

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 722 228**

51 Int. Cl.:

C22C 9/00 (2006.01)

C22C 32/00 (2006.01)

F16D 69/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2012 PCT/JP2012/058102**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012 WO12133513**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2012 E 12762964 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2692876**

54 Título: **Material de fricción sinterizado para ferrocarril de alta velocidad**

30 Prioridad:

30.03.2011 JP 2011075343

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

08.08.2019

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**ISHIMOTO, FUMIO;
KATSUKI, FUTOSHI;
ASABE, KAZUTAKA y
KANDA, OSAMU**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 722 228 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

Material de fricción sinterizado para ferrocarril de alta velocidad

Campo técnico

5 La presente invención se relaciona con un material de fricción sinterizado útil como un material de revestimiento de frenos y un material de pastilla de freno de disco para su uso en un vehículo ferrocarril de alta velocidad.

Antecedentes de la técnica

10 Viajar a una velocidad superior a los 300 km/h ha sido común en los ferrocarriles de alta velocidad del mundo, tales como el ICE alemán y el TGV francés. En Japón, cada compañía del Grupo de Ferrocarriles de Japón ha hecho grandes esfuerzos para mejorar la velocidad de viaje de la Shinkansen. Para mejorar la velocidad de viaje, son indispensables frenos que sean capaces de incluso detener trenes que viajan a alta velocidad. Concretamente en Japón donde existe un alto riesgo de desastres naturales tales como los terremotos, es esencial mejorar el rendimiento y la fiabilidad de los frenos para parar los trenes de manera fiable en una corta distancia incluso cuando el sistema de freno regenerativo esté fuera de funcionamiento.

15 Se describen diversos materiales sinterizados como materiales para su uso como materiales de revestimiento de frenos, materiales de pastillas de freno de disco, y otros (véanse los Documentos 1 a 8 de Patente). La mayoría de los materiales de revestimiento convencionales incluyendo los materiales sinterizados metálicos son producidos añadiendo partículas duras (cerámicas tales como la sílice) para ejercer una acción mecánica (una acción de raspado) y asegurar un coeficiente suficiente de fricción (referido como COF, μ), pero algunos de los materiales de revestimiento convencionales son producidos añadiendo elementos tales como el Fe a los materiales de revestimiento para mejorar el coeficiente de fricción.

20 Por ejemplo, el Documento 7 de Patente describe una invención dirigida a "un material de fricción sinterizado basado en cobre consistente de un 55 a un 80% del peso de metal de matriz y de un 20 a un 45% del peso de un componente de filtro, tal como un lubricante y un material de ajuste de fricción. El metal de matriz comprende del 0,5 al 15% del peso de polvo de estaño, del 0,1 al 30% del peso de polvo de zinc, del 5 al 25% del peso de polvo de níquel, del 5 al 25% del peso de polvo de hierro, del 0,1 al 20% del peso de acero inoxidable, comprendiendo el balance polvo de cobre. En donde

- 25
- (1) la cantidad total de polvo de hierro y de polvo de acero inoxidable es del 8 al 28% del peso, y
 - (2) el polvo de hierro es polvo de hierro electrolítico cuyo diámetro de partícula está dentro del rango de los 40 a los 150 μm , y se somete a un tratamiento de calor de entre 600 y 1200°C en una atmósfera de gas de hidrógeno o un gas de amoníaco (gas AX)"
- 30

35 La invención descrita en el Documento 7 de Patente describe que el polvo de hierro electrolítico y el polvo de acero inoxidable se usan en combinación, el componente de hierro funciona como un componente que dificulta la sinterabilidad, provocando de este modo cavidades en la vecindad del componente de hierro de la fase de matriz. Las cavidades reaccionan de manera similar con los poros en un material de fricción, o un material de molienda, y contribuye a una fricción estable durante una larga frenada.

40 El Documento 8 de Patente describe una invención dirigida a "un material de fricción sinterizado que consiste de una matriz metálica, un material de molienda, y un lubricante. La matriz comprende de un 25 a un 50% del volumen de hierro fundido, y de un 1 a un 7% del volumen de cobre". En la invención del Documento 8 de Patente, se usa un material sinterizado basado en Fe en lugar del material sinterizado convencional basado en Cu, mejorando de este modo la propiedad funcional durante la frenada a alta temperatura.

Lista de documentos de la técnica anterior

Documento 1 de patente: JP60-106932A

Documento 2 de patente: JP2-109131A

Documento 3 de patente: JP3-10857A

45 Documento 4 de patente: JP6-68091A

Documento 5 de patente: JP6-45837A

Documento 6 de patente: JP7-65132A

Documento 7 de patente: JP2006-16680A

Documento 8 de patente: JP2007-126738A

El documento de los EE.UU. 3 191 278 A describe una composición de material de fricción que comprende –en % del peso – del 50% al 80% de cobre; del 5% al 15% de grafito; hasta el 20% de hierro, preferiblemente el 9,5%; hasta el 6% de disulfuro de molibdeno, preferiblemente el 4%; hasta un 5% de sílice, preferiblemente el 3,5%.

5 El documento de los EE.UU. 2 408 430 A describe una composición de material de fricción que comprende: –en % del peso – del 60% al 75% de cobre; el 3-10% de grafito; el 4-10% de hierro; el 3-12% de disulfuro de molibdeno; y el 2-7% de sílice.

El documento de los EE.UU. 2009/008210 A1 describe una composición de material de fricción para “trenes modernos” que comprende – en % del peso – el 50,0% de cobre, el 10,0% de hierro, el 9,0% de grafito, el 4,5% de disulfuro de molibdeno, y un 1,5% de óxido de silicio.

10 Descripción de la invención

Problemas a ser resueltos por la invención

15 Cualquier composición y estructura de material de revestimiento no fueron diseñados en base a la sujeción de un mecanismo de deslizamiento entre un disco de freno y un revestimiento en ninguna de las técnicas anteriores, en las cuales el diseño se hizo de manera empírica. Un mecanismo para ejercer una fuerza de frenado mediante una acción de raspado de partículas duras no parece ser aplicable al diseño del material de fricción para ferrocarriles de alta velocidad que viajan a 350 km/h o más, lo que genera un problema de seguridad. Además, se supone que una mayor potencia de frenado obtenida mediante la acción de raspado de partículas duras requiere una mayor cantidad de partículas duras, y resulta en un aumento significativo en los costes de producción.

20 En la invención del Documento 7 de Patente, como se muestra en la Tabla 1 en el Ejemplo, el contenido en cobre no excede el 41% de la masa del material sinterizado completo, y por consiguiente no se puede asegurar una suficiente conductividad térmica. En la invención del Documento 8 de Patente, se usa un material sinterizado basado en hierro que contiene más hierro que cobre, y este material es similar al material de un miembro de oposición, tal como un disco de freno; por lo tanto la cantidad de desgaste al frenar resulta extremadamente grande.

25 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un material de fricción sinterizado para ferrocarriles de alta velocidad que tienen un alto COF, y una resistencia al desgaste excelente contra un material de acero de un miembro de oposición (por ejemplo un disco de freno).

Medios para solucionar los problemas

30 Los presentes inventores han estudiado concretamente sobre el material de fricción sinterizado incluido en un revestimiento usado para un disco hecho de acero forjado o acero fundido. Los presentes inventores han confirmado que en caso de que el revestimiento comprenda polvo de Fe, el revestimiento y el disco opuesto se adhieren el uno al otro a través de la reacción del hierro en ambos materiales de fricción. Esto produce un gran COF. Dicho efecto que aumenta la adhesión entre metales de composiciones similares, o entre metales eutécticos durante el frenado es bien conocido como el “efecto del contacto de metales de composición similar” en el campo de la tribología y no se considera favorable para productos mecánicos debido al agarrotamiento. Por otro lado, se encontró que la adición de hierro en un material de metal aumenta el COF. Dicha fuerte fricción alcanza la temperatura durante el frenado y deteriora la resistencia al desgaste.

40 Los presentes inventores han realizado diversos estudios para solucionar los problemas convencionales anteriores, y como consecuencia han encontrado que la adición de la cantidad apropiada de hierro en un material de fricción aumenta de manera apropiada el COF y la adopción de cobre a la fase metálica básica evita el aumento excesivo de la temperatura provocado por la adición del hierro debido a la conductividad térmica. Esto resulta en la mejora de la estabilidad de la potencia de frenado a mayores temperaturas.

45 Las Figuras 1, 2 y 3 descritas en el EJEMPLO 1 muestran las relaciones entre un COF medio y un valor de Fe/Cu en una condición de la prueba de frenado a 160, 325, y 365 km/h respectivamente. En las figuras, los símbolos “O”, “◇” y “□” muestran los datos de los materiales sinterizados a 950, 1030 y 1030°C respectivamente. La composición química de los materiales se muestra en la Tabla 1 de los Ejemplos descritos más adelante.

50 Como se muestra en la Fig. 1, en el caso de la prueba a 160km/h, el COF promedio aumenta con el aumento del valor de Fe/Cu. Como se muestra en la Fig. 2, sin embargo, en el caso de la prueba a 325km/h, el COF promedio tiende a ser menor cuando el valor de Fe/Cu resulta mayor. Como se muestra en la Fig. 3, en el caso de la prueba a 365km/h, el COF promedio resulta significativamente menor en una región del valor de Fe/Cu. Como se muestra en las figuras, se entiende que con un aumento en el valor del Fe/Cu el COF promedio aumentó a 160 km/h. Pero que con un aumento en el valor de Fe/Cu el COF promedio disminuyó a 350 km/h que es la velocidad máxima esperada de los ferrocarriles de alta velocidad del futuro. Por consiguiente un valor de Fe/Cu demasiado grande más bien deteriora el COF promedio y resulta en una potencia de frenado menor.

55 En base a las recomendaciones anteriores se ha hecho la presente invención. La esencia de la presente invención está descrita mediante un material de pastilla de freno de disco en los siguientes pasos (A) a (D).

- 5 (A) Un material de pastilla de freno de disco hecha de un material de fricción sinterizado para un ferrocarril de alta velocidad que contiene, en % de masa, un 7,5% o más de Fe, un 50% o más de Cu, entre un 5 y un 15% de grafito, entre un 0,3 y un 7% de disulfuro de molibdeno, y entre un 0,5 y un 10% de sílice, en donde Fe/Cu es de entre el 0,15 y el 0,40, en donde la relación entre la cantidad promedio de desgaste (denotada por una "M") y el COF promedio (denotado por una "F") del material de fricción sinterizado satisface la fórmula a:

$$M \leq 38,2 \times F + 0,345$$

que se obtiene mediante la prueba de desgaste que tiene los pasos:

preparar cuatro parejas de piezas de revestimiento que tienen cada una 55 mm de longitud, una anchura de 38 mm, y un espesor de 15 mm;

- 10 colocar las cuatro parejas de piezas de revestimiento sobre el disco de freno hecho de un acero que tiene un diámetro exterior de 400 mm, y un espesor de 20 mm, donde las cuatro parejas de piezas de revestimiento se colocan en posiciones de 170 mm que se extienden de manera radial desde el centro del disco de freno a intervalos constantes en una dirección axial rotacional del disco de freno; e

- 15 imprimir las cuatro parejas de piezas de revestimiento en ambas superficies del disco de freno con una carga de 2,24 kN para frenar una rueda que gira a una velocidad inicial de 365 km/h,

en donde el material de fricción sinterizado se sinteriza a una temperatura mayor de 1000°C.

(B) El material de la pastilla de freno de disco para un ferrocarril de alta velocidad según (A), en donde se usa polvo de cascara de laminación como polvo de Fe.

- 20 (C) El material de la pastilla de freno de disco para un ferrocarril de alta velocidad según (A) o (B), en donde el material de fricción sinterizado tiene una densidad de 4,6 o más.

(D) El uso del material de fricción sinterizado para una pastilla de freno de disco según cualquiera de entre (A) a (C) para un ferrocarril de alta velocidad que viaja a una velocidad superior a los 300 km/h.

Efectos ventajosos de la invención

- 25 El material de fricción sinterizado para un ferrocarril de alta velocidad de la presente invención muestra una gran potencia de frenado y es excelente en cuanto a la estabilidad de la potencia de frenado a altas temperaturas. Por consiguiente, el material de fricción sinterizado para un ferrocarril de alta velocidad de la presente invención es adecuado para el revestimiento de los frenos para un ferrocarril de alta velocidad en el que se requiere la máxima potencia de frenado de entre los diversos vehículos de transporte, por ejemplo.

Breve descripción de los dibujos

- 30 La Figura 1 muestra una relación entre el coeficiente promedio de fricción y el valor de Fe/Cu en una prueba a 160 km/h.
La Figura 2 muestra una relación entre el coeficiente promedio de fricción y el valor de Fe/Cu en una prueba a 325 km/h.
La Figura 3 muestra una relación entre el coeficiente promedio de fricción y el valor de Fe/Cu en una prueba a 365 km/h.
La Figura 4 muestra una relación entre la cantidad promedio de desgaste y el valor de Fe/Cu en una prueba a 160 km/h.
La Figura 5 muestra una relación entre la cantidad promedio de desgaste y el valor de Fe/Cu en una prueba a 325 km/h.
35 La Figura 6 muestra una relación entre la cantidad promedio de desgaste y el valor de Fe/Cu en una prueba a 365 km/h.
La Figura 7 muestra la relación entre la cantidad promedio de desgaste y el coeficiente promedio de fricción en una prueba a 365 km/h.

Modo de llevar a cabo la invención

- 40 De aquí en adelante, se proporcionará una descripción de la realización de la presente invención mediante el uso de un ejemplo en el cual se aplica el material de fricción sinterizado de la presente invención al revestimiento del freno. Cada componente contenido en el material de fricción sinterizado se relaciona el uno con el otro, e influye el uno con el otro en su propiedad de fricción; por lo tanto, no es siempre apropiado discutir de manera individual la razón para limitar cada componente, pero se proporcionará a continuación una razón general para cada limitación. El signo de porcentaje "%" para cada componente denota el "% de masa" en la siguiente descripción.

45

1. Material de metal

Cu: 50% o más

5 El Cu es un elemento que tiene una gran conductividad térmica, y sirve como un metal de base del material de fricción sinterizado en la presente invención. Para obtener un cuerpo sinterizado de Cu, el contenido de Cu debería ser del 50% o más. El límite superior del contenido de Cu se puede definir en relación con los componentes aditivos, y no está limitado a especificar uno, pero es preferiblemente del 67% o menor.

Fe: 7,5% o más

10 El Fe es un elemento que muestra el “efecto de contacto de metal de similar composición” más significativo en relación a un disco de acero. Para ejercer este efecto, el contenido de Fe debería ser del 7,5% o mayor. El contenido de Fe no tiene un límite superior específico, pero el contenido de Fe excesivo puede deteriorar la resistencia al desgaste en caso de una temperatura de sinterización inadecuada. Por lo tanto, es preferible establecer el contenido de Fe para que sea del 63% o menor.

15 Un contenido de Fe insuficiente en relación con el contenido de Cu puede proporcionar un COF insuficiente, o provocar un deterioro de la resistencia al desgaste. Por lo tanto, la relación de masa entre el Fe y el Cu (Fe/Cu) debería ser del 0,15 o más. Por otro lado, un excesivo Fe/Cu probablemente provoque la salida de partículas de Fe, que a su vez deterioran el COF. Por consiguiente, el Fe/Cu se establece para ser de 0,4 o menos. Es preferible establecer el Fe/Cu para ser del 0,36 o menor.

20 Con el fin de lograr la sinterabilidad preferible, o para dispersar uniformemente el Fe que domina la fuerza de fricción, es preferible usar polvo de Fe que tenga un diámetro de partícula de 45 µm o menor como materia prima del material de fricción sinterizado. El polvo de Fe que tiene un diámetro de partícula demasiado pequeño aumenta su área de superficie por unidad de volumen, para que las partículas probablemente resulten aglomeradas, lo cual deteriora tanto la sinterabilidad como la dispersión uniforme; por tanto es preferible establecer el diámetro de la partícula en 5 µm o más.

25 En la invención descrita en el Documento 7 de Patente, se usa polvo de Fe previamente sometido a un tratamiento de calor en una atmósfera de gas de hidrógeno o gas de amoníaco (gas AX), y el polvo de Fe tratado de esta manera dificulta la sinterabilidad, como se describe en el Documento 7 de Patente. Por consiguiente, es preferible usar polvo de cascara de laminación como el polvo de Fe a ser añadido como materia prima del material de fricción sinterizado, en lugar del polvo de Fe tratado de esta manera.

30 Se puede emplear cualquier componente en la matriz de metal incluido en el material de fricción sinterizado siempre que el componente contenga una cantidad predeterminada de Fe y Cu. Por ejemplo, se pueden contener elementos distintos del Fe y el Cu, tales como el Cr y el Mo, en adición del Fe y el Cu para mejorar la resistencia.

2. Otros aditivos

Grafito: del 5 al 15%

35 El grafito resulta útil para suprimir la adhesión entre un disco y un revestimiento, y mejorar la estabilización del COF y la resistencia al desgaste si se dispone grafito entre el disco y el revestimiento. El contenido de grafito debería exceder el 5% para obtener este efecto. Por otro lado, el contenido del mismo de más del 15% deteriora la resistencia material del cuerpo sinterizado.

Disulfuro de molibdeno: del 0,3 al 7%

40 El disulfuro de molibdeno (MoS₂) es útil para la estabilización del COF y la mejora de la resistencia al desgaste, de manera similar al grafito, y tiene el efecto de evitar el así llamado “ruido de freno”, y también tiene el efecto de proporcionar lubricidad en caso de una alta carga. Estos efectos no se pueden ejercer si el contenido de MoS₂ es menor que el 0,3%. El contenido de MoS₂ de más del 7% deteriora de manera significativa la resistencia del material del cuerpo sinterizado, y dificulta la resistencia del revestimiento.

Sílice: del 0,5 al 10%

45 La sílice (SiO₂) es efectiva para eliminar la capa de óxido generada sobre la superficie del disco del miembro de oposición mediante un así llamado “efecto raspado”, y genera de manera estable la adhesión entre el disco y el revestimiento, asegurando de este modo la fuerza de fricción. Un contenido de SiO₂ de menos del 0,5% no consigue ningún efecto raspado, y un contenido del mismo de más del 10% por el contrario daña y hace más áspera la superficie del disco.

50 El material de fricción sinterizado puede incluir los diversos componentes anteriores. Pueden estar contenidos también diversos componentes distintos de los componentes anteriormente mencionados que se añaden normalmente al material de fricción sinterizado. Por ejemplo, puede haber contenido un componente lubricante tal como el disulfuro de tungsteno, el bismuto y el antimonio, y un compuesto como la alúmina, la mullita, el nitruro de

silicio y la arena de circonio. El material de fricción sinterizado de la presente invención tiene preferiblemente una densidad de 4,6 o más para conseguir una resistencia suficiente.

3. Método de producción de material de fricción sinterizado

5 El material de fricción sinterizado de la presente invención puede ser producido mediante un método de producción general, por ejemplo, mezclando polvo de Fe y diversos aditivos con polvo de Cu, y compactándolos y sinterizándolos. En lugar de mezclar los polvos de Cu y Fe, puede usarse polvo de aleación de Fe-Cu producido por atomización o similar

10 La adición de polvo de Fe al polvo de Cu permite que la fase de Fe, que tiene un riesgo de aumento de temperatura durante el frenado, participe en la fase de Cu que presenta una alta conductividad térmica, para que sea posible mejorar la estabilidad del frenado a altas temperaturas, y para reforzar la fase de Cu al mismo tiempo, mejorando de este modo la resistencia al desgaste.

15 En un revestimiento para una vía férrea de alta velocidad, la superficie de la misma llega a derretirse debido al calor de la fricción durante el frenado. Esto implica que el revestimiento se calienta aproximadamente hasta el punto de fusión del Cu que tiene el menor punto de fusión (1083°C) de entre las partículas que constituyen el revestimiento durante el frenado. Las características del desgaste del cuerpo sinterizado están influenciadas por la fuerza del cuello del cuerpo sinterizado, y si la diferencia en la expansión térmica entre las partículas es grande, el cuerpo sinterizado se puede romper debido a la distorsión provocada por la expansión térmica no homogénea. En la presente invención, se usan partículas de Fe y partículas de Cu que tienen una gran diferencia en la expansión térmica (el coeficiente de expansión térmica a una temperatura ambiente es de $11,7 \times 10^{-6}$ /°C para el Fe, y $16,5 \times 10^{-6}$ /°C para el Cu). Por lo tanto, es efectivo establecer la temperatura de sinterización tan próxima al punto de fusión del Cu como sea posible, y es preferible establecer esta temperatura por encima de los 1000°C.

20 Esta configuración permite a la estructura del cuerpo sinterizado resistir a la distorsión provocada por la expansión térmica durante el frenado, mejorando de este modo la resistencia al desgaste. Mientras tanto, la sinterización a una temperatura excesivamente alta no produce ningún efecto proporcional al coste. Por consiguiente, es preferible establecer el límite superior de la temperatura de sinterización a 1083°C que no excede el punto de fusión del Cu.

25 El cuerpo sinterizado producido se corta en un tamaño predeterminado mediante una mecanización de descarga eléctrica común, y se monta en un sistema de frenado para ser usado como revestimiento de frenado.

Ejemplo 1

30 Después de mezclar los polvos de materia prima mostrados en la Tabla 1, los materiales fueron sinterizados mediante el proceso mostrado en la Tabla 1. La resistencia, dureza, y densidad de cada material de fricción sinterizado producido fueron medidas con el siguiente método. El resultado del mismo se describe también en la Tabla 2. Del polvo de materia prima, se usó el CE-15 de Fukuda Metal Foil & Powder Co. LTD (polvo de cobre electrolítico, diámetro de partícula máximo de 75 µm) como Cu, se usó el ASC300 de Höganäs AB (polvo de cascara de laminación, restaurado, diámetro de partícula máximo de 45 µm) como Fe, se usó el CRE03PB de Japan Pure Chemical Co., Ltd. (diámetro de partícula máximo de 63 µm) como Cr, se usó el MOE02PB de Japan Pure Chemical Co., Ltd. (diámetro de partícula máximo de 63 µm) como Mo, se usó el SGP-100 de SEC Carbon Ltd. (grafito artificial plano, diámetro de partícula promedio de 120 µm) como grafito, se usó el 010-51125 de Kishida Chemical Co., Ltd. como MoS₂ y se usó el SIO08PB de Japan Pure Chemical Co., Ltd. (diámetro de partícula promedio de 4 µm) como SiO₂, respectivamente.

40 <Resistencia>

En conformidad con la JIS R1601:2008, se prepararon las muestras de prueba mostradas en la Figura 2 de "5,1 Forma y Dimensión de la Muestra de Prueba" de "5. Muestra de Prueba", y se midió la resistencia usando una plantilla para la prueba de flexión de tres puntos giratorios que se muestra en la Figura 1a de "4.2 Plantilla de Prueba" de "4. Aparato e implementación".

45 <Dureza>

Se midió la dureza de Micro Vickers (carga de 50 g, MHv de 50) para la dureza. No se realizó ninguna medición de la dureza en las muestras N° 2, y 4.

<Densidad>

La medición de la densidad se realizó con el método de Arquímedes.

50 El resultado de cada medición se muestra en la Tabla 2.

[Tabla 1]

Tabla 1

N°	Composición química (% de masa)							Fe/Cu	Temperaturas de sinterización (°C)	observaciones
	Cu	Fe	Cr	Mo	grafito	MoS ₂	SiO ₂			
1	50,0	27,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,540	950	Ejemplo comparativo
2	55,0	22,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,400	950	Ejemplos comparativos
3	60,0	17,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,280	950	
4	65,0	12,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,185	950	
5	70,0	7,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,100	950	Ejemplo comparativo
6	50,0	27,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,540	1.000	Ejemplo comparativo
7	57,0	20,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,351	1.000	Ejemplos comparativos
8	62,0	15,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,242	1.000	
9	67,0	10,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,149	1.000	Ejemplo comparativo
10	50,0	27,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,540	1.030	Ejemplo comparativo
11	60,0	17,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,283	1.030	Ejemplo de la presente invención
12	50,0	7,0	7,5	1,0	12,5	1,5	0,5	0,100	1.030	Ejemplo comparativo

*significa que no alcanza el rango reivindicado

[Tabla 2]

5

Tabla 2

N°	Resistencia a la flexión (MPa)	Dureza (MHv50)	Densidad (g/cm ³)	observaciones
1	59,6	89,2	4,9	Ejemplo comparativo
2	68,3	-	4,9	Ejemplos comparativos
3	66,6	87,8	4,8	
4	65,4	-	4,9	
5	74,0	87,6	4,9	Ejemplo comparativo
6	55,3	87,5	4,9	Ejemplo comparativo
7	62,4	85,5	4,9	Ejemplos comparativos
8	67,5	86,9	5,0	
9	77,0	85,6	5,1	Ejemplo comparativo
10	37,1	86,3	4,9	Ejemplo comparativo
11	47,9	85,6	5,0	Ejemplo de la presente invención
12	55,7	85,2	5,1	Ejemplo comparativo

El coeficiente de fricción y la cantidad de desgaste se midieron en cada material de fricción sinterizado de acuerdo con el siguiente método.

<Coeficiente de Fricción>

Se usó un equipo de prueba de rendimiento con un disco de freno (diámetro exterior de 400 mm, espesor de 20 mm, hecho de acero forjado) que es la mitad del tamaño de un cuerpo real (Shinkansen). La prueba se realizó en cada material de fricción sinterizado tres veces a velocidades iniciales de 160, 325, y 365 km/h. Se fijaron rígidamente (estructura no isobárica) cuatro piezas del material de revestimiento (38 mm x 55 mm x 15 mm) cortado a partir de cada material de fricción sinterizado sobre la superficie de cada calibrador, esto es, se fijaron en total ocho piezas de material de revestimiento sobre ambas superficies de los calibradores, y estas piezas de material de revestimiento fueron empujadas con una carga de 2,24kN (constante) contra ambas superficies del disco en las posiciones que se extienden radialmente 170 mm desde el centro del disco, y en este estado, se midió el par de torsión para calcular el COF (μ) para cada material de fricción sinterizado; y cada valor promedio de los tres ensayos anteriores de la prueba se muestra en la Tabla 3. La cantidad de desgaste (g / cada superficie) para cada material de fricción sinterizado fue medido en base a la diferencia de peso del material de revestimiento antes y después de la prueba, y cada valor promedio de los tres ensayos anteriores de la prueba se muestran también en la Tabla 3. Se evaluó la relación entre la cantidad promedio de desgaste y el COF promedio en la prueba a 365 km/h. El resultado del mismo se muestra en la tabla 3. La relación entre los resultados anteriores y el valor de Fe/Cu se muestra en las Fig. 1 a 7.

El valor objetivo para el COF promedio en la prueba a la velocidad inicial de 365 km/h es de 0,28 o más. En relación con el COF promedio, se requiere el objetivo para la cantidad promedio de desgaste en la misma prueba para satisfacer la relación: $M \leq 38,2 \times F + 0,345$ (donde "M" denota la cantidad promedio de desgaste, y "F" denota el COF promedio): El caso de satisfacción de esta relación es denotado por el símbolo "O", y el caso de no satisfacción de esta relación es denotado por el símbolo "x". El valor objetivo anterior para la cantidad promedio de desgaste se definió en base a lo siguiente: que si la cantidad promedio de desgaste es pequeña, la fuerza de presión (fuerza de carga) se puede aumentar incluso con un COF promedio bajo, asegurando de este modo una potencia de frenado; y si el COF promedio es alto aunque la cantidad de desgaste sea grande, se puede asegurar una potencia de frenado suficiente incluso con una pequeña fuerza de presión (fuerza de carga).

[Tabla 3]

Tabla3

Nº	Coeficiente de fricción promedio μ			Cantidad de desgaste promedio (g/ cada superficie)			evaluación	observaciones
	160km/h	325km/h	365km/h	160km/h	325km/h	365km/h		
1	0,351	0,289	0,278	0,78	8,00	14,30	x	Ejemplo comparativo
2	0,349	0,298	0,294	0,85	7,38	9,72	O	Ejemplos comparativos
3	0,351	0,301	0,303	1,40	7,50	11,92	O	
4	0,334	0,278	0,390	1,50	9,10	11,43	O	
5	0,307	0,266	0,276	1,65	12,42	16,77	x	Ejemplo comparativo
6	0,411	0,320	0,315	0,79	6,22	13,65	x	Ejemplo comparativo
7	0,382	0,335	0,332	0,80	7,20	12,00	O	Ejemplos comparativos
8	0,368	0,323	0,359	1,50	8,30	10,50	O	
9	0,364	0,271	0,310	0,70	13,50	16,20	x	Ejemplo comparativo
10	0,447	0,360	0,327	0,95	9,48	19,37	x	Ejemplo comparativo
11	0,392	0,371	0,369	1,53	8,05	14,45	O	Ejemplo de la presente invención
12	0,317	0,287	0,275	1,65	18,45	26,75	x	Ejemplo comparativo

5 Como se muestra en la Tabla 3, y las Fig. 1 a 7, en el Ejemplo Inventivo de la presente invención (N° 11), se puede obtener un gran COF promedio incluso a 365 km/h en cada caso, y se puede obtener también una cantidad suficientemente pequeña de desgaste en relación con el COF promedio; por tanto se podrá obtener dicho rendimiento. Esto es suficiente preferiblemente para su uso como material de fricción sinterizado para un ferrocarril de alta velocidad. Por el contrario, el Ejemplo Comparativo (N° 1, 5, 6, 9, 10, y 12) no se podría usar como el material de fricción sinterizado para un ferrocarril de alta velocidad ya que los COF promedios fueron demasiado pequeños (N° 1, 5, y 12), o las cantidades promedio de desgaste fueron demasiado grandes (N° 6, 9, y 10).

Aplicabilidad industrial

10 El material de fricción sinterizado de la presente invención muestra una alta potencia de frenado, y es excelente en cuanto a la estabilidad de la potencia de frenado a alta temperatura. Por consiguiente, el material de fricción sinterizado de la presente invención es adecuado para un revestimiento de freno de un ferrocarril de alta velocidad en el que se requiere la mayor potencia de frenado de entre los diversos vehículos de transporte, por ejemplo.

15

REIVINDICACIONES

5 1. Un material de pastilla de freno de disco hecha de un material de fricción sinterizado para un ferrocarril de alta velocidad que contiene, en % de masa, un 7,5% o más de Fe, un 50% o más de Cu, de entre un 5 a un 15% de grafito, de entre un 0,3 a un 7% de disulfuro de molibdeno, y de entre un 0,5 a un 10% de sílice, en donde Fe/Cu es de entre 0,15 a 0,40.

en donde la relación entre una cantidad promedio de desgaste M y un coeficiente promedio de fricción F del material de fricción sinterizado satisface la fórmula: $M \leq 38,2 \times F + 0,345$ que se obtiene mediante una prueba de desgaste que tiene los pasos:

10 preparar cuatro parejas de piezas de revestimiento cada una teniendo una longitud de 55 mm, una anchura de 38 mm, y un espesor de 15 mm;

colocar las cuatro parejas de piezas de revestimiento en los discos de freno hechos de acero forjado teniendo un diámetro exterior de 400 mm, y un espesor de 20 mm, donde las cuatro parejas de piezas de revestimiento se colocan en posiciones de 170 mm que se extienden de manera radial desde el centro del disco de freno a intervalos constantes en una dirección axial rotacional del disco de freno; e

15 imprimir las cuatro parejas de piezas de revestimiento en ambas superficies del disco de freno con una carga de 2,24 kN para frenar una rueda que gira con una velocidad inicial de 365 km/h,

en donde el material de fricción sinterizado se sinteriza a una temperatura mayor a los 1000°C.

2. El material de la pastilla de freno de disco para un ferrocarril de alta velocidad según la reivindicación 1, en donde se usa polvo de cascara de laminación como polvo de Fe.

20 3. El material de la pastilla de freno de disco para un ferrocarril de alta velocidad según la reivindicación 1 o 2, en donde el material de fricción sinterizado tiene una densidad de 4,6 o más.

4. El uso de material de fricción sinterizado para una pastilla de freno de disco según cualquiera de las reivindicaciones anteriores para un ferrocarril de alta velocidad que viaje a una velocidad superior a los 300 km/h.

25

FIG.1

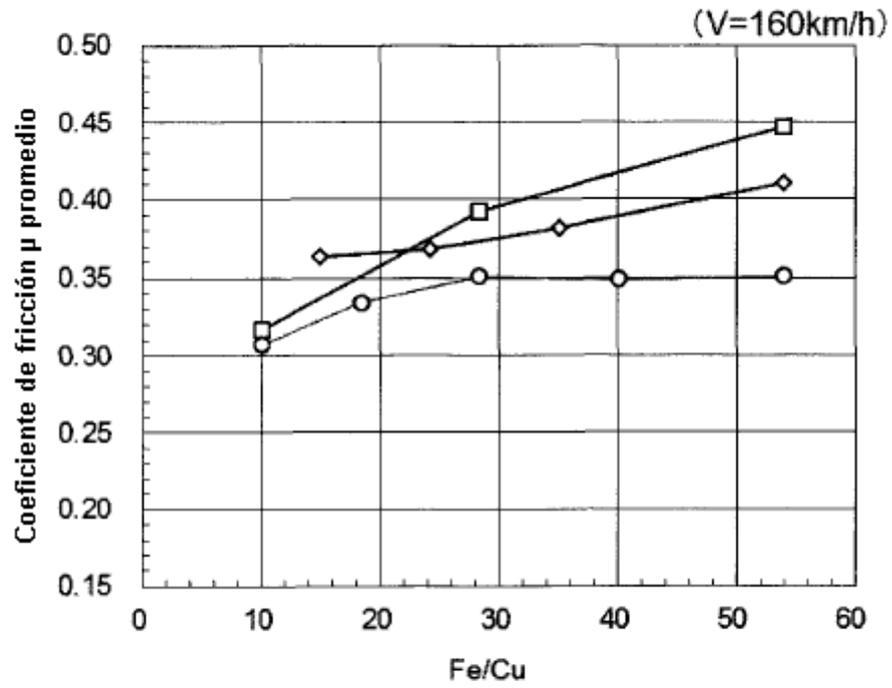


FIG.2

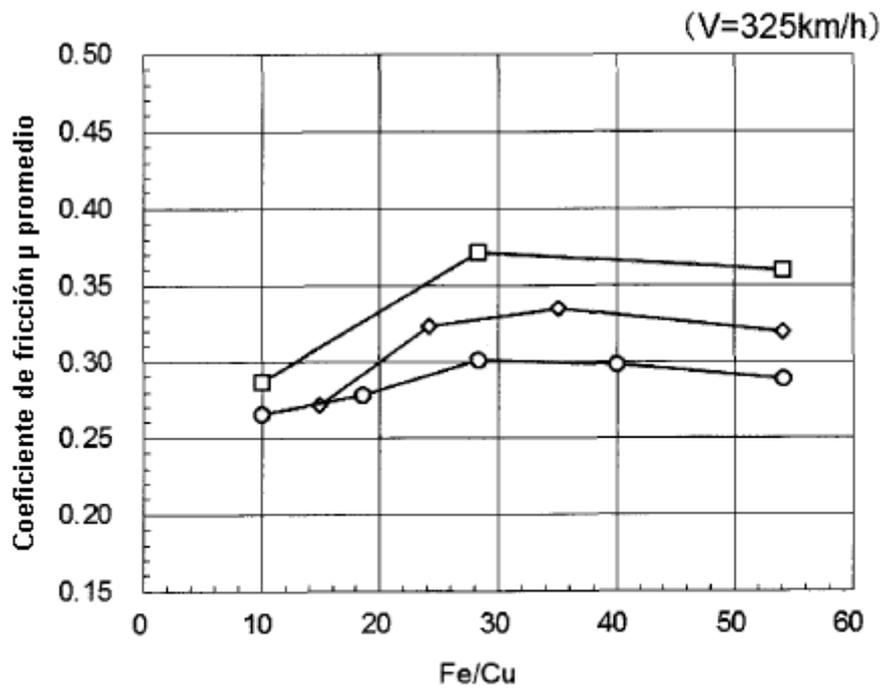


FIG.3

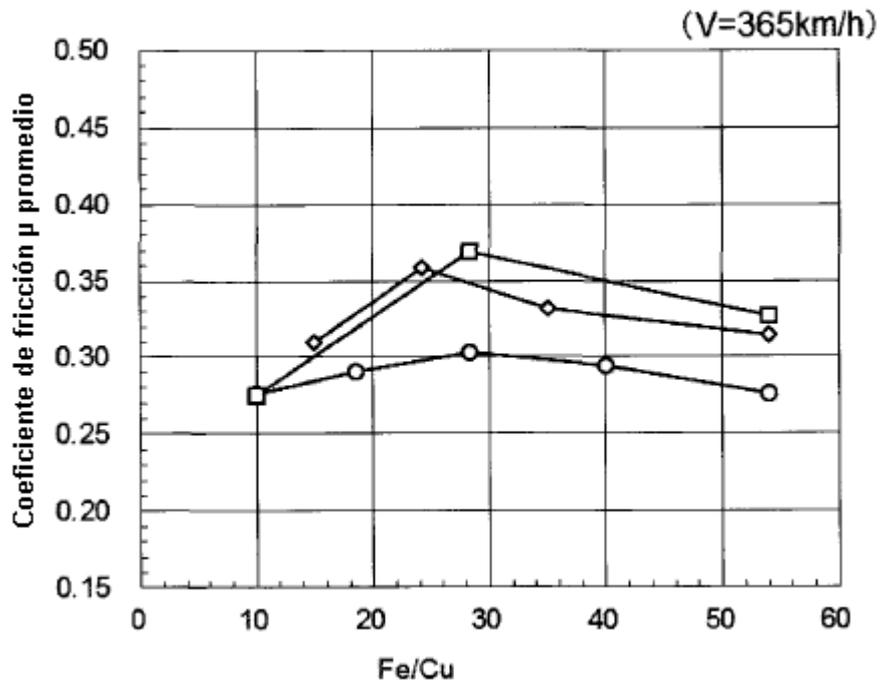


FIG.4

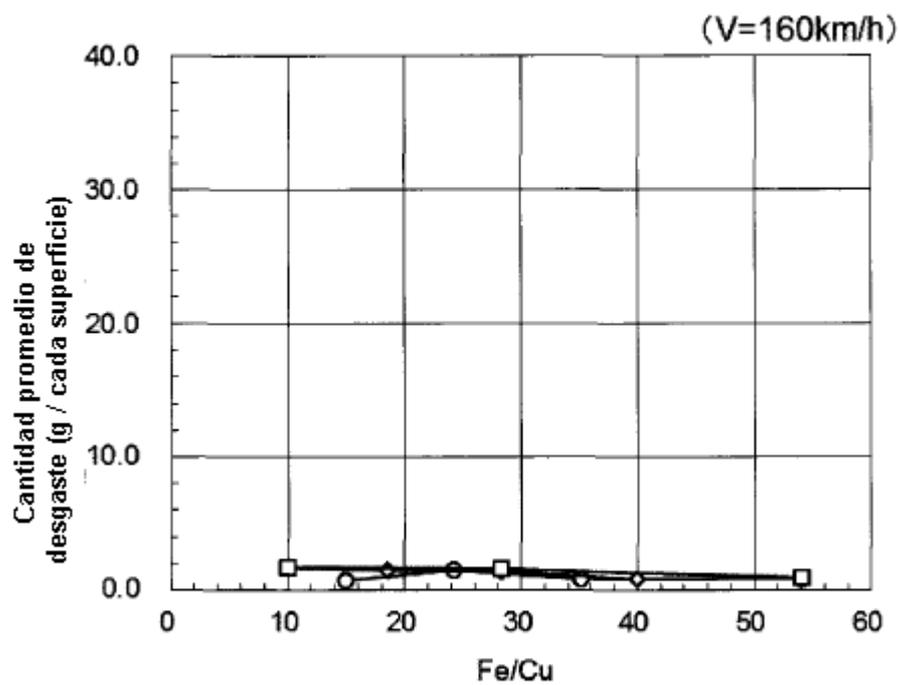


FIG.5

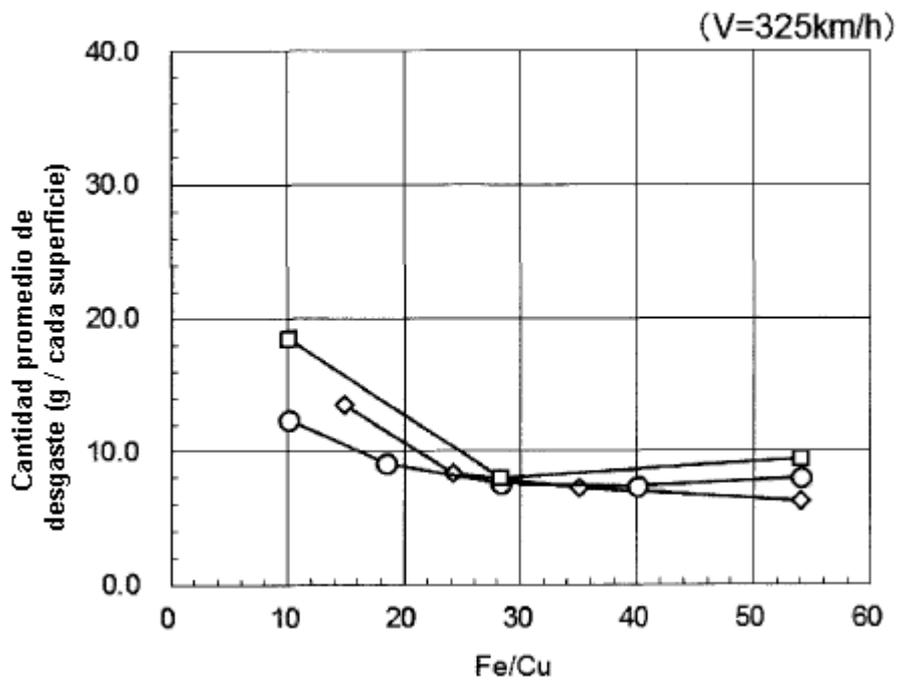


FIG.6

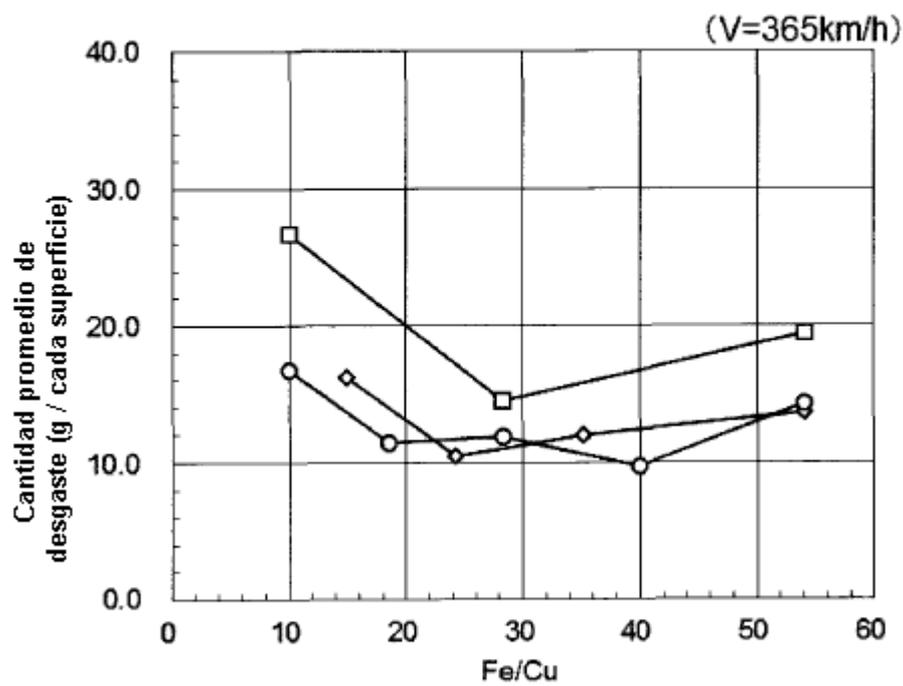


FIG.7

