



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 328 455**

51 Int. Cl.:
F16D 69/02 (2006.01)
C04B 35/573 (2006.01)
C04B 35/80 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02015845 .7**
96 Fecha de presentación : **16.07.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1382879**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.01.2004**

54

Título: **Uso de materiales de fricción para guarniciones de fricción que frotran en húmedo.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.11.2009

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.11.2009

73

Titular/es: **SGL Carbon SE**
Rheingaustrasse 182
65203 Wiesbaden, DE

72

Inventor/es: **Benitsch, Bodo y**
Grasser, Sebastian

74

Agente: **Pablos Riba, Julio de**

ES 2 328 455 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 2 328 455 T3

DESCRIPCIÓN

Uso de materiales de fricción para guarniciones de fricción que frotan en húmedo.

5 La presente invención concierne al uso de un material de fricción para guarniciones de fricción que frotan en húmedo, especialmente un forro de fricción de un embrague de fricción en húmedo, que contiene carburo de silicio reforzado por haces de fibras de carbono.

10 Los materiales compuestos o las cerámicas reforzados con fibras de carbono y dotados de una matriz que contiene SiC se caracterizan por una alta estabilidad frente a la temperatura y un pequeño desgaste. Por este motivo, son adecuadas especialmente para forros de fricción de embragues. En condiciones comparables, se alcanzan coeficientes de rozamiento sensiblemente mayores en comparación con los materiales de fricción a base de telas de fibra de carbono.

15 Por este motivo, según el documento de tipo genérico DE 199 39 545 A1, se propone que, para aumentar la resistencia al desgaste, el coeficiente de rozamiento y especialmente la estabilidad frente a la temperatura de embragues de fricción que frotan en seco, se empleen discos de embrague con forros de fricción hechos de carburo de silicio (SiC) reforzados con fibras de carbón.

20 En los llamados embragues en húmedo se evacua por medio del líquido de refrigeración, en general aceite, el calor que se origina bajo la fricción y al cual está expuesto el forro de fricción. Esto tiene la ventaja de que se reduce la carga térmica del material de fricción y se aumenta la vida útil del embrague.

25 Como consecuencia de esto, el cometido de la invención consiste en perfeccionar un material de fricción a base de carburo de silicio (SiC) reforzado con fibras de carbón de tal manera que este material sea especialmente adecuado para su empleo en guarniciones de fricción que frotan en húmedo. Asimismo, se pretende proporcionar un procedimiento barato de fabricación del material de fricción.

Este problema se resuelve mediante el uso de un material de fricción según la reivindicación 1.

30 Los poros que están unidos uno con otro y que, como consecuencia, forman un sistema de canales hacen posible, por un lado, un transporte del líquido refrigerante, especialmente del aceite, desde la superficie de fricción hasta el interior del material de fricción o hacia afuera de dicho material de fricción, con lo que se extrae calor de fricción de la superficie de fricción altamente solicitada. Por otro lado, los poros impiden la formación de una película lubricante hidrodinámica no deseada en la superficie de fricción, ya que el aceite es impulsado hacia adentro de los poros al contacto con las superficies de fricción asociadas una a otra y, como consecuencia, no puede establecerse una presión lubricante de soporte.

35 Gracias al procedimiento de fabricación del material de fricción que se explica en lo que sigue resulta evidente lo que ha de entenderse bajo el término "macroporos". Según un primer paso del procedimiento, se fabrica una estructura sustancialmente plana de tela, tejido de punto, género tricotado, napa o trenzado a base de haces o hilados de fibras de carbono, la cual se impregna seguidamente con carbono pirolítico. Seguidamente, la estructura plana impregnada se carboniza produciendo un cuerpo de C/C. El resultado es un cuerpo de C/C que presenta microporos en el carbono y macroporos generalmente unidos uno con otro entre los haces de fibras de carbono. Por tanto, los macroporos están ya contenidos en la estructura plana de haces o hilados de fibras de carbono y se conserva sustancialmente durante los pasos del procedimiento siguientes (impregnación, carbonización). Frente a esto, por microporos ha de entenderse aquí una porosidad de dimensión sustancialmente más pequeña, ya que éstos comprenden aquellos poros que se forman en el carbono después de la carbonización o que están ya presentes dentro de las distintas fibras de carbono.

50 Finalmente, se infiltra el cuerpo de C/C con silicio para formar carburo de silicio (C/C-SiC). Para lograr una rigidez y resistencia lo más altas posible del cuerpo se emplea en el estado de la técnica una cantidad de silicio que cierra de manera sustancialmente completa tanto los microporos del carbono como los macroporos formados entre los haces de fibras de carbono.

55 Sin embargo, en la fabricación del material de fricción las propiedades de resistencia y de rigidez son más bien secundarias en comparación con las propiedades de fricción, ya que los cuerpos de fricción formados a base del material de fricción se fijan casi siempre sobre cuerpos portantes, tal como ocurre, por ejemplo, con los forros de fricción de discos de embrague, en los que el forro de fricción es soportado por un disco de acero de alta resistencia.

60 La siliciación del cuerpo de C/C se realiza de tal manera que, como resultado, se obtiene un cuerpo de C/SiC o un cuerpo de C/C-SiC en el que los microporos están cerrados de manera sustancialmente completa y la porosidad del mismo asciende a más de un 8% en volumen, referido a los macroporos. El experto puede conseguir esto mediante una limitación correspondiente de la oferta de silicio durante la siliciación. Como comparación se puede aprovechar, por ejemplo, un ladrillo en el que los microporos están formados por los poros del material de arcilla calcinado y los macroporos están formados por los canales cilíndricos paralelos uno a otro que están presentes para fines de aislamiento térmico. Si se impregna este ladrillo con agua, se empapan primero los microporos, mientras que los canales permanecen de momento libres. Únicamente cuando se ha expuesto el ladrillo a una mayor cantidad de agua se encuentran también bajo agua los canales que forman macroporos. Transferido al cuerpo de C/C, esto significa que se limita la oferta de silicio de tal manera que, para garantizar una rigidez y resistencia suficientes de los forros

ES 2 328 455 T3

de fricción, se cierran de forma sustancialmente completa los macroporos del cuerpo de C/C, pero una gran parte de los macroporos que forman un sistema de canales permanece libre para lograr las ventajas mencionadas al principio respecto del transporte de calor y del comportamiento de fricción.

5 Preferiblemente, se utiliza para la infiltración con silicio una cantidad de silicio que corresponde aproximadamente al equivalente estequiométrico del carbono libre del cuerpo de C/C, es decir, del carbono que no se presenta en forma de fibras.

10 La introducción del silicio en el cuerpo de C/C, o sea, la infiltración con silicio, puede efectuarse de maneras diferentes, por ejemplo mediante una siliciación líquida, una infiltración en fase gaseosa (CVD o CVI) u otros procedimientos.

15 Preferiblemente, el procedimiento prevé que la tela, género de punto, trenzado, napa o tejido tricotado de fibras de carbono, cuyos haces de fibras están dispuestos preferiblemente de modo que resulten poros o escotaduras a manera de canales en el interior y/o en la superficie, se impregnen o se recompacten con carbono pirolítico que sea generado especialmente por carbonización de material orgánico o por la separación en fase gaseosa de carbono, y que el precurso de C/C así generado sea infiltrado con una masa fundida de silicio, convirtiéndose al menos una parte del carbono pirolítico en SiC.

20 Preferiblemente, se obtiene como forro de fricción de un embrague de fricción en húmedo un SiC o un SiSiC reforzado por medio de tela, tejido de punto, napa, género tricotado u otra estructura plana a base de fibras de carbono. Este material se denomina en lo que sigue también C/SiC. Por C/SiC ha de entenderse una cerámica compuesta de fibras de refuerzo de carbono y una matriz constituida predominantemente por SiC, así como por fases menores de Si y/o carbono.

25 El material de fricción se aplica preferiblemente como una delgada capa de fricción sobre un cuerpo de soporte y actúa entonces como forro de fricción. Como cuerpo de soporte se pueden emplear diferentes metales, prefiriéndose materiales de latón o aceros. La unión entre el forro de fricción de C/SiC y el cuerpo de soporte se realiza de la manera conocida para forros de fricción de C/C, por ejemplo por pegadura o soldadura de aporte.

30 Gracias a una clase de tejedura o de tricotado adecuada o a una geometría adecuada de los haces de fibras, así como a una cantidad y clase adecuadas de la impregnación o recompactación de la estructura plana con carbono pirolítico o polímeros de Si pirolizable y de los parámetros de siliciación, es posible ajustar la estructura de los poros y el contenido de SiC y/o Si de modo que se obtengan los coeficientes de rozamientos deseados y el comportamiento de fricción en húmedo deseado.

35 El material de fricción presenta una porosidad y una estructura de poros que pueden formar vías de flujo para líquidos. Entre los líquidos que se transportan a través de los poros del material de fricción se cuentan especialmente los aceites empleados en embragues y transmisiones, las poliolefinas y los líquidos refrigerantes orgánicos que, entre otros, contienen poliglicoles.

40 Preferiblemente, la mayoría de los poros del forro de fricción se presenta como una estructura a manera de canales que discurre en el plano de la superficie de fricción. Esta estructura conduce de manera ventajosa, durante el cierre del contacto de rozamiento entre el forro de fricción y el cuerpo antagonista, a un rápido transporte del aceite o del líquido refrigerante para alejarlo de la superficie de fricción.

45 La porosidad abierta del material de fricción asciende a más de un 8% en volumen, referido al volumen del material de fricción, preferiblemente a más de un 12% en volumen. Se prefieren especialmente valores de porosidad en el intervalo de 18 a 48% en volumen.

50 Según sea el espesor de la capa de fricción, los sistemas de poros o los canales discurren en parte dentro del material de fricción y en parte en la superficie de fricción de éste. En el último caso, los canales están abiertos hacia la superficie de fricción. A los valores de porosidad del material de fricción que se indican como preferidos no se tienen en cuenta los canales de poros que discurren hasta la superficie de fricción y que están allí abiertos.

55 Debido a la alta porosidad, el material de fricción presenta una densidad netamente más pequeña que la que es usual, por ejemplo, para forros de fricción que frotan en seco hechos de C/SiC. Las densidades están comprendidas dentro del intervalo de 1,9 a 2,5 g/cm³.

60 El SiC y/o las fases mixtas de Si y SiC (SiSiC) se encuentran de la manera típica para materiales de C/SiC en el espacio intermedio de haces de fibras contiguos, así como parcialmente entre las distintas fibras.

65 Según una ejecución ventajosa de la invención, la parte predominante del SiC y/o del SiSiC está dispuesta en los espacios intermedios formados por los haces de fibras. Preferiblemente, el SiC y/o SiSiC se presenta aquí sustancialmente en forma de partículas discretas que se inmovilizan por medio de los haces de fibras circundantes. El SiC y/o el SiSiC no forman aquí una matriz densa y continua de un material compuesto de C/SiC, sino una estructura suelta atravesada con poros o canales de poros. Esta constitución contribuye a un buen transporte del líquido a través del forro de fricción.

ES 2 328 455 T3

De manera preferida, la superficie de fricción del material de fricción está formada sustancialmente por fibras de carbono o por fibras de carbono revestidas al menos parcialmente con carbono. El SiC y/o el SiSiC están presentes solamente en una pequeña cantidad sobre la superficie de fricción en el estado descargado del material de fricción. Bajo la carga de fricción, cuando se presiona el material de fricción contra el cuerpo antagonista asociado, se comprimen los haces de fibras, con lo que el SiC y/o el SiSiC que se encuentran en los espacios interfibras sobresalen de la superficie de fricción. Como consecuencia, en este estado cargado las fuerzas de fricción son transmitidas principalmente por las partículas de SiC y/o SiSiC, con lo que se consiguen coeficientes de rozamiento altos y uniformes. En consecuencia, especialmente las partículas de SiC segregadas dentro del material de fricción conducen a altos coeficientes de rozamiento y a una elevada de resistencia al desgaste del material de fricción.

El contenido de SiC es típicamente superior a un 12% (porcentaje en masa) del material de fricción. Preferiblemente, se producen materiales de fricción con contenidos de SiC de más de un 20% y de manera especialmente preferido un material de fricción con contenidos de SiC en el intervalo de 15 a 50%. El contenido de Si libre, que se presenta en general distribuido en una fase de SiSiC, es preferiblemente inferior a un 20% (porcentaje en masas) del material de fricción y de manera especialmente preferida inferior a un 15%.

Según una realización especialmente preferible de la invención, el material de fricción contiene solamente una única capa de tela. La tela se forma aquí por medio de fibras cortadas, siendo las fibras cortadas haces, mechas o hilados que se forman por hilatura o retorcido de fibras de carbono cortadas. En esta realización se prefieren especialmente haces de fibras o hilados de fibras con sección transversal redonda. La tela se ha tricotado, tejido o trenzado con mallas grandes.

Los haces de fibras de una capa de tela se tejen, tricotan o trenzan preferiblemente de modo que se sigan en serie en la superficie, unas tras otros, unas crestas y valles de haces de fibras o hilados de fibras perpendiculares entre ellos. La tela se prepara con malla ancha de modo que, aparte de las segregaciones de SiC o de SiSiC, quede aún un volumen de poros suficiente para el transporte del líquido refrigerante o del aceite. En particular, esta clase de tejedura preferida de mallas grandes conduce a un material de fricción de C/SiC relativamente flexible que se puede comprimir también en la dirección perpendicular a la superficie de fricción. Durante el prensado del cuerpo antagonista se exprime aceite y líquido refrigerante de la superficie de fricción y las materias duras Si y/o SiC entran en contacto directo con el cuerpo antagonista.

Debido a la alta dureza de las partículas de SiC del material de fricción son adecuados especialmente como compañeros de fricción los metales duros o los materiales cerámicos. Forman parte de las cerámicas adecuadas, entre otras, las cerámicas a base de óxido de aluminio, óxido de zirconio o SiC. Usualmente, no se utilizan cuerpos antagonistas completamente cerámicos, sino cuerpos metálicos revestidos con cerámicas adecuadas.

Como compañeros de fricción se utilizan preferiblemente acero aleados.

Una constitución típica para embragues prevé disponer alternativamente varios discos de acero revestidos de material de fricción de C/SiC y varios discos de acero sencillos y combinarlos para formar un paquete de embrague. El forro de fricción presenta en esta forma de construcción coeficientes de rozamiento estáticos y dinámicos constantes en amplios trayectos.

Una aplicación típica para transmisiones prevé anillos sincronizadores provistos del material de fricción de C/SiC.

Otro aspecto concierne a un procedimiento para fabricar los materiales de fricción de C/SiC reforzados con tela de fibras de carbono. En este caso, para la producción del material compuesto de C/SiC se utiliza preferiblemente el procedimiento LSI (Liquid Silicon Infiltration - infiltración con silicio líquido). Un paso de procedimiento determinante del proceso LSI es la infiltración de un cuerpo de carbono poroso con silicio líquido, reaccionando al menos una parte del carbono con el silicio para producir SiC, con lo que se forma una matriz densa de cerámica de SiC.

El procedimiento comprende los pasos siguientes:

a) fabricación de una estructura plana de fibras de carbono por tejedura, tricotado, trenzado o deposición unidireccional de hilados de fibras, mechas de fibras o haces de fibras,

b) eventualmente, ensamble de varias capas de esta estructura, en particular con ayuda de la tecnología de los preimpregnados (RTM o prensado),

c) recompactación o impregnación de la estructura plana con carbono pirolítico, a cuyo efecto el carbono pirolítico puede depositarse a partir de la fase gaseosa o puede formarse por la carbonización de compuestos orgánicos,

d) infiltración de la estructura plana porosa de C/C con una masa fundida de silicio, por ejemplo por LPI (Liquid Polymer Infiltration - infiltración con polímero líquido), por una infiltración en fase gaseosa (CVD o CVI) o por el procedimiento LSI (Liquid Silicon Infiltration - infiltración con silicio líquido).

ES 2 328 455 T3

En el primer paso del procedimiento se prefieren estructuras planas de fibras de carbono con mallas grandes o anchas. Las fibras de carbono están orientadas aquí preferiblemente de tal manera que resulten sistemas de poros o escotaduras a manera de canales.

5 Se prefieren especialmente las telas de fibra bidireccionales o bidimensionales hechas de fibras cortadas, en donde los haces de fibras, las mechas o los hilados presentan especialmente una sección transversal lo más redonda posible. La relación de la anchura al espesor de los haces o hilados de fibras eventualmente no redondos está comprendida preferiblemente en el intervalo de 0,5 a 2, estando comprendido típicamente el número de filamentos de un haz, una mecha o un hilado en el intervalo de 1000 a 12000 monofilamentos.

10 Para la mayoría de las aplicaciones son suficientes forros de fricción de C/SiC que presenten tan sólo una única capa de tela de fibras de carbono. Sin embargo, es eventualmente posible también que varias capas, casi siempre de material de tejedura diferente, sean unidas una con otra de manera conocida, por ejemplo por la técnica de los preimpregnados. En este modo de proceder hay que prever antes de la infiltración con masa fundida de silicio un paso de carbonización en el que se descomponga el aglutinante orgánico de los preimpregnados para proporcionar carbono pirolítico.

15 En el siguiente paso del procedimiento se recompacta o impregna la estructura plana de fibras de carbono con carbono pirolítico y se forma un cuerpo de C/C. Por carbono pirolítico han de entenderse compuestos, especialmente de material orgánico, que contienen carbono, obtenidos tanto por deposición en fase gaseosa (CVD o CVI) como por descomposición térmica. Como material orgánico se utilizan preferiblemente resinas fenólicas o breas. La solución de impregnación puede contener eventualmente también sólidos a base de material de carbono, hollín o grafito. El material orgánico o la solución de impregnación se introduce en el cuerpo de fibras de carbono por medio de una impregnación en fase líquida y se carboniza sobre dicho cuerpo. Esta recompactación/carbonización puede eventualmente repetirse.

20 Preferiblemente, se realizan al menos dos recompactaciones en fase líquida. La descomposición térmica de los compuestos que contienen carbono, llamada también carbonización, se efectúa a temperaturas en el intervalo de 700°C a 1600°C. Sin embargo, es posible también calentar a temperaturas de hasta 2400°C e iniciar así la grafitización del material de carbono.

30 El carbono depositado en la recompactación o impregnación sirve en parte como una protección que protege las fibras de carbono contra el ataque del silicio líquido fundido, y en parte como reaccionante con el silicio para formar las partículas de SiC y/o SiSiC.

35 En una variante especialmente preferida del procedimiento se deposita carbono pirolítico sustancialmente sólo en el interior de la estructura plana, de modo que la capa superficial del cuerpo de fibras no está cubierta por una película de carbono. Se puede conseguir así que no se forme una capa de SiC continua o incluso densa por efecto de la siliciación. El peso por unidad de superficie del cuerpo de C/C es preferiblemente inferior a 2,2 g/cm³ y está comprendido de manera especialmente preferida en el intervalo de 1,5 a 2 g/cm³.

40 En el último paso se infiltra el cuerpo de C/C con una masa fundida de silicio. La masa fundida de silicio, además de llevar silicio, puede contener también otros metales. Entre éstos se cuentan especialmente uno o más metales del grupo de Ti, Cr, Fe, Mo, W o Cu. Se efectúa preferiblemente una adición de Cu cuando la guarnición de fricción deba exponerse a fuerzas de apriete muy grandes.

45 La proporción en masa de SiC en el material de fricción está típicamente por encima de un 15% después de la siliciación. El SiC está dispuesto aquí preferiblemente fuera de los haces de fibras y dentro de los sistemas de poros formados por la tela de fibra de carbono. Preferiblemente, al menos un 30% en volumen de todo el SiC presente en el material de fricción está dispuesto dentro de los haces o hilados de fibras de carbono.

50

55

60

65

ES 2 328 455 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Uso de un material de fricción que contiene carburo de silicio, C/C-SiC o C/SiC reforzado por haces de fibras de carbono, en donde el material presenta entre los haces de fibras de carbono y/o las fibras de carbono unos poros que están unidos al menos parcialmente entre ellos, y en donde la porosidad abierta asciende a más de un 8% en volumen, referido al volumen del material de fricción, y la densidad aparente de éste está comprendida dentro del intervalo de 1,9 a 2,5 g/cm³, para guarniciones de fricción que frotan en húmedo.
- 10 2. Uso según la reivindicación 1, en el que se utiliza un espesor inferior a 10 mm.
3. Uso según la reivindicación 1 ó 2, en el que más del 50% de los poros está presente en el plano de la superficie de fricción.
- 15 4. Uso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la relación de anchura a espesor de los haces o mechales de fibras de carbono está comprendida dentro del intervalo de 0,5 a 2,0.
- 20 5. Uso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido en masa de SiC es superior a un 15%.
- 25 6. Uso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los haces de fibras de una capa de tela están preferiblemente tejidos, tricotados o trenzados de modo que se sigan en serie en la superficie, unas tras otras, unas crestas y valles de haces de fibras o hilados de fibras perpendiculares entre ellos.
- 30 7. Uso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido en masa de SiC en espacios intermedios entre los haces de fibras de carbono asciende a más de un 10%.
8. Uso según una o más de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el material de fricción está sujeto como cuerpo de fricción sobre un cuerpo de soporte de acero.
- 35 9. Uso según una o más de las reivindicaciones 1 a 8 en embragues o transmisiones de fricción en húmedo de vehículos automóviles o para anillos sincronizadores de transmisiones.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65