



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 318 528**

51 Int. Cl.:  
**C23C 4/10** (2006.01)  
**F16C 17/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05782972 .3**  
96 Fecha de presentación : **09.09.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1789601**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.05.2007**

54 Título: **Materiales de fricción/materiales tribológicos para cojinetes de película radiales y axiales.**

30 Prioridad: **17.09.2004 DE 10 2004 046 320**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.05.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.05.2009**

73 Titular/es: **BAM Bundesanstalt für  
Materialforschung und- Prüfung  
Unter den Eichen 87  
12205 Berlin, DE**

72 Inventor/es: **Woydt, Mathias**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 318 528 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).

# ES 2 318 528 T3

## DESCRIPCIÓN

Materiales de fricción/materiales tribológicos para cojinetes de película radiales y axiales.

La invención se refiere al uso de materiales deslizantes en cojinetes de película axiales y radiales.

Los cojinetes de tipo Leaf (cojinetes “Garret”) o cojinetes de superficie deslizante múltiple (bump-type) forman superficies de apoyo autoportantes y flexibles. En condiciones normales de funcionamiento soportan la carga sobre una película de aire. Como ventajas generales pueden citarse: costes reducidos, velocidades más altas, menor peso, mayor rendimiento y mejor compensación de inclinaciones y deformaciones del árbol. Durante el arranque y la parada a velocidades elevadas aparecen estados de marcha en seco entre la película y el árbol que provocan desgaste en la película y en el árbol hasta que se ha formado una película de aire. Dependiendo de la construcción y del diámetro, las revoluciones se sitúan entre 8 m/s y 15 m/s. Por ese motivo, para poder usarlos de manera segura durante mucho tiempo con hasta 100.000 procesos de arranque-parada se requieren recubrimientos resistentes al desgaste.

Los espesores de película son inferiores a  $200\text{ }\mu\text{m}$  y permiten un desgaste de sólo el 25% del espesor de la película, ya que de lo contrario se modifican las características de amortiguación. Por ese motivo también es necesario un recubrimiento del árbol en los cojinetes de película apoyados en aire, ya que los árboles de superaleaciones tales como INX-750, René41, INC909 o MA956 a  $800^{\circ}\text{C}$  tienden a la transmisión adhesiva del material (referencia bibliográfica 1) cuando se deslizan contra INX-750.

La sustitución del carburo de cromo (documento US 5,034,187) en los recubrimientos autolubricantes NASA PS200, formados por entre el 30% y el 70% de carburo de cromo, el 5% al 20% de metales preciosos blandos (Ag), el 5% al 20% de fluoruros y el 20% al 60% de aglutinante metálico, por el óxido de cromo dio lugar a los recubrimientos NASA PS300 (documento US 5,866,518), formados por el 60% al 80% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , fluoruros de los grupos I y II, Ag, Au, Pt, Pd, Rh o Cu y un aglutinante de NiCr, y estuvo condicionada por razones de costes y de procesado. La porosidad del PM212 sinterizado es del 22% en volumen. Los recubrimientos PS302 y PS321 de la NASA constituyen un concepto (del 41 al 60% en peso de NiCr, -METCO 443) que lleva una elevada porción de aglutinante.

El uso de recubrimientos autolubricantes formados por el 20 al 23% de  $\text{BaF}_2$ , el 13 al 15% de  $\text{CaF}_2$ , el 33 al 38% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  y el 25 al 33% de Ag con un aglutinante de Ni termoestable 23,5 Ni17Co12,5CrO,5Al lo presentaron por primera vez S. Niizeki *et al.* en la referencia bibliográfica 3, S. Niizeki, T. Yoshioka, H. Mizutani, H. Toyota y T. Hashimoto, Development of solid lubricants for high temperature rolling ceramic bearings (part I): Various solid lubricants based on fluoride compounds, Japanese Journal of Tribology, Vol. 40, Nº 12, 1995, págs. 1277-1287.

El coeficiente de desgaste del par INX-750/PS304 se sitúa a  $25^{\circ}\text{C}$  y  $500^{\circ}\text{C}$  en un estrecho intervalo de 1,6 a  $2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$  unido a valores PxV de 0,11 a 0,22 MPaxm/s, que la NASA determinó en un tribómetro Trust-Washer.

El factor PV o el valor PxV es el producto de la presión del cojinete por la velocidad superficial, que normalmente se indica en  $(\text{lb}/\text{in}^2) \times (\text{ft}/\text{min})$  o en unidades ISO en Paxm/s. Describe la entrada de energía mecánica en el cojinete de deslizamiento como un esfuerzo condicionado por la construcción o el máximo esfuerzo que soportan los materiales de deslizamiento. El término  $\mu\text{PV}$  es idéntico al calor generado en  $\text{W}/\text{mm}^2$ . Describe el límite entre los intervalos de desgaste alto y bajo y el valor límite PV superior al que falla el cojinete de deslizamiento. Valores PV altos significan una gran capacidad de absorción de carga por parte del cojinete.

El coeficiente de desgaste en  $[\text{mm}^3/\text{Nm}]$  más habitual en todo el mundo describe las perspectivas de desgaste de un par en determinadas condiciones de esfuerzo, aunque ninguna característica del material. Se define como el cociente del volumen de desgaste dividido entre la carga por el recorrido de deslizamiento.

Para las definiciones de los coeficientes de desgaste y del valor PxV véase: ASM handbook “Friction, Lubrication and Wear Technology”, volumen 18, octubre 1992, ISBN 0-87170-380-7 o ASTM G40-01 “Standard Terminology Relating to Wear and Erosion”.

La solicitud de patente US 5,370,719 se refiere a insertos de corte. Estos forman sistemas tribológicos abiertos. Ya que se desconoce la fuerza normal sobre el filo cortante, a partir de la anchura de las marcas de desgaste no pueden calcularse coeficientes de desgaste.

La solicitud de patente DE 195 30 517 da a conocer un (Ti,Mo)(C,N) monofásico con recubrimiento depositado sobre filos de acero (insertos de metal duro). Al entender general de un metalúrgico, un “acero” se diferencia significativamente de una superaleación a base de níquel o de cobalto.

Las solicitudes de patente sobre cermets de carburo de titanio o carbonitruro de titanio y molibdeno se refieren a herramientas de corte en las que la herramienta de corte está en continua interacción con la pieza de trabajo, entrando esta última en contacto en esencia una vez o sólo una vez. Lógicamente la pieza de trabajo no es de cermet.

El cojinete de película forma en sí mismo un sistema tribológico cerrado formado por superficies que interactúan periódicamente conforme a las condiciones de actuación, que se diferencian significativamente de las de un sistema tribológico abierto.

El documento DE 195 48 718 describe recubrimientos de óxidos autolubricantes (Lubricious Oxides, LO) para superficies de motores de combustión sometidas a esfuerzos tribológicos y lubricadas con lubricantes líquidos. Estos LO pueden precipitarse como recubrimientos o formarse mediante tribooxidación sobre superficies tales como (Ti, MO)(C, N). No se dan a conocer tipos de aglutinantes determinados. Estos LO deben sustituir a los aditivos de alta presión (EP) y a los aditivos protectores contra el desgaste (AW) así como a los agentes polímeros de mejora del índice de viscosidad en los lubricantes líquidos (aceites de motor). Por consiguiente, estos LO funcionan con rozamiento mixto/límite y/o condiciones hidrodinámicas y no en rozamiento con cuerpo sólido (marcha en seco) o a temperaturas elevadas como en los cojinetes de película.

Los documentos US 6,020,072 y US 6,017,592 dan a conocer un cojinete de rótula de marcha en seco para aplicaciones aeroespaciales de hasta 1600°C, que por razones obvias funciona a velocidades bajas ( $v < 0,5$  m/s) y por lo tanto tampoco puede formar una película aerodinámica. Mediante tribooxidación u oxidación estática se forman capas de reacción blandas sobre determinados materiales, tales como (Ti, Mo)(C, N), típicamente fases Magnéli como óxidos subestequiométricos que forman defectos de oxígeno planos definidos. Para las capas inyectadas térmicamente no se dan a conocer aglutinantes. Los sustratos de materiales compuestos están formados por SiC, HfC y C-SiC. El primero y el segundo elementos de fricción que forman el sistema tribológico cerrado (cojinete de rótula), están formados por los recubrimientos de la solicitud de patente publicada. Como recubrimiento se da a conocer también  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ , aunque sin datos sobre el comportamiento tribológico para velocidades de deslizamiento por encima de 1 m/s.

El documento US 2004/113520 da a conocer aglutinantes (Ti, Mo)(C, N)+8-20% Ni/Mo (calidades TM8, 10,20 de Sandvik Hard Materials) para motores de alto rendimiento piezoeléctricos o motores de vibración. Los sistemas tribológicos de estos motores describen de modo natural un movimiento oscilante lineal con amplitudes de oscilación inferiores a 15  $\mu$ m y frecuencias de oscilación de 20-40 kHz. La diferencia sobresaliente para los cojinetes de película radica en la potencia de fricción generada de las láminas de marcha en seco, 1.000 veces superior, y en el hecho de que los motores piezoeléctricos requieren coeficientes de fricción superiores a 0,5. Los motores piezoeléctricos no pueden formar una película aerodinámica.

El documento DE 196 40 789 da a conocer recubrimientos para aros de émbolo lubricados con lubricante líquido en máquinas motrices de combustión interna formados por el 50 al 95% en volumen de (Ti, Mo)(C, N) como fase dura y aglutinantes de Ni, Co, Fe, que están formados por ejemplo por polvos con el 59,6% en peso de  $Ti_{0,7}N_{0,3}$ , el 12,0% en peso de  $Mo_2C$  y el 28,4% en peso de Ni.

Los resultados presentados en L.-M. Berger *et al*, Hartmetallähnliche Schichten gegen Verschleiß und Korrosion, Maschinenmarkt Nº 8, 1996 sobre la resistencia al desgaste abrasivo según ASTM G-65-85 de cements y metales duros en un sistema tribológico abierto no pueden aplicarse a cojinetes de película, ya que éstos no soportan terceros cuerpos (sustancias abrasivas) o sustancias abrasivas que actúen en la superficie del cojinete de película y por consiguiente no deben estar allí presentes, en especial porque las partículas del tamaño de la hendidura del cojinete bloquean éste.

Los resultados de Skopp, A. y M. Woydt, Ceramic and Ceramic Composite Materials with Improved Friction and Wear Properties, Tribology Transactions, Vol. 38 (2), 1995, págs. 233-242 y Woydt, M., A. Skopp, I. Dörfel y K. Wittke, Wear engineering oxides/Anti-wear oxides, Tribology Transactions Vol. 42, 1999, Nº 1, págs. 21-31 y WEAR 218 (1998) 84-95 con acoplamientos deslizantes del mismo tipo y sin lubricar de TM10 ( $R_{PK}$  de los discos lisos - 0,025  $\mu$ m) hasta 800°C y 3,68 m/s no pueden tomarse en consideración, ya que se obtuvieron con (Ti, Mo)(C, N) monolíticos con un aglutinante formado por el 13% en peso de Ni y el 2% en peso de Mo.

Las fases Magnéli de  $(Ti, V)_nO_{2n-1}$  o  $(W, Mo)_nO_{3n-1}$  son inadecuadas para temperaturas ambiente en el aire por encima de 400-450°C, ya que vuelven a oxidarse para dar composiciones estequiométricas. Esto puede superarse mediante  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$  ya que es resistente a la oxidación hasta 1000°C y más.

Los recubrimientos PS30x constituyen el estado actual de la técnica de los materiales deslizantes en cojinetes de película, aunque a  $10^{-5}$  mm<sup>3</sup>/Nm manifiestan coeficientes de desgaste limitados.

Por lo tanto, el objetivo de la invención es la mejora de los sistemas tribológicos formados por un cuerpo de base y un cuerpo contrario que en condiciones de rozamiento sin lubricación están en una interacción mutua, es decir, sin lubricantes líquidos y/o grasas y/o lubricantes sólidos, y en concreto de una manera tal que les permita funcionar de modo seguro y sin dificultades en condiciones de alta temperatura y elevada velocidad con coeficientes de desgaste por debajo de  $10^{-6}$  mm<sup>3</sup>/Nm unido también a valores PV superiores a 1 Mpxm/x a altas temperaturas de hasta 1000°C.

Este objetivo se consigue mediante el sistema tribológico del género con las características específicas de la reivindicación 1 y el uso según las características de la reivindicación 20. Las restantes reivindicaciones muestran perfeccionamientos ventajosos.

Según la invención se facilita un sistema tribológico para cojinetes de película radiales y axiales, que contiene un cuerpo de base y un cuerpo contrario. Entre el cuerpo de base y el cuerpo contrario puede generarse un contacto por fricción con fricción deslizante continua, que permite la formación de una película de aire. Para el funcionamiento sin desgaste de este sistema tribológico es esencial que la superficie expuesta al contacto por fricción de como mínimo un cuerpo, o sea del cuerpo de base y/o del cuerpo contrario, contenga (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente como mínimo por zonas,  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ , con  $6 \leq n \leq 9$  y/o soluciones en fase sólida de  $TiO_2$ - $Cr_2O_3$ .

## ES 2 318 528 T3

El  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ , con  $6 \leq n \leq 9$  forma una fase discreta con defectos de oxígeno planos y constituye una solución de fases sólidas de  $TiO_2$  subestequiométrico como también  $Cr_2O_3$  y no es una mezcla de dos fases/componentes. Un polvo humectable preferido para aspersión de plasma atmosférica (APA) está formado en esencia por  $Cr_2Ti_8O_{15}$  y  $Cr_{0,46}Ti_{0,54}O_{1,77}$ , habiéndose podido detectar también  $Cr_{0,15}Ti_{0,85}O_{1,925}$ ,  $CrTi_2O_5$ ,  $Cr_2Ti_2O_7$  y  $Cr_2TiO_5$ .

El (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente contiene preferentemente del 1 al 20% de cromo. El elemento traza cromo mejora por encima de los 800°C la resistencia a la oxidación del (Ti, Mo)(C, N) en el funcionamiento continuo para aplicaciones de larga duración, ya que  $MoO_2$  y  $MoO_3$  son volátiles. El contenido de cromo no debería sobrepasar el 20% de átomos de cromo (referido a los cationes Ti, Mo y cromo). La proporción C:N de los aniones se sitúa entre 9:1 y 6:4.

Otra variante preferida prevé que haya contenido del 1 al 20% de átomos de niobio.

El aglutinante metálico se selecciona preferentemente del grupo formado por níquel, cromo, cobalto, molibdeno y niobio. El aglutinante puede estar contenido en un intervalo ponderal del 6 al 35%. Preferentemente uno de los cuerpos, o sea el cuerpo de base o el cuerpo contrario, puede contener un material monolítico de (Ti, Mo) (C, N) o estar formado completamente por éste.

De este modo, por ejemplo cermets de (Ti, Mo) (C, N) pueden transformarse directamente en láminas mediante laminación a temperaturas por encima los 700°C, con lo cual pueden evitarse los recubrimientos. Las propiedades mecánicas de (Ti, Mo) (C, N) unido al 15 al 30% en peso de NiMo permiten también la fabricación de árboles monolíticos. Las láminas y los árboles monolíticos, como elementos bifuncionales, unen tanto propiedades tribológicas como también mecánicas.

La difusividad térmica de las aleaciones a base de níquel asciende a temperatura ambiente a  $K_{RT} = 2,7$  [ $mm^2/s$ ] y aumenta a  $K_{800} = 4,5$  [ $mm^2/s$ ] a 800°C. Las de (Ti, Mo) (C, N) dependen del contenido de aglutinante si bien permanecen casi independientes de la influencia de la temperatura con valores de  $K \sim 3,90$  [ $mm^2/s$ ] y se mantienen dentro del mismo orden de magnitudes. Por consiguiente, la corriente de calor generada por el rozamiento no resulta afectada por el recubrimiento.

Las futuras aplicaciones de aleaciones a base de cobalto a 816°C, tales como Haynes 188 (UNS R30188; UNS = Unified Numbering System) con el 31 al 36,5% de cobalto o Haynes HS25 (UNS R30605;  $\sim 2,4964$ ) con el 46 al 52%, favorecerían al (Ti, Mo) (C, N) ligado al cobalto a fin de conseguir una unión metalúrgica directa de las capas térmicamente inyectadas en el sustrato.

Otra variante preferida del sistema tribológico según la invención prevé que la superficie de como mínimo un cuerpo sea un recubrimiento. Este recubrimiento contiene preferentemente  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$ . De modo alternativo, el recubrimiento puede consistir también en una solución de fase sólida de  $TiO_2$ - $Cr_2O_3$ . El recubrimiento presenta preferentemente un espesor de como mínimo  $1 \mu m$ .

En lo que respecta a la aplicación del recubrimiento no hay ningún tipo de limitación, de tal manera que pueden aplicarse todos los procedimientos apropiados que estén al estado actual de la técnica. Se citarán aquí sólo y a modo de ejemplo la precipitación física mediante vapor (PVD), la precipitación química mediante vapor (CVD) o la proyección térmica (APS).

En otro perfeccionamiento preferido, entre el cuerpo revestido y el recubrimiento puede disponerse una capa de compensación para equilibrar la tensión térmica.

Si uno de los cuerpos está revestido con los materiales anteriormente descritos o uno de los cuerpos está formado por este material monolítico, el cuerpo correspondiente puede estar revestido de óxido de aluminio. El óxido de aluminio presenta preferentemente una pureza de más del 97% en peso y un tamaño de grano  $d_{90} < 1 \mu m$ .

El óxido de aluminio de grano fino se desplaza con coeficientes de desgaste bajos frente a (Ti, Mo) (C, N) y  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ . Condicionado por anisotropías en la dilatación térmica lineal, el módulo de elasticidad y la difusividad como función de la orientación cristalográfica, los policristales son particularmente sensibles frente a las tensiones inherentes provocadas por las corrientes de calor (flujo del calor de rozamiento) cuando los granos son mayores de  $5 \mu m$ . Esto puede evitarse por medio de óxido de aluminio de grano fino. Los tamaños de grano inferiores a  $1 \mu m$  en el óxido de aluminio reducen las fuerzas que pueden generarse mediante dilatación térmica de un grano en una dirección.

Según la invención, se proporciona el uso de (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente,  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$  y/o solución en fase sólida de  $TiO_2$ - $Cr_2O_3$  para aumentar la resistencia al desgaste de cojinetes de película radiales y axiales. Los mencionados materiales pueden usarse tanto para la preparación monolítica de los cuerpos como también para el recubrimiento.

Por medio del ejemplo siguiente y de las figuras siguientes se explicará con más detalle el objeto según la invención, sin limitarlo a las formas de realización especiales que aquí se describen.

La Fig. 1 muestra, por medio de diagramas para distintas temperaturas, los coeficientes de desgaste de discos giratorios inyectados térmicamente frente a muestras estacionarias de óxido de aluminio sinterizado (99,7%) en condiciones sin lubricación ( $F_N = 10 \text{ N}$  y  $s = 5.000 \text{ m}$ ).

- 5 La Fig. 2, por medio de diagramas, representa los coeficientes de fricción de discos giratorios inyectados térmicamente frente a muestras estacionarias de óxido de aluminio sinterizado (99,7%) en condiciones sin lubricación ( $F_N = 10 \text{ N}$  y  $s = 5.000 \text{ m}$ ).

10 La elección entre (Ti, Mo) (C, N) y  $\text{Ti}_{n-2}\text{Cr}_2\text{O}_{2n-1}$  según puntos de vista tribológicos depende de las condiciones de servicio del cojinete de película. Los resultados de la Fig. 1 se consiguieron con el tribómetro descrito en M. Woydt, K.-H. Habig, High temperature tribology of ceramics, Tribology International, Vol. 22, N° 2 (1989), págs. 75-88. La Fig. 1 representa por separado para la muestra estacionaria (cojinete) y la muestra giratoria (árbol) los coeficientes de desgaste como función de la velocidad de deslizamiento (hasta 7 m/s) a cuatro temperaturas ambiente distintas en comparación con WC-CoCr y cromo duro.

15 Está bien claro que el recubrimiento  $\text{Ti}_{n-2}\text{Cr}_2\text{O}_{2n-1}$ , a pesar de las mayores rugosidades de  $R_{pk} - 0,61 \mu\text{m}$ , presenta por encima de  $600^\circ\text{C}$  y 1 m/s menores índices de desgaste, unido a índices de desgaste del óxido de aluminio por debajo de  $10^{-7} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ . En cualquier caso, debido al desgaste excesivo o muy elevado a consecuencia de la formación de  $\text{WO}_3$  volátil, a  $800^\circ\text{C}$  no pueden usarse recubrimientos de carburo de wolframio (WC con 14% en peso de CoCr, 20 WC-10Co4Cr,  $R_{pk} - 0,13 \mu\text{m}$ ). Un recubrimiento de (Ti, Mo) (C, N)-28Ni ligado a níquel con  $R_{pk} - 0,339 \mu\text{m}$  es más resistente al desgaste que el recubrimiento de (Ti, Mo) (C, N)-29Co ligado a cobalto con  $R_{pk} - 0,21 \mu\text{m}$ . Los coeficientes de desgaste representados en la Figura 2 pueden reducirse a  $E_{pk} > 0,03 \mu\text{m}$  disminuyendo la rugosidad de las muestras giratorias (árbol).

25 Los valores PV reproducidos en la Tabla 1 se calcularon basándose en los resultados determinados con el tribómetro descrito en M. Woydt, K.-H. Habig, High temperature tribology of ceramics, Tribology International, Vol. 22, N° 2 (1989), págs. 75-88. Los distintos valores PV de los recubrimientos (Ti, Mo)(C, N) dependen de la velocidad de deslizamiento. De ello se deriva que los intervalos de los valores PV indicados en la Tabla 1 cubren a cualquier temperatura las velocidades de deslizamiento de  $0,03 \text{ m/s} \leq v \leq 6 \text{ m/s}$ .

30

TABLA 1

35

40

45

50

55

60

65

Acoplamiento deslizante		Valor $P \times V$ [MPaxm/s] para $0,03 \text{ m/s} \leq v \leq 6 \text{ m/s}$		
Estacionario (cojinete; $\varepsilon = 100\%$ )	Giratorio (árbol; $\varepsilon < 100\%$ )	22 °C	400 °C	800 °C
$\text{Al}_2\text{O}_3$ (99,7% puro)	(Ti, Mo) (C, N)-29Co (HVOF)	40-120	20-60	
(Ti, Mo) (C, N) - 15NiMo (TM10)	(Ti, Mo) (C,N)-15NiMo (TM10) * $R_{pk} \sim 0,025 \mu\text{m}$	4-50	1-35	10-100
INX-750	PS304	1,7	2,94*	0,63
$\text{Al}_2\text{O}_3$ (99,4% puro)	PS300	2,88	3,25	11,6*
*500 °C; *650 °C; datos de C. Dellacorte, The effect of counterface on the tribological performance of a high temperature solid lubricant composite from 22 to 650 °C, NASA TM-107183, 1996 para PS30x calculado a partir de los resultados de la NASA con 4,91N y 1 m/s;				
* Skopp, A y M. Woydt, Ceramic and Ceramic Composite Materials with Improved Friction and Wear Properties, Tribology Transactions, Vol. 38 (2), 1995, págs. 233-242 y Woydt, M., A. Skopp, I. Dörfel y K. Wittke, Wear engineering oxides/Anti-wear oxides, Tribology Transactions Vol. 42, 199, N° 1, págs. 21-31 y WEAR 218 (1998) 84-95				

## ES 2 318 528 T3

Basándose en los resultados de desgaste que se midieron sobre dos potencias decimales de la velocidad de deslizamiento, la Fig. 1 pone de relieve que un material puede ser inadecuado para velocidades de deslizamiento bajas ( $v < 0,3$  m/s) aunque a velocidades de deslizamiento altas ( $v > 3$  m/s) presente un bajo desgaste, y a la inversa. El par de arranque del rotor constituye un criterio de selección adicional para los acoplamientos deslizantes, que viene determinado por el índice de rozamiento a la temperatura dada. El coeficiente de rozamiento permitido máximo de los acoplamientos deslizantes depende de la construcción y de las dimensiones y deberá ser inferior a 0,4, preferentemente inferior a 0,3.

La Fig. 2 muestra los coeficientes de rozamiento en condiciones secas sin lubricante conforme a las velocidades de desgaste de la Fig. 1. Los recubrimientos de (Ti, Mo) (C, N) muestran un comportamiento de rozamiento preferido. Se pone de relieve que el estado actual de la técnica referente a las herramientas de corte no cita datos de rozamiento.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Sistema tribológico para cojinetes de película radiales y axiales que contiene un cuerpo de base y un cuerpo contrario, pudiéndose formar entre el cuerpo de base y el cuerpo contrario un contacto por fricción con rozamiento deslizante continuo hasta la formación de una película de aire, **caracterizado** porque la superficie expuesta al contacto por fricción de como mínimo un cuerpo contiene, por lo menos por zonas, (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente,  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$  y/o solución en fase sólida de  $TiO_2-Cr_2O_3$ .
2. Sistema tribológico según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente contiene del 1 al 20% de átomos de cromo.
3. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque el (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente contiene del 1 al 20% de átomos de niobio.
4. Sistema tribológico según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el aglutinante metálico se selecciona del grupo formado por níquel, cromo, cobalto, molibdeno y niobio.
5. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque contiene del 6 al 35% en peso del aglutinante metálico.
6. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque como mínimo uno de los cuerpos contiene un material monolítico de (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente o está formado por él.
7. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque la superficie de como mínimo un cuerpo es un recubrimiento.
8. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque el recubrimiento contiene  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$ .
9. Sistema tribológico según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el recubrimiento contiene una solución en fase sólida de  $TiO_2-Cr_2O_3$ .
10. Sistema tribológico según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado** porque el recubrimiento presenta un grosor de como mínimo  $1 \mu m$ .
11. Sistema tribológico según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado** porque el recubrimiento se ha depositado mediante precipitación física mediante vapor (PVD), precipitación química mediante vapor (CVD), proyección térmica (APS) o HVOF.
12. Sistema tribológico según una de las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizado** porque entre el cuerpo revestido y el recubrimiento hay dispuesta una capa de compensación para equilibrar las tensiones térmicas.
13. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque uno de los cuerpos está revestido con  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$  y/o la solución en fase sólida de  $TiO_2-Cr_2O_3$  y el otro cuerpo está formado por (Ti, Mo) (C, N) monolítico ligado metálicamente.
14. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque uno de los cuerpos está revestido con óxido de aluminio.
15. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque el óxido de aluminio presenta una pureza de  $> 97\%$  en peso.
16. Sistema tribológico según una de las reivindicaciones 13 o 14, **caracterizado** porque el óxido de aluminio presenta un tamaño de grano  $d_{90}$  de  $< 1 \mu m$ .
17. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque el cuerpo de base es un semicojinete.
18. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque el cuerpo de base es una lámina.
19. Sistema tribológico según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado** porque el cuerpo contrario es un árbol de transmisión.
20. Uso de (Ti, Mo) (C, N),  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$  y/o una solución en fase sólida de  $TiO_2-Cr_2O_3$  para aumentar la resistencia al desgaste de cojinetes de película radiales y axiales.

## ES 2 318 528 T3

21. Uso según la reivindicación 20, **caracterizado** porque el cuerpo expuesto al contacto de fricción está fabricado a partir de (Ti, Mo) (C, N) ligado metálicamente,  $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$  con  $6 \leq n \leq 9$  y/o una solución en fase sólida de  $TiO_2$ - $Cr_2O_3$  y/o está recubierto con éste.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



FIG 1

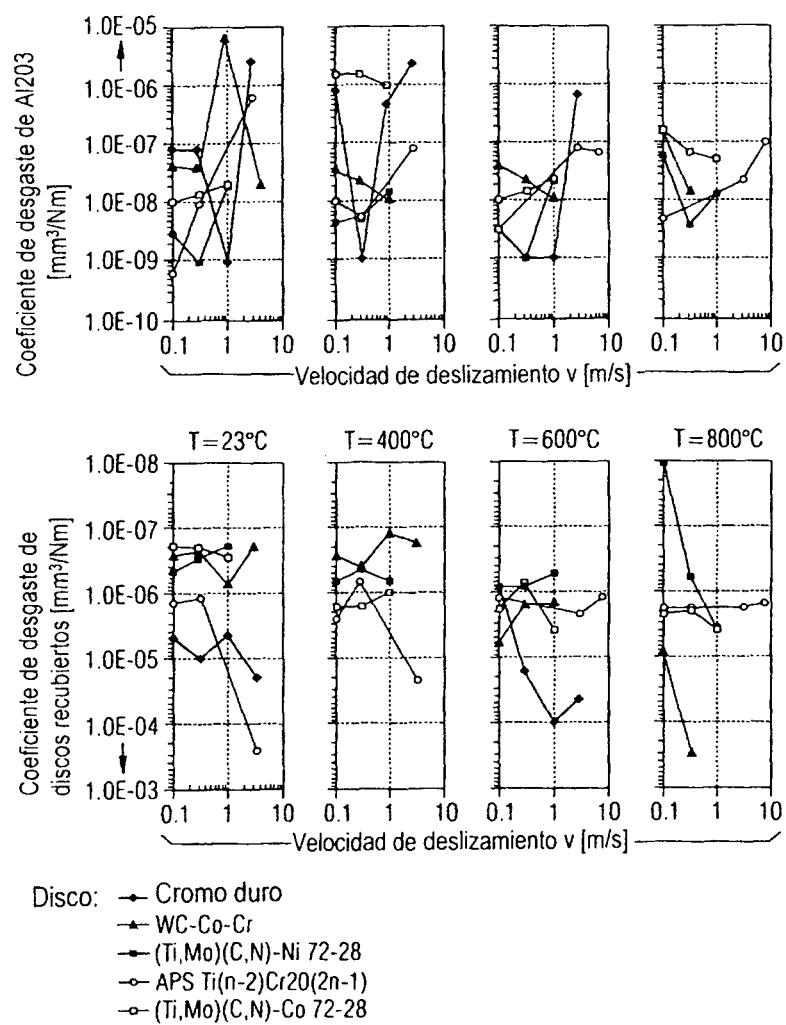


FIG 2

