

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 205**

51 Int. Cl.:

C23C 8/02 (2006.01)

C23C 8/34 (2006.01)

F16D 65/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2020 PCT/EP2020/078469**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.04.2021 WO21069695**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2020 E 20790249 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2024 EP 4041929**

54 Título: **Procedimiento para producir discos de freno de hierro fundido con alta resistencia a la corrosión y al desgaste**

30 Prioridad:

09.10.2019 US 201962912891 P

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

29.10.2024

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,
PFÄFFIKON (100.0%)
Churerstrasse 120
8808 Pfäffikon, CH**

72 Inventor/es:

**HEINECKE, ROLF;
AROSIO, FRANCO y
LANGE, INGO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 984 205 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

Procedimiento para producir discos de freno de hierro fundido con alta resistencia a la corrosión y al desgaste

5 La invención se refiere a un procedimiento para producir una superficie de fundición mecanizada o de fundición gris, en particular en un disco de freno, con mayor resistencia al desgaste y a la corrosión, según la parte genérica de la reivindicación 1. Además, la invención se refiere a un uso particular de un procedimiento de chorro de agua específicamente ajustado según la parte genérica de la reivindicación 7 y un disco de freno especial según la parte genérica de la reivindicación 8.

10

Antecedentes técnicos

15 La modificación del estado de la superficie de componentes de hierro fundido, como los discos de freno, por ejemplo, puede combinar las propiedades ventajosas del hierro fundido como material de núcleo, como la "colabilidad", la asequibilidad, la buena conducción térmica, la estabilidad suficiente a altas temperaturas con las propiedades avanzadas del recubrimiento, como la mejora de la corrosión y la resistencia al desgaste del componente.

20 Los requisitos técnicos reales del mercado de discos de freno, por encima de los ya conocidos, son proporcionar un componente con una resistencia a la corrosión duradera al tiempo que se reducen las emisiones de partículas al medio ambiente que son la consecuencia inevitable del procedimiento de frenado y el desgaste del material de base que forma el disco de freno. Esto se debe a que la principal fuente de emisiones de partículas en un automóvil eléctrico ya no es el motor, sino que es producida por los frenos.

25 Una de las soluciones de vanguardia para mejorar la resistencia al desgaste de los discos de freno es un producto conocido como el llamado "iDisc™". El iDisc™ es un disco de freno de un conocido proveedor automovilístico alemán. Las superficies de fricción de este iDisc™ están recubiertas (normalmente recubiertas por pulverización) por una capa a base de carburo de tungsteno como recubrimiento superior en la superficie de frenado.

30 Sin embargo, esta solución es bastante cara y no proporciona una resistencia a la corrosión completamente satisfactoria, al menos no a largo plazo.

35 Esto se debe principalmente a la alta carga térmica impuesta al disco de freno durante el procedimiento de frenado, donde los diferentes coeficientes de expansión térmica de los materiales utilizados, como el hierro fundido y el recubrimiento superior, causan grietas en el recubrimiento. Estas grietas son el punto de partida de una corrosión, que se desarrolla como una "subcorrosión" del material base que finalmente causa la delaminación del recubrimiento.

40 Con el fin de superar el problema de la delaminación de los recubrimientos aplicados mediante un procedimiento de pulverización térmica sobre las superficies de fricción de los discos de freno hechos de hierro fundido o aluminio fundido, el documento DE 10 2014 004616 A1 describe que las superficies de fricción se hacen rugosas antes del recubrimiento, preferentemente mediante el uso de un procedimiento mecánico, por ejemplo, mediante chorro de arena, chorro de agua a alta presión o mediante el uso de una herramienta de corte que preferentemente crea rebajes. El procedimiento de rugosidad aplicado conduce a una mejor unión mecánica entre el recubrimiento y el sustrato y, por lo tanto, a una mayor adhesión del recubrimiento. En el documento DE 10 2014 004616 A1 también se describe que una capa intermedia, en particular una aleación a base de Ni, se puede aplicar entre el material base del disco de freno y la capa antidesgaste como una capa de adhesión o anticorrosión. Uno de los inconvenientes del procedimiento descrito en el documento DE 10 2014 004616 A1 es que la superficie así rugosa conduce a una superficie más rugosa después de la pulverización, lo que requiere un tratamiento posterior de la superficie pulverizada. Otro inconveniente es que las inclusiones de grafito presentes en las cavidades abiertas por la rugosidad todavía están presentes en las cavidades después del procedimiento de rugosidad. Se considera que estas inclusiones de grafito sirven como puntos de partida para la corrosión.

55 Soluciones alternativas, como los procedimientos de modificación de la superficie (en lugar de proporcionar recubrimiento), incluyen nitruración, carbonitruración o carbonitruración más oxidación del sustrato por difusión de nitrógeno (N) y/o carbono (C) y/u oxígeno (O) en el material base. Tales procedimientos se denominan, por ejemplo, nitrocarburo por gas (GNC - *gas nitrocarburizing*), nitrocarburo ferrítico (FNC - *ferritic nitrocarburizing*) o simplemente procedimientos de nitruración. Estos procedimientos proporcionan las mismas o incluso mejores propiedades del material del sustrato al aumentar su resistencia al desgaste y a la corrosión. La ventaja de dichos procedimientos no conduce a una deposición de la capa de recubrimiento de área que podría ser propensa a delaminación.

60

Por esa razón, dichos procedimientos de nitruración, carbonitruración o carbonitruración y oxidación son una cuestión de elección para mejorar no solo el desgaste sino también la resistencia a la corrosión de los discos de freno.

Debido a los ciclos de conducción significativamente diferentes de los vehículos eléctricos modernos, existe una demanda creciente para mejorar la resistencia a la corrosión. En un vehículo eléctrico moderno, independientemente de si se trata de un vehículo híbrido o totalmente eléctrico, el disco de freno se frena en seco con mucha menos frecuencia en el tráfico urbano en condiciones húmedas que en un vehículo con un motor de combustión interna clásico. Esto se debe a que la mayor parte de la potencia de frenado de un vehículo eléctrico se proporciona mediante la recuperación, es decir, mediante el propio motor eléctrico, con poco o ningún uso de los frenos.

El documento US 2011/297495 A1 describe que las escamas de grafito incrustadas en el hierro fundido en la superficie de fricción pueden ser sitios de iniciación para la corrosión del hierro fundido, lo que conduce a un desgaste indeseablemente rápido de la superficie de fricción. Para aumentar la vida útil de un miembro giratorio nitrocarburado del freno del vehículo, el documento US 2011/297495 A1 propone que antes de nitrocarburar la superficie de fricción, las escamas de grafito se pueden eliminar mediante procedimientos mecánicos como, por ejemplo, chorro de arena, granallado, pulido y combinaciones de los mismos. El uso de procedimientos mecánicos como se describe causa el depósito de materiales sólidos en las cavidades de las que se han eliminado las escamas de grafito o en la superficie de fricción antes del recubrimiento. Esta contaminación con residuos de arena o arenilla requiere, por un lado, un procedimiento de limpieza adicional antes del recubrimiento y, por otro lado, conlleva riesgos de deslaminación local del recubrimiento o un mayor desgaste durante la operación si el procedimiento de limpieza no elimina todos los residuos.

El documento US 2014/0360820 A1 describe que el grafito puede eliminarse de un rotor de disco formado por hierro fundido que contiene grafito, para su uso, por ejemplo, en un freno de disco de un vehículo, utilizando un tratamiento de limpieza química a través de inmersión en sal fundida antes de laminar una capa de nitruro y una capa de oxinitruro en la superficie a través de un tratamiento de nitrocarburo de gas. En este caso, el tratamiento de limpieza química a través de inmersión en sal fundida puede conducir a depósitos de ceniza y/o agente de limpieza en las cavidades.

Esto muestra que los procedimientos de eliminación de grafito descritos en los documentos US 2011/297495 A1 y US 2014/0360820 A1 causan el depósito de material de granallado sólido o cenizas en las cavidades. Si estos depósitos se desprenden durante el frenado, las pequeñas grietas creadas en la superficie recubierta actúan como sitios de iniciación para la corrosión.

Lo anterior muestra que la demanda de discos de freno con resistencia a la corrosión mejorada no puede satisfacerse suficientemente mediante dichos procedimientos de nitruración, carbonitruración o carbonitruración más oxidación, incluso si se realizan procedimientos de la técnica anterior para eliminar el grafito antes de aplicar los procedimientos de recubrimiento mencionados.

Sin embargo, las pinturas o "recubrimientos" inhibidores de la corrosión, como la pintura UV, las pinturas de Zn o Zn/Al, pueden funcionar bien en estas nuevas condiciones (ejemplo, 120h en la prueba de pulverización de sal DIN EN ISO 9227), pero se desgastan fácilmente en un par de procedimientos de frenado y, por lo tanto, no ofrecen una superficie de frenado libre de corrosión.

Objeto de la invención

Un objeto de la invención es proporcionar una superficie de hierro fundido y especialmente una superficie de hierro fundido gris, en particular una parte del disco de freno, con una resistencia a la corrosión adicionalmente mejorada.

Solución de la invención

Según la presente invención, este objetivo se cumple mediante el siguiente procedimiento para producir una superficie de fundición mecanizada o de fundición gris, en particular para un disco de freno, con mayor resistencia al desgaste y a la corrosión:

Los inventores han detectado que un tratamiento de chorro de agua particular de dicha superficie de hierro fundido o de hierro fundido gris, generalmente según el llamado procedimiento de chorro de fluido ya conocido *per se*, es capaz de mejorar drásticamente la resistencia a la corrosión si se elige un ajuste especial del tratamiento de chorro de agua. Según la invención, el chorro de agua se ajusta de modo que limpie completa o al menos parcialmente (si parcialmente = reduce) la inclusión de grafito presente en las cavidades de la estructura metálica de fundición básica que se han abierto mediante el mecanizado. Eso significa que el grafito no alcanza ni emerge más en la superficie. Típicamente, dicha inclusión de grafito está presente en forma de láminas de grafito o bolas de grafito.

En lo sucesivo, se aplica una capa de difusión mediante nitrocarburo y se aplica una capa de óxido sobre la capa de difusión, ambas como se conoce anteriormente en el estado de la técnica. La clave del éxito que los inventores se han dado cuenta es la siguiente:

La inclusión de grafito está presente en las cavidades de la estructura metálica de fundición básica que se han abierto por la corrosión de los combustibles de mecanizado siempre que se extienda directamente hacia el área donde se encuentran la zona de difusión, creada por nitrocarburoción y el material de fundición básico subyacente no afectado.

5 Aunque aún están pendientes investigaciones más detalladas, se supone que se produce una constelación electroquímica desfavorable en esta zona de contacto triple, que promueve una corrosión rápida, en el sentido más amplio, a la manera de un elemento eléctrico local.

Los inventores han descubierto que la corrosión comienza mucho más lentamente cuando las cavidades cortadas de la superficie de fundición ya no contienen grafito o contienen tan poco grafito que el nivel de grafito (el borde del "volumen" de grafito) en la cavidad respectiva, visto en la dirección del núcleo del componente, está muy por debajo de la capa de difusión creada por carbonitruración.

15 La característica "mucho más abajo" puede considerarse al menos como suficientemente cumplida si, predominante o esencialmente, el número completo de cavidades, o al menos el cuarto superior, o mejor el tercio superior de las cavidades se libera esencialmente de su carga de grafito nativo. La práctica muestra que, en este caso, la presencia de grafito se mantiene lo suficientemente distante de la capa de difusión y la superficie, lo que reduce decisivamente el procedimiento de corrosión al retrasar y ralentizar el comienzo del procedimiento de corrosión.

20 Aquí se utilizan dos efectos técnicos.

En el caso de cavidades más grandes, es decir, las que tienen anchuras de hueco relativamente grandes, la eliminación suficiente del grafito contenido originalmente también conduce a la formación de una capa de difusión durante la nitrocarburoción dentro de la cavidad. Dicha capa de difusión se extiende por las paredes laterales de la cavidad en la dirección de su fondo. Esto significa que las paredes laterales de la cavidad también reciben una protección contra la corrosión en la medida en que la capa de difusión se extiende hacia abajo.

30 Los inventores han descubierto que la corrosión puede retrasarse significativamente si se permite que la capa de difusión alcance una profundidad suficiente en la cavidad. Se han dado cuenta de que es importante que la capa de difusión llegue a un área por debajo de la profundidad a la que se produce la difusión a partir de la superficie exterior del disco de freno que rodea la cavidad, por ejemplo, a partir de la superficie de fricción real del freno de disco. Esto solo es posible si y en la medida en que la cavidad ya no esté llena de grafito.

35 Para cavidades más pequeñas, es decir, aquellas con anchuras de hueco relativamente estrechas, se añade otro efecto. En el transcurso de la nitrocarburoción, hay, como ya se ha mencionado, una difusión de material también en las superficies que forman las paredes laterales de la cavidad. Esto hace que el material en la zona de difusión se expanda en volumen hasta cierto punto. Como resultado, como todas las cavidades, las cavidades con anchuras de espacio estrechas se vuelven más estrechas. En el caso de las cavidades que son inherentemente estrechas, sin embargo, esto tiene el efecto de que casi se cierran y, por lo tanto, impiden o ralentizan decisivamente la penetración de líquido que causa el inicio del procedimiento de corrosión.

45 Estos dos mecanismos conducen así a un retraso decisivo en la corrosión. Sin embargo, esto sólo puede lograrse si las cavidades están suficientemente y más profundamente liberadas del grafito inicialmente presente en ellas. La eliminación superficial del grafito de las cavidades no ayuda aquí, ya que la corrosión se extendería muy rápidamente desde estas cavidades al entorno circundante, donde comienza su trabajo destructivo.

El procedimiento de chorro de agua pulsado *per se* ya está en el estado de la técnica. El chorro de agua pulsado se conoce a partir del documento EP2741862B.

50 Lo que no se sabía hasta ahora es que el procedimiento de chorro de agua pulsado es, con los ajustes de parámetros adecuados, una herramienta que permite una eliminación de grafito altamente efectiva y selectiva de las cavidades que se han cortado mediante mecanizado o chorro de arena en una superficie de hierro fundido, esencialmente sin ninguna influencia perjudicial para la estructura metálica de la fundición básica circundante. Además, hasta ahora no se sabía ni se esperaba que una eliminación de grafito más que insignificante de las cavidades abiertas mejorara drásticamente la resistencia a la corrosión.

En esta etapa, el procedimiento inventivo, en la medida en que se aplica a los discos de freno, se puede resumir en otras palabras:

60 En primer lugar, se realiza una fundición y, preferentemente, un giro fino del disco de freno de hierro fundido; en el caso específico, se utiliza preferentemente hierro fundido laminar (también llamado hierro gris).

Esto proporciona las dimensiones y la geometría correctas del producto terminado.

A continuación se lleva a cabo un procesamiento con chorro de agua pulsado, con especial atención a las superficies relevantes para la corrosión. En este punto, es importante comprender que las cavidades que contienen el grafito no solo se pueden cortar o abrir mediante mecanizado o torneado, sino también mediante chorro de arena. Por lo tanto, 5 puede ser útil tratar las superficies de frenado, la circunferencia interior y la circunferencia exterior o los canales de ventilación con el chorro de agua. Esto reducirá drásticamente la cantidad de laminillas de grafito que emergen hasta la superficie y, por lo tanto, aumentará los rendimientos de nitrocarburation adicionales.

La nitrocarburation por gas y/o plasma con postoxidación proporcionará un mayor rendimiento mecánico y de 10 corrosión.

El acabado del disco de freno se puede realizar a continuación: marcado y/o etiquetado, equilibrado, control dimensional y de calidad.

15 No es posible enseñar un conjunto de parámetros generales listo para iniciar el procedimiento de chorro de agua pulsado, sin embargo, puede ser la naturaleza de la superficie de hierro fundido a tratar. La forma en que los conjuntos de parámetros deben ajustarse para producir el efecto inventivo con respecto a la superficie de fundición individual debe descubrirse individualmente realizando algunas pruebas de aplicación simples y el posterior análisis del resultado de la prueba. Esto radica en la naturaleza de las cosas.

20 Los principales parámetros a sintonizar incluyen la frecuencia del pulso, que varía de 10 kHz a 50 kHz, preferiblemente a aproximadamente 20 kHz, la presión del chorro de agua, entre 550 y 800 bar, preferiblemente entre 600 y 700 bar, con una distancia preferida de 30-70 mm a la superficie, velocidad entre 500 y 1200 mm/s y un desplazamiento entre 2 y 10 mm.

25 En el caso específico de la activación de la superficie antes del procedimiento de nitrocarburation con gas, se ha descubierto que algunos parámetros específicos son más relevantes, como el diámetro de boquilla, típicamente $< 0 \leq 3$ mm y el ángulo, de 0 a 45°, la apertura juega un papel importante, afectando directamente el flujo general de agua que afecta la efectividad del tratamiento. El proceso con chorro de agua pulsado tiene como objetivo -y está ajustado 30 en consecuencia- no erosionar idealmente ningún grano de metal de perlita y/o ferrita alfa, sino solo erosionar el grafito presente de forma nativa en las cavidades, también llamados "aglomerados de carbono" (en forma de láminas y/o glóbulos y/o vermiculares mixtos).

El procedimiento tiene que dejar la superficie lo más lisa posible, idealmente sin afectar o esencialmente sin afectar la 35 rugosidad (Ra y Rz) con la excepción de los espacios vacíos de grafito.

Se necesita una baja rugosidad para dar el coeficiente de fricción requerido (como soluciones de vanguardia), de hecho, la tribología correcta se entrega como una combinación de adhesión y abrasión, y requiere un alto contacto superficial sin micropicos (alta rugosidad) que afectaría negativamente al componente de adhesión de la fricción.

40 Además, se prefiere un fenómeno adhesivo en el caso de las capas de recubrimiento, prolongando la vida útil del producto.

Una capa abrasiva proporcionada por un material de almohadilla ultraduro solo reduciría el desgaste de ambos 45 componentes (disco y almohadillas), lo que no proporcionaría mejoras efectivas con respecto a la condición del estado de la técnica.

Los espacios vacíos mencionados que quedan del grafito se cerrarán parcialmente durante la nitruración y/o carbonitruración de gas y/o plasma (por ejemplo, IONIT G Ox), suavizando aún más la superficie.

50 Para la nitrocarburation y posterior oxidación se utiliza preferentemente el procedimiento bien descrito en EP0753599B1. El procedimiento que se enseña aquí se denomina IONIT OX.

Esta patente tiene el objetivo de infiltrar átomos de N y C en la superficie, además de agregar una post-oxidación, lo 55 que resulta en (visto en la dirección desde la superficie libre hasta el núcleo)

- > una capa de óxido (Fe_3O_4) que proporciona una mayor resistencia a la corrosión,
- > capa blanca compuesta por granos de Gamma' y Epsilon Fe-N, con buena resistencia a la corrosión y muy buena dureza (HV 5 300-450, en comparación con el hierro fundido que está en el intervalo típico de 200 HV5),
- 60 > y una capa de difusión con una dureza de al menos 50 puntos HV5 más alta que el material del núcleo.

Los nitruros de gamma y epsilon, cuya microestructura es más ancha que la ferrita alfa, darán como resultado un

pequeño crecimiento del volumen superficial, lo que ayudará a sellar los espacios vacíos que quedan del grafito, como se describió anteriormente.

Posibilidades opcionales para mejorar aún más

- 5 Resulta preferido que dicha superficie moldeada se someta a una limpieza con plasma antes de que comience la nitrocarburation. De esa manera, el crecimiento de la capa de difusión efectuado por la nitrocarburation es más efectivo y está libre de defectos.
- 10 Lo ideal es que la capa de difusión producida por nitrocarburation se someta a un tratamiento con plasma, preferentemente en forma de activación con plasma, antes de que se produzca la capa de óxido. Dicha limpieza por pulverización catódica de la superficie nitrurada con gas optimiza las condiciones de cristalización para lograr una capa de óxido de Fe_3O_4 adherente y finamente estructurada. También se logra una compensación de las pérdidas de N y C durante el enfriamiento. Nitruros ϵ son el resultado de esto.
- 15 Se prefiere mucho ayudar al tratamiento con chorro de agua por ultrasonido. La superposición de la energía pulsante adicional de las ondas de sonido en el intervalo ultrasónico hace que sea mucho más fácil aflojar el grafito, que está incrustado en las cavidades ahora cortadas. Esto conduce a una eliminación de alcance significativamente más profunda del grafito de las cavidades.
- 20 La razón de esto es que se forman burbujas de cavitación cuando el ultrasonido se superpone a la boca o boquilla desde la que se expulsa el chorro de agua. Estas burbujas de cavitación se lanzan con el chorro de agua contra la superficie del disco de freno. Allí implosionan. Esto está acompañado por el conocido efecto destructivo de la cavitación.
- 25 Sin embargo, este efecto destructivo no se nota en la superficie circundante del metal base, especialmente cuando el chorro de agua se aplica en ángulo. Esto se debe a que el chorro de agua no actúa el tiempo suficiente para dañar el metal base. La situación es diferente con el grafito. Las acumulaciones de grafito se rompen muy rápidamente por la implosión de las burbujas de cavitación y a continuación pueden ser descargadas por el chorro de agua.
- 30 Es muy preferible que el chorro de agua se dirija /impacte a lo largo de un ángulo no rectangular a la superficie a tratar. Con otras palabras: El chorro de agua no se dispara en la dirección de la normal (no completa y preferiblemente no esencialmente en la dirección de la normal) a la superficie a tratar.
- 35 Si, por ejemplo, se va a tratar una superficie de fricción, entonces la dirección principal del chorro de agua se coloca en un ángulo con respecto a la superficie de fricción de modo que el chorro de agua golpee la superficie de fricción, al menos predominantemente o incluso sustancialmente con este ángulo. Un ángulo ideal equivale a aproximadamente 45° mejor al menos 50° hasta alrededor de 60° , en lugar de 90° +/-tolerancia.
- 40 De esta manera, se puede utilizar un chorro de agua más potente que, si golpea frontalmente la superficie del disco de freno, es decir, a lo largo de la línea normal erigida en la superficie a tratar, desarrollaría tanto impacto cinético que la calidad de la superficie y, en particular, la rugosidad del material de base metálico de la superficie del freno se vería afectada negativamente.
- 45 El chorro de agua más potente puede despejar las cavidades de manera más efectiva, incluso si se aplica con un ángulo de explosión, como se describe.

Posibilidades adicionales de cómo modificar la invención, indicios adicionales con respecto a cómo funcionan las invenciones y qué efectos técnicos positivos produce se describen en la siguiente descripción de la realización preferida

Descripción de las realizaciones preferidas

En la realización preferida, el componente a base de hierro al que se aplica la invención es un disco de freno de hierro fundido.

El disco de freno se gira inicialmente de forma mecánica fina con el fin de alcanzar la variación adecuada del grosor del disco (DTV - *Disc Thickness Variation*), la planaridad y el descentramiento lateral (LRO - *Lateral Runout*) como se conoce en el estado de la técnica. Estos procedimientos de acabado mecánico primario permiten reducir la vibración y el temblor del disco de freno durante el funcionamiento, que se encuentran entre las principales causas de fallas del disco de freno.

Luego se trata con tecnología de chorro de agua pulsado como se explicó con mayor detalle anteriormente, en particular en el área de sus superficies de frenado u otras superficies que se mecanizan después de la fundición.

5 A partir de los intervalos de parámetros más amplios mencionados anteriormente, los siguientes valores preferidos para los parámetros de determinación utilizados aquí, en este caso particular, se han elegido de la siguiente manera: Una presión de alrededor de 550 a 650 bar, una distancia entre la boquilla del chorro de agua y la superficie diana del disco de freno de al menos alrededor de 30 mm, una boquilla con una abertura circular que tiene un diámetro nominal de alrededor de 1,6 mm a 2,2 mm, que se extiende hacia afuera desde allí con un ángulo de cono de alrededor de 20°.

10

Los parámetros mencionados anteriormente deben ajustarse mediante pruebas según las características individuales del material base, es decir, en la orientación a la composición del hierro fundido, la dureza, la distribución del grano y la geometría general del disco de freno. Las pruebas se han terminado tan pronto como las imágenes "microscópicas" mostraron que las cavidades cortadas están suficientemente despejadas de grafito según lo que enseña la invención, mientras que las otras mediciones han demostrado que aún no hay un empeoramiento o más que un empeoramiento irrelevante de la estructura (rugosidad) de la superficie circundante.

15

En este punto, debe mencionarse que la rugosidad general esperada debe ser, en particular para un disco de freno, $Ra < 5 \mu m$, preferiblemente $Ra < 3 \mu m$ y $Rz < 12 \mu m$, preferiblemente $Rz < 10 \mu m$.

20

La Figura 1 muestra lo que sucede mediante la aplicación de la enseñanza inventiva. Para este propósito, la Figura 1 muestra una superficie de hierro fundido gris (1) en tres secciones A, B, C:

En el extremo izquierdo (A), se ve el estado bruto original del sustrato (1) con las laminillas de grafito (11) cortadas (abiertas) debido al mecanizado previo de la superficie que puede entenderse preferiblemente como una superficie de fricción de un disco de freno. Las láminas de grafito (10) que son más profundas en el sustrato permanecen sin cambios por el procedimiento de mecanizado.

25

La sección central (B) muestra una descarburación térmica ligera pero aún insuficiente o (para el propósito de la invención) una limpieza insuficiente con un chorro de agua suave y no peligroso, es decir, un chorro de agua que no es lo suficientemente fuerte como para dañar potencialmente la superficie de metal base que rodea las cavidades abiertas (23), incluso si no se dirige correctamente a la superficie, y no es lo suficientemente fuerte como para proporcionar una limpieza más profunda (24) de las cavidades del grafito (21) en ella. Si solo se hiciera esto antes del procedimiento de nitrocarburo, entonces la protección corrosiva sería insuficiente. Esto se debe a que bajo la carga de calor del primer frenado de emergencia (a más tardar) el grafito que llena las cavidades abiertas se quemaría. Luego, las paredes laterales "desnudas" de la cavidad que no han sido nitrocarburo, se abrieron y rápidamente comenzaron a corroerse, en un área muy cercana a la superficie de fricción del disco de freno.

30

35

En la sección derecha (C), las laminillas se eliminan total (32) o parcialmente (31) mediante la aplicación del procedimiento inventivo. Las paredes laterales de las cavidades (33) quedan libres después de la eliminación del grafito a lo largo de más de 1/4 o mejor 1/3 de la profundidad de las cavidades (34). Debido a que estas paredes laterales libres acostadas de una cavidad más grande/más ancha (como se muestra en el lado derecho) pueden estar provistas de una capa de difusión protectora que se extiende hacia abajo a lo largo de la cavidad. Además, o alternativamente, una cavidad más delgada, que tiene solo un acceso estrecho, se cerrará adicionalmente (33) debido a la expansión del material por difusión, de modo que sea difícil que la humedad entre.

40

45

La tabla presentada en la Figura 4 demuestra para el experto que está familiarizado con los valores comúnmente utilizados para la comparación, ya que siempre son los relevantes, el efecto extremadamente beneficioso de la invención en términos de comportamiento de corrosión y otros parámetros importantes.

50

55

La columna de la izquierda (A) contiene los datos de una solución que ha sido, para fines de investigación, practicada por el solicitante hasta ahora, pero que no está según la invención. En esta solución, el disco de freno de hierro fundido gris ya se ha limpiado con un chorro de agua pulsante. Sin embargo, en el pasado, en vista del dogma de que la superficie circundante no debe verse afectada negativamente, los parámetros del chorro de agua aún no se han ajustado de tal manera que el chorro de agua fuera lo suficientemente nítido como para eliminar una cantidad significativa de grafito de las cavidades. Estos discos resistieron la conocida prueba de pulverización de sal de agua durante aproximadamente 10 horas hasta que apareció una corrosión visible en la superficie.

En la columna a la derecha (B) se encuentran los datos de la solución según la invención.

60

Dentro del alcance de esta solución, el disco de freno de hierro fundido gris se somete a un tratamiento especial con un chorro de agua pulsante ajustado según la invención. El chorro de agua es tan agudo que existe el riesgo de que la superficie del disco de freno se vea afectada negativamente de manera no deseada si no se aplica con el cuidado

adecuado. El chorro de agua ha limpiado la mayoría de las cavidades cortadas a más de un cuarto de su profundidad. Por lo tanto, el efecto descrito anteriormente en la introducción podría ocurrir en las cavidades. Como resultado, la resistencia del disco de freno en la prueba estándar de pulverización de sal de agua ha mejorado drásticamente. La corrosión visible solo ocurrió después de 300 horas o más.

5

Si uno se mueve a la derecha en la tabla según la Figura 4 (HIERRO FUNDIDO, no pintado), lo siguiente que se encuentra es una descripción de un disco de hierro fundido gris normal, como ha sido el estado de la técnica durante décadas.

10 Si se continúa en la tabla según la Figura 4 a la derecha (HIERRO FUNDIDO, pintado), entonces se encuentra allí la descripción de un disco de hierro fundido gris normal, que está equipado, sin embargo, aquí ahora con un acabado moderno de laca protectora rociada sobre base de zinc. Como se puede ver, un recubrimiento protector de este tipo puede lograr mucho desde el punto de vista de la corrosión. Pero la desventaja decisiva es que el recubrimiento protector en las superficies de fricción reales se desgasta muy rápidamente durante la acción de frenado diaria.

15

En la última columna de la tabla de la Figura 4 (FNC), se encontrará la descripción de un disco de hierro fundido gris, donde se omitió la oxidación posterior, según la invención, después de la nitrocarburation.

20 Las Figuras 2A a 2D muestran un disco de freno Figura 2 A) y una sección transversal Figura 2 B) de este disco con placas abiertas después del recubrimiento con ION IT OX. La figura muestra en la Figura 2 C) laminillas parcialmente interrumpidas después del tratamiento térmico y el posterior recubrimiento con IONIT OX. La figura en la sección de la Figura 2 D) muestra laminillas interrumpidas y áreas libres de laminillas después del tratamiento con chorro de agua y el posterior tratamiento con IONIT OX.

25 IONIT OX es la capa de difusión creada por nitrocarburation seguida de tratamiento con plasma y recubrimiento con óxido, como se enseña en la patente mencionada anteriormente.

30 Las Figuras 3A a 3D muestran los resultados y sustratos después de una exposición de 48 horas en un entorno de niebla salina: Figura 3 A) IONIT OX sin pretratamiento, Figura 3 B) pretratamiento térmico antes de IONIT OX, Figura 3 C) pretratamiento con chorro de agua antes de IONIT OX y Figura 3 D) muestra el mismo sustrato que en la Figura 3 C), a saber, pretratamiento con chorro de agua antes de IONIT OX después de 240 horas de prueba de pulverización de sal y que permanece visualmente aun predominantemente libre de corrosión.

35 La Figura 5 muestra la configuración típica para el procedimiento de activación de chorro de agua antes de aplicar el procedimiento IONIT OX según la presente invención. Esto incluye el sustrato a procesar, ilustrado por un disco de freno (1), la pistola de chorro de agua (2) y la boquilla (3). Aquí la pistola de chorro de agua (2) se coloca a una cierta distancia boquilla-sustrato (d) con respecto a la superficie del disco de freno y se inclina en un cierto ángulo, de modo que el eje de la pistola de chorro de agua y el plano de la superficie del disco de freno forman el ángulo (a). El chorro de agua está representado por (4) en la figura. Durante la activación de la superficie por el chorro de agua, el disco de freno se gira a una cierta velocidad de rotación (v) al mismo tiempo que la pistola de chorro de agua en dos ejes que están en un plano que es paralelo a la superficie del disco de freno. Esto permite procesar toda la superficie del disco de freno.

45 Después del procedimiento por chorro de agua pulsado para la erosión de las láminas, el disco de freno pasa por un procedimiento de tratamiento térmico a temperaturas de aproximadamente 500 °C a 590 °C, preferiblemente entre 570 °C a 580 °C y posteriormente se somete a un procedimiento de nitrocarburation en una atmósfera controlada, generalmente a una presión cercana a la presión atmosférica de aproximadamente 1030 mbar, y se expone a gases como amoníaco, nitrógeno y dióxido de carbono. Los flujos de gas respectivos se adaptan según el material de base de hierro fundido y el peso del componente del disco de freno. El procedimiento de nitrocarburation es favorable para el material a base de hierro, ya que forma un material más duro de Fe-NC sobre todas las superficies expuestas del componente.

55 Posteriormente, el componente se enfría a una temperatura más baja de aproximadamente 500 °C, donde opcionalmente puede pasar por un procedimiento de activación por plasma a presiones de trabajo inferiores a 2 mbar, preferentemente entre 1 y 2 mbar o directamente a través del procedimiento de oxidación opcional adicional. El procedimiento de activación de plasma opcional se describe con más detalle en otra parte del documento US567941 1A, mientras que todo el procedimiento, incluido el último procedimiento de oxidación adicional, se conoce mejor como nitrocarburation y oxidación con gas o GNC OX.

60 La activación de plasma opcional permite una limpieza adicional de la superficie mediante pulverización catódica y también los iones de pulverización catódica producidos durante este procedimiento crean defectos de red en la superficie que contribuyen a una capa de óxido final más densa después del procedimiento de oxidación. La capa de

ES 2 984 205 T3

nitrocarburation o zona de difusion resultante tiene al menos 15 μm de espesor y la capa de oxido al menos 2 μm . La capa de oxido delgada opcional adicional de magnetita (Fe_3O_4) es una capa continua y cerrada que se produce sobre toda la superficie del componente, lo que permite una mejor resistencia a la corrosión del componente.

5

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir una superficie de hierro fundido mecanizado o hierro fundido gris, en particular en un disco de freno, con mayor resistencia al desgaste y la corrosión, **caracterizado porque** dicha superficie se somete a un tratamiento de chorro de agua pulsado, generalmente según el llamado procedimiento de chorro de fluido, que se ajusta para que despeje completamente al menos el cuarto superior, preferiblemente el tercio superior de las cavidades abiertas por el mecanizado, que contienen una inclusión de grafito rodeada por la estructura básica, de modo que el nivel de la inclusión de grafito se encuentra debajo de la superficie exterior de la estructura básica que rodea la cavidad, después de lo cual se aplica una capa de difusión mediante nitrocarburo y se aplica una capa de óxido sobre la capa de difusión.
2. El procedimiento de fabricación, preferentemente un disco de freno, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se lleva a cabo una limpieza con plasma de dicha superficie moldeada antes de la nitrocarburo.
3. El procedimiento de fabricación, preferentemente un disco de freno, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la capa de difusión producida por nitrocarburo se somete a un tratamiento con plasma, preferentemente en forma de activación con plasma, antes de que se produzca la capa de óxido.
4. El procedimiento de fabricación, preferentemente un disco de freno, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el tratamiento con chorro de agua pulsado es asistido por ultrasonido.
5. El procedimiento de fabricación, preferentemente un disco de freno, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el chorro de agua pulsado se dirige / impacta a lo largo de un ángulo no rectangular con respecto a la superficie a tratar.
6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el procedimiento de carbonitruración y preferentemente también el de oxidación se controla, entre otros o sustancialmente, mediante uno o más de los siguientes parámetros: tiempo de calentamiento, tiempo de mantenimiento, la temperatura durante la fase de carbonitruración, el tiempo de enfriamiento posterior y la temperatura alcanzada después de que haya transcurrido el tiempo de enfriamiento, así como el tiempo de oxidación posterior y la temperatura mantenida o accionada durante este tiempo.
7. El uso de un procedimiento de chorro de agua pulsado en consecuencia para limpiar completamente al menos el cuarto superior, preferiblemente el tercio superior de las cavidades abiertas por el mecanizado de una superficie de hierro fundido o hierro gris, en particular en un disco de freno, que contiene una inclusión de grafito rodeada por la estructura básica, de modo que el nivel de la inclusión de grafito se encuentra debajo de la superficie exterior de la estructura básica que rodea la cavidad, con el fin de preparar la superficie de hierro fundido o hierro fundido gris, en particular en un disco de freno para cualquier oxidación posterior o posiblemente nitrocarburo.
8. Una superficie de hierro fundido o hierro fundido gris, en particular en un disco de freno, que se puede obtener mediante el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que tiene cavidades abiertas por el mecanizado anterior y originalmente llenas de grafito, **caracterizada porque** al menos el cuarto superior, preferiblemente el tercio superior de las cavidades están completamente despejadas del grafito que estaba en él de una manera que no causa el depósito de un material de granallado sólido o ceniza dentro de las cavidades y porque la superficie de hierro fundido o hierro gris, en particular en el disco de freno, está nitrocarburo y, preferiblemente oxidada.

Figura 1

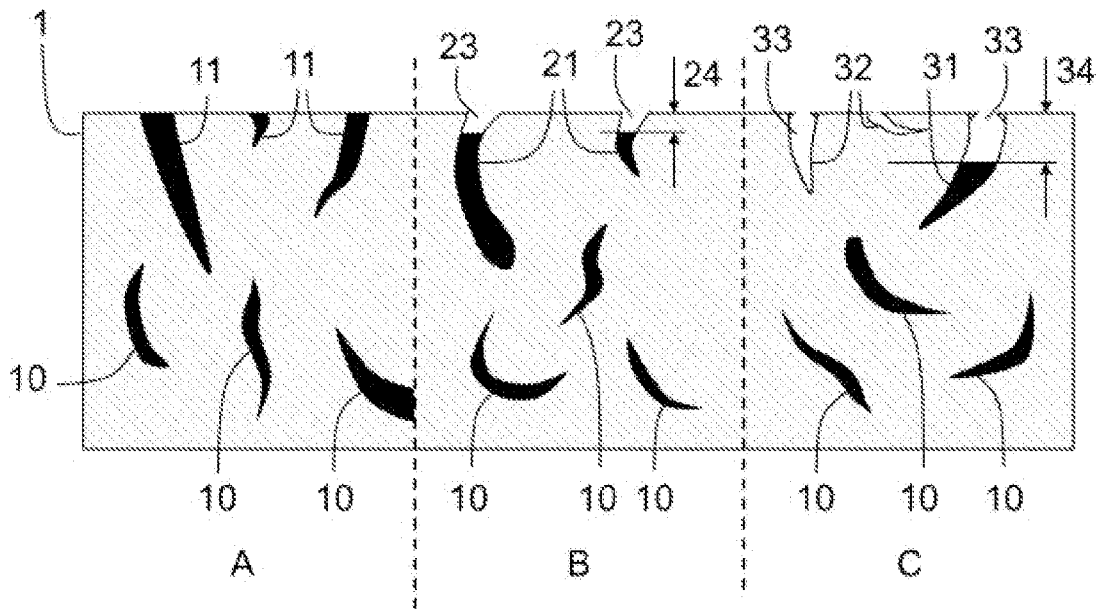


Figura 2 A)

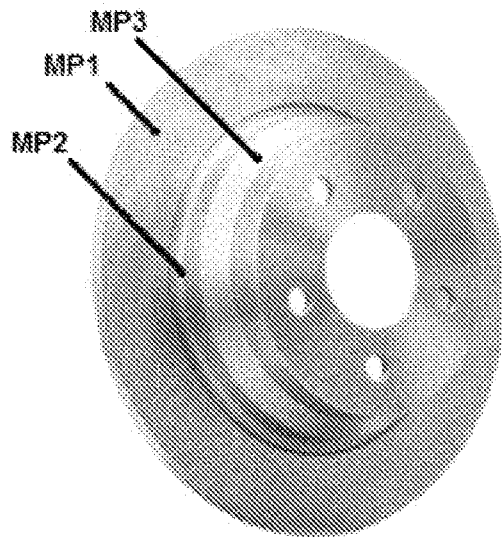


Figura 2 B)

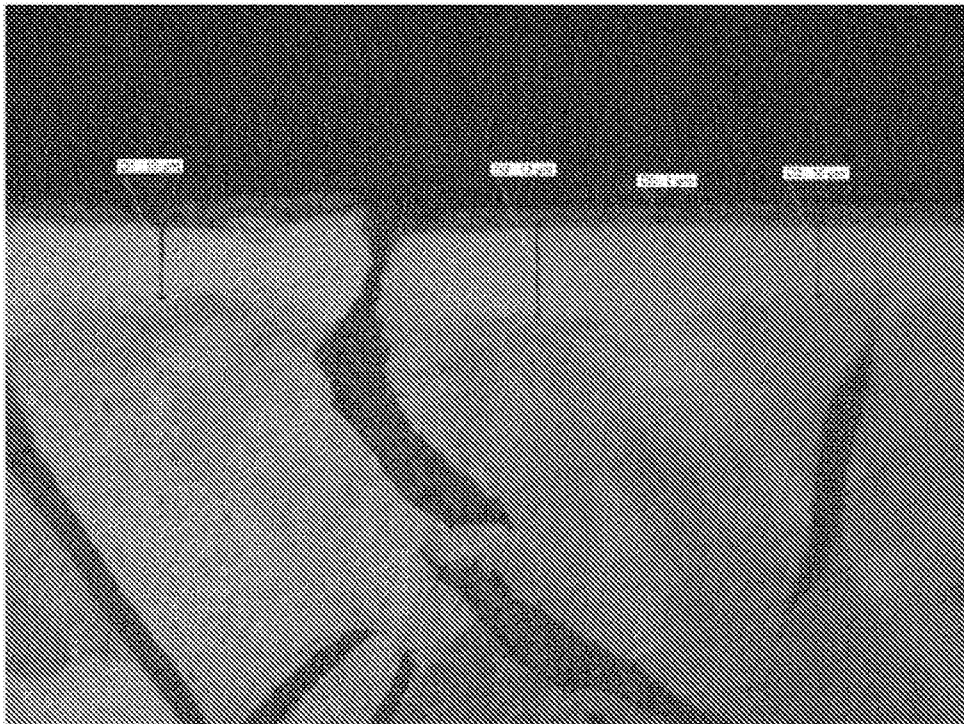


Figura 2 C)

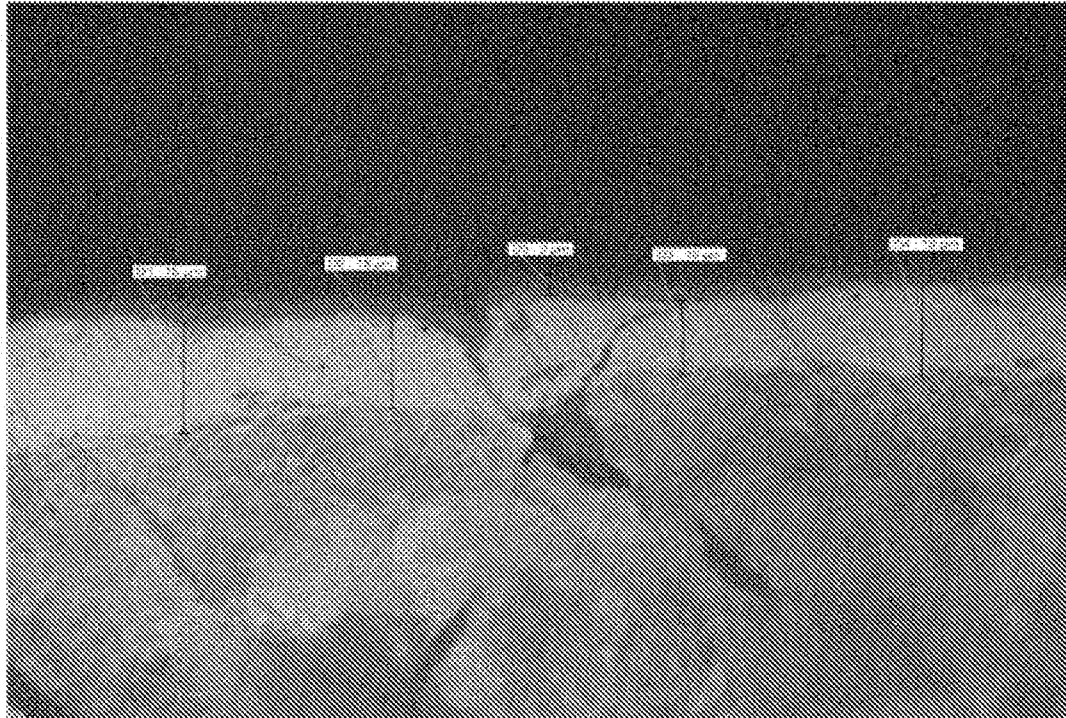


Figura 2 D)

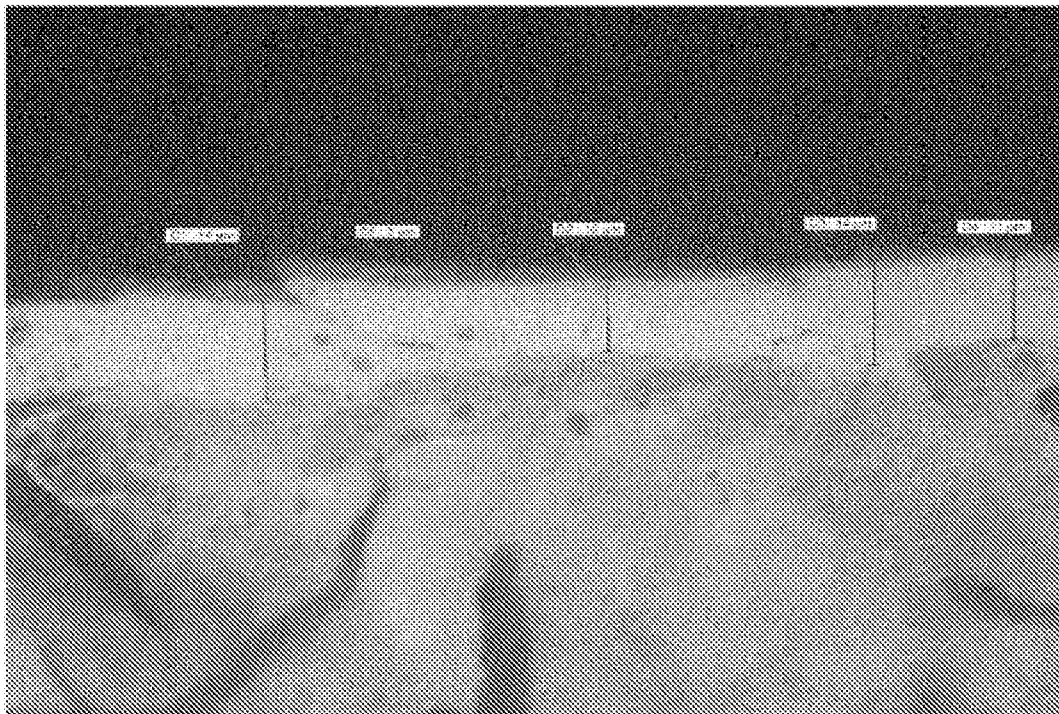


Figura 3 A)

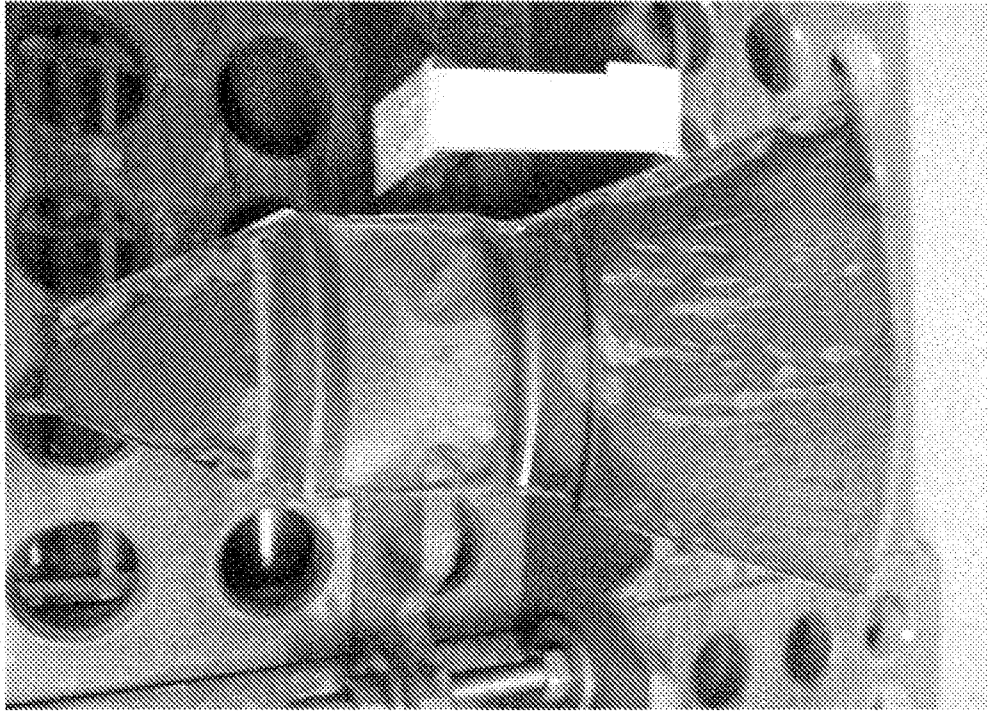


Figura 3 B)



Figura 3 C)

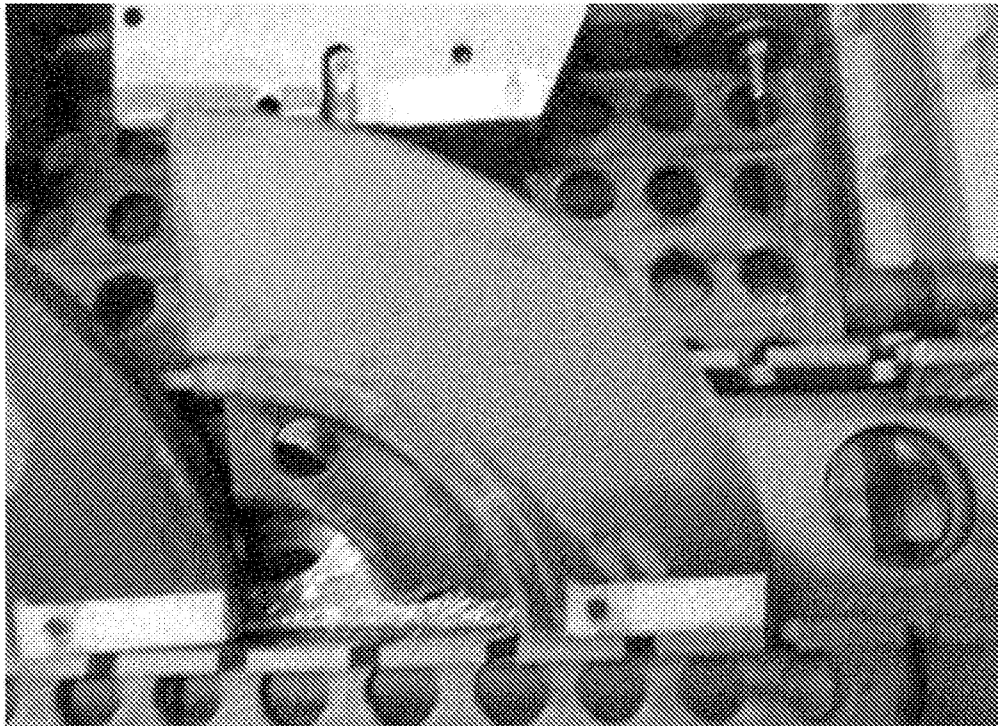


Figura 3 D)

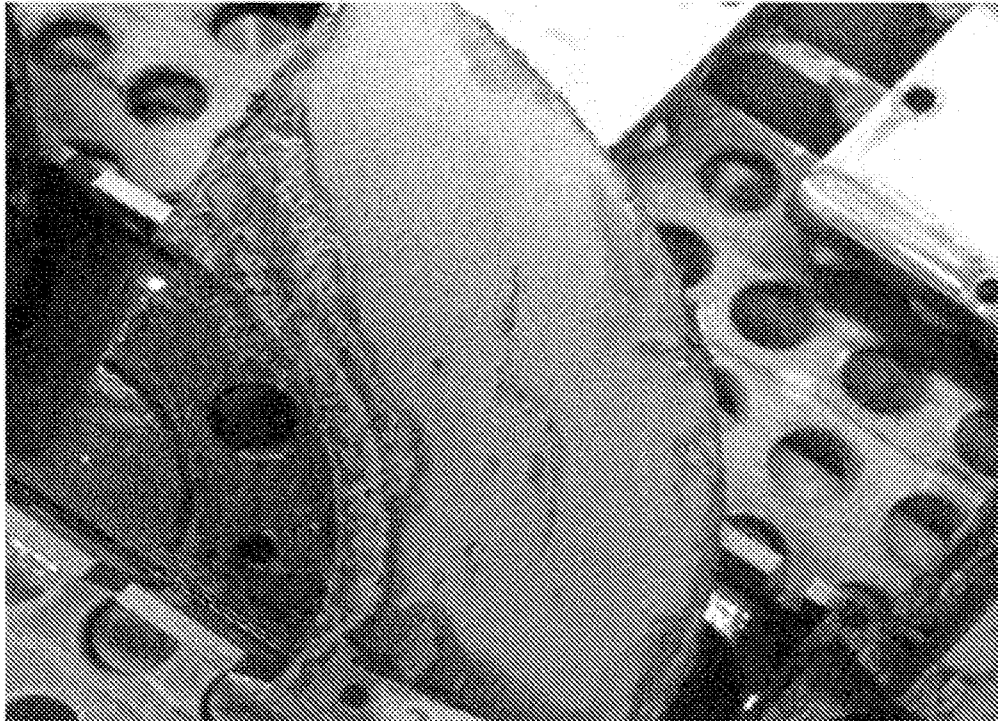


Figura 4

Producto Característica	NUEVA SOLUCIÓN		HIERRO FUNDIDO		FNC
	A	B	sin pintar	pintado	
Resistencia a la corrosión (NUEVO) [h] en SSNT	10	>300	1	120 (VW)	180
Resistencia a la corrosión (usado) [h] en SSNT	10	>300	0	0	-
Durabilidad del disco [T km]	120 - 240 (2x + 4x)			60	60
Durabilidad de la protección contra la corrosión (en anillos de freno) [km]	2000 - TBD (SUV Sporty Drive - Almohadillas ECE)	tbd	0	10	?
Capa de óxido [µm]	2 - 4			0	0
Capa blanca [µm]	10 - 20			0	-
NHT [µm]	100 - 500			0	?
Rendimiento AK M µnom - µmin	0,35 - 0,31			0,37 - 0,32	0,36 - 0,29
Rendimiento (desvanecimiento)	mejor estabilidad en 1er y 2do desvanecimiento				
Rendimiento (lecho / µ verde)	NAO: µ estable en el frenado #5 - 10 ECE: µ estable en el frenado # 30		NAO: µ estable en el frenado # 30 ECE: µ estable en el frenado # 30		NAO: µ estable en el frenado # 10
Rugosidad	Rp<5	Rz<12 Ra<1,5 aumento de Rz +2 ca	Rp<5	Rp<5	-
Poivo de freno	tbd	tbd	tbd	tbd	tbd
Dureza (superficie) [HV5]	300 - 450			210	tbd

Figura 5

