter cómodo y sacrificial al contacto entre los anillos 3 y 7. Gracias a la fuerte resistencia al desgaste de la segunda capa de contacto 8 y al desgaste regular de la primera capa de contacto 4 durante el funcionamiento de la rótula, se reduce sustancialmente el riesgo de aparición de fenómenos de "fretting" y de transferencia de materia entre las superficies de contacto de los anillos 3 y 7, que están formados por las capas de contacto 4 y 8, y de gripado de la rótula 1. Además, como la primera capa de contacto 4 tiene un grosor relativamente importante, preferentemente comprendido entre aproximadamente 20 y 250 µm, la rótula 1 de acuerdo con la invención presenta una duración de vida mejorada con respecto a las rótulas ligeras del estado de la técnica.

20 Gracias a la liberación progresiva de las partículas 42 de lubricante sólido por la primera capa de contacto 4 durante el funcionamiento de la rótula 1, se optimizan también las propiedades de deslizamiento entre los anillos 3 y 7. La liberación de las partículas 42 por la primera capa de contacto 4 bajo el efecto de la fricción con la segunda capa de contacto 8 permite en efecto, en combinación con la presencia eventual de lubricante líquido entre las capas de contacto 4 y 8, asegurar permanentemente la lubricación de la zona de contacto Z entre los anillos 3 y 7. Como se desprende del procedimiento de fabricación de la rótula 1 descrito anteriormente, la integración de las partículas 42 de lubricante sólido en la matriz en aleación metálica de la primera capa de contacto 4 se realiza fácilmente, durante el depósito por proyección térmica de la capa 4 sobre el anillo 3.

25 Por otra parte, la construcción del anillo interior 3 en forma de dos elementos 31 y 32 de sección transversal en C hace particularmente ventajoso el depósito de la primera capa de contacto 4, que es la capa de desgaste preferencial, sobre este anillo interior. En efecto, es fácil sustituir dicho anillo interior bipartito, cuando está desgastado, por un anillo interior bipartito nuevo, sin tener que desmontar ni sustituir el anillo exterior 7, que sufre poco desgaste.

30 La invención no está limitada al ejemplo descrito y representado. En particular, según una variante no representada de la invención, se puede omitir la sub-capa de adhesión, destinada a mejorar la unión metálica entre la primera capa de contacto y la superficie del anillo sobre la cual se aplica esta capa de contacto.

35 Según otra variante no representada de la invención, el anillo interior de una rótula ligera según la invención puede ser monobloque, y no constituido por dos elementos. Además, la primera capa de contacto puede ser aplicada sobre la superficie interna del anillo exterior en lugar de la superficie externa del anillo interior, siendo la segunda capa de contacto entonces aplicada sobre la superficie externa del anillo interior. Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, cuando el anillo interior de una rótula ligera según la invención está constituido por dos elementos de sección transversal en C, es particularmente ventajoso depositar la primera capa de contacto, que es la capa de desgaste preferencial, sobre el anillo interior, de manera que es posible sustituir fácilmente un anillo interior desgastado por un anillo interior nuevo sin modificar el anillo exterior.

## REIVINDICACIONES

1. Rótula ligera (1) de articulación, del tipo que comprende un anillo interior (3) y un anillo exterior (7) metálicos, provistos respectivamente de una superficie externa (3B) y de una superficie interna (7B) esféricas, comprendiendo la rótula una primera capa de contacto (4) aplicada sobre la superficie esférica (3B) de uno (3) de los anillos y una segunda capa de contacto (8) aplicada sobre la superficie esférica (7B) del otro anillo (7), teniendo la primera capa de contacto (4) una dureza inferior a la dureza de la segunda capa de contacto (8) y un grosor superior al grosor de la segunda capa de contacto (8) y, mediante fricción con la segunda capa de contacto (8), la primera capa de contacto (4) está adaptada para liberar unas partículas (42) de lubricante sólido que forman una película (44) de lubricante sólido en una zona de contacto (Z) entre la primera capa de contacto (4) y la segunda capa de contacto (8), caracterizada porque la primera capa de contacto (4) está constituida por una aleación de cobre, de aluminio y de hierro, cuyos contenidos respectivos en peso son de  $88\% \pm 1\%$ ,  $10\% \pm 1\%$ ,  $2\% \pm 1\%$ , siendo la proporción de partículas (42) de lubricante sólido, constituidas por grafito, del orden de 30% en peso de la primera capa de contacto.
2. Rótula según la reivindicación 1, caracterizada porque la primera capa de contacto (4) comprende una matriz metálica (41) y unas partículas (42) de lubricante sólido atrapadas en la matriz (41).
3. Rótula según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizada porque cada anillo (3, 7) está constituido por un metal o por una aleación metálica de masa volúmica inferior a  $7.800 \text{ kg/m}^3$ , preferentemente inferior a  $5.000 \text{ kg/m}^3$ .
4. Rótula según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque cada anillo (3, 7) está constituido por titanio, por una aleación de titanio, por aluminio o por una aleación de aluminio.
5. Rótula según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la primera capa de contacto (4) tiene una dureza comprendida entre aproximadamente 100 y 700 Hv, mientras que la segunda capa de contacto (8) tiene una dureza superior a 700 Hv.
6. Rótula según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende una sub-capa de adhesión (6) intercalada entre la primera capa de contacto (4) y el anillo sobre el cual está aplicada la primera capa de contacto (4).
7. Rótula según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la primera capa de contacto (4) tiene un grosor de  $100 \mu\text{m}$ .
8. Rótula según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la primera capa de contacto (4) está aplicada sobre la superficie externa (3B) esférica del anillo interior (3).
9. Rótula según la reivindicación 8, caracterizada porque el anillo interior (3) está constituido por dos elementos (31, 32) que presentan cada uno, en sección transversal, sustancialmente una forma de C.
10. Rótula según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque un lubricante líquido está presente en la zona de contacto (Z).
11. Procedimiento de fabricación de una rótula (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende unas etapas en las que:
- se deposita la primera capa de contacto (4) sobre la superficie esférica (3B, 7B) de uno de los anillos (3, 7) por proyección térmica de un polvo que comprende unas partículas (42) de lubricante sólido;
  - se deposita la segunda capa de contacto (8) sobre la superficie esférica (7B, 3B) del otro anillo (7, 3).
12. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 11, caracterizado porque se deposita la segunda capa de contacto (8) sobre la superficie esférica (7B, 3B) mediante un procedimiento de depósito de capa delgada en fase vapor (PVD).

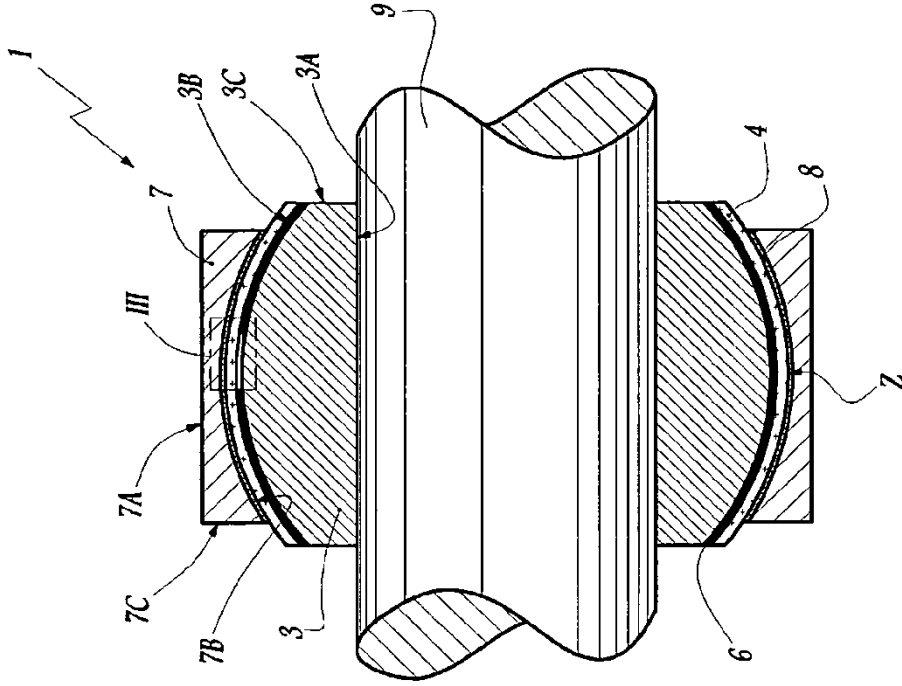


Fig. 2

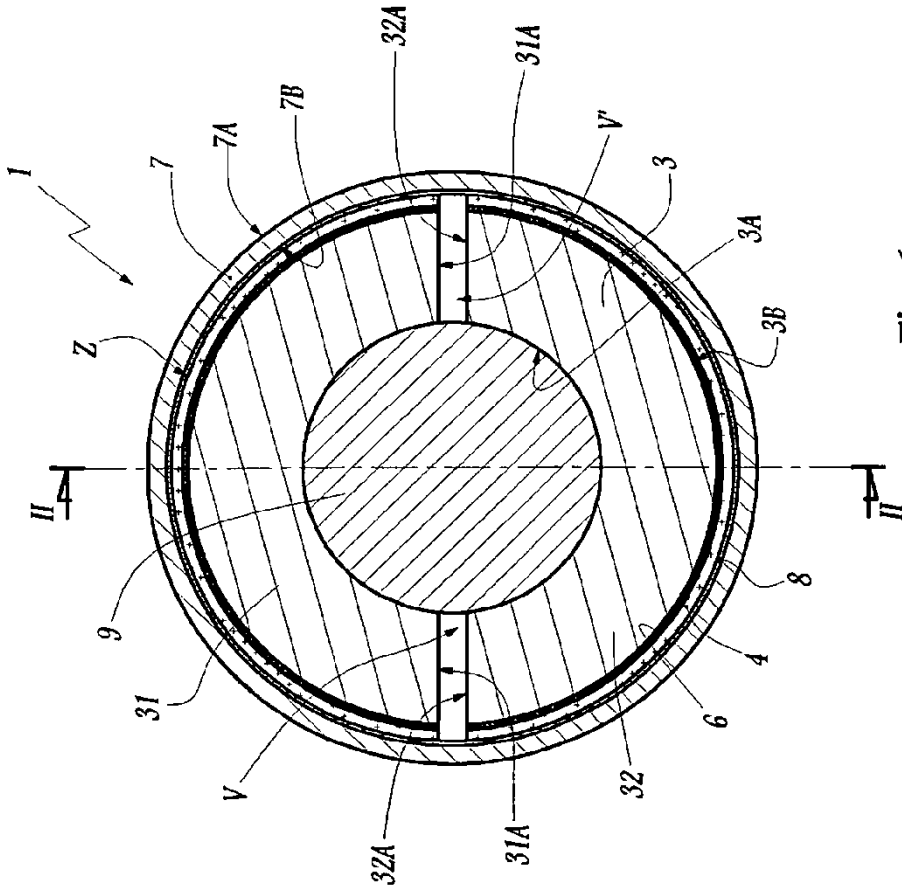


Fig. 1



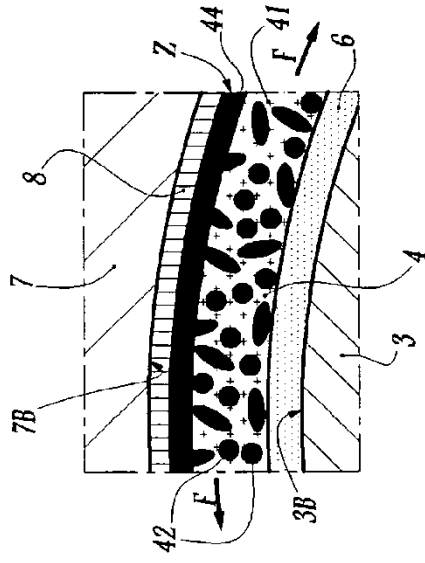


Fig.3

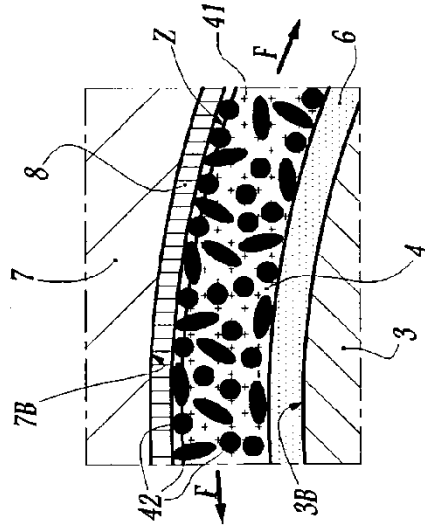


Fig.4

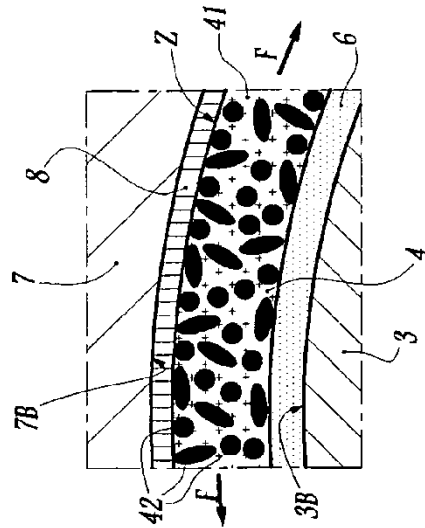


Fig.5