

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 997**

51 Int. Cl.:

**C22C 1/10** (2006.01)  
**B22D 19/02** (2006.01)  
**B22D 19/06** (2006.01)  
**B22D 19/14** (2006.01)  
**C22C 29/02** (2006.01)  
**B22D 19/00** (2006.01)  
**C22C 29/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2013 E 15194415 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 3012336**

54 Título: **Pieza de desgaste de acero de bajo carbono y carburo cementado**

30 Prioridad:

**08.11.2012 US 201261724122 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.12.2019**

73 Titular/es:

**HYPERION MATERIALS & TECHNOLOGIES  
(SWEDEN) AB (100.0%)  
Lerkrogsvägen 19  
132 47 Saltsjö-Boo, SE**

72 Inventor/es:

**EDERYD, STEFAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 734 997 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

Pieza de desgaste de acero de bajo carbono y carburo cementado

### Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere a una pieza de desgaste de partículas de carburo cementado (CC) fundidas en acero de bajo carbono que tiene un diseño y rendimiento de producto únicos y una pieza de desgaste que tiene insertos hechos de partículas de CC fundidas y acero de bajo carbono. El concepto de material compuesto es especialmente adecuado para brocas usadas en minería y perforación de petróleo y gas, herramientas de molienda de roca, cortadores / discos de taladradoras de túneles, impulsores y piezas de desgaste usadas en piezas de máquinas, instrumentos, herramientas, etc., y, particularmente, en componentes expuestos a gran desgaste.

### 10 Sumario

Una pieza de desgaste de una realización fuera del ámbito de la presente invención tiene una alta resistencia al desgaste y la resistencia mecánica está compuesta por un cuerpo compuesto de partículas de carburo cementado fundidas con una aleación de acero de bajo carbono, en la que la aleación de acero de bajo carbono tiene un contenido de carbono correspondiente a un carbono equivalente  $C_{eq} = \% \text{ en peso C} + 0,3 (\% \text{ en peso Si} + \% \text{ en peso P})$  de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,5 por ciento en peso.

15 Un procedimiento para formar una alta resistencia al desgaste, la pieza de desgaste de alta resistencia mecánica de otra realización fuera del ámbito de la presente invención incluye los pasos de proporcionar una cantidad de partículas de carburo cementado y colocar las partículas de carburo cementado en un molde. La aleación de acero fundido de bajo carbono, que tiene un contenido de carbono correspondiente a un equivalente de carbono  $C_{eq} = \% \text{ en peso C} + 0,3 (\% \text{ en peso Si} + \% \text{ en peso P})$  de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,5 % en peso se libera en el molde. Las partículas de carburo cementado se encapsulan con la aleación de acero fundido de bajo carbono para moldear una matriz de partículas de carburo cementado y aleación de acero de bajo carbono.

Una pieza de desgaste de una realización de la presente invención que tiene alta resistencia al desgaste y resistencia mecánica se define en la reivindicación 1.

25 Un procedimiento para formar una alta resistencia al desgaste, la pieza de desgaste de alta resistencia mecánica de otra realización se define en la reivindicación 9.

Estos y otros objetos, elementos, aspectos y ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones relativas a los dibujos adjuntos, en los que:

### Breve descripción de los dibujos

30 La figura 1 es una microestructura de ejemplo de la partícula de carburo cementado, matriz de aleación de acero de bajo carbono fuera del ámbito de la presente invención.

La figura 2 es una microestructura ampliada fuera del ámbito de la presente invención.

La figura 3 es una sección transversal de una pieza de desgaste revestida de la presente invención.

35 La figura 4 es una pieza de desgaste realizada según el procedimiento de la presente invención después de la fundición, endurecimiento, recocido y granallado.

Las figuras 5A y 5B son piezas probadas para determinar la resistencia a la oxidación.

### Descripción detallada

40 Un aspecto de la presente invención se refiere a la fundición de insertos de carburo cementado en acero de bajo carbono para fabricar productos y diseños únicos que tienen un rendimiento de resistencia al desgaste mejorado. Este material compuesto es especialmente adecuado para brocas usadas en minería y perforación de petróleo y gas, herramientas de molienda de roca, cortadores de TBM / discos, impulsores, Piezas de desgaste deslizantes y piezas de desgaste usadas en piezas de máquinas, instrumentos, herramientas, etc., y particularmente en componentes expuestos a gran desgaste. Debería apreciarse que la presente invención contempla otros productos o piezas.

45 El documento US5066546A desvela una pieza de desgaste que tiene alta resistencia al desgaste y resistencia mecánica, que comprende un cuerpo; y una pluralidad de insertos de partículas de carburo cementado fundidas con una aleación de acero de bajo carbono dispuesta en un cuerpo.

50 Con referencia a la figura 1, un cuerpo 10 de la pieza de desgaste incluye partículas de carburo cementado 12 y un aglutinante de aleación de acero de bajo carbono 14. Las partículas de carburo cementado pueden fundirse con una aleación de acero de bajo carbono 14. La aleación de acero de bajo carbono tiene un contenido de carbono correspondiente a un carbono equivalente  $C_{eq} = \% \text{ en peso C} + 0,3 (\% \text{ en peso Si} + \% \text{ en peso P})$  de aproximadamente

0,1 a aproximadamente 1,5 por ciento en peso.

Como se sabe, las partículas de carburo cementado se utilizan como material de resistencia al desgaste y se pueden formar utilizando diversas técnicas. Por ejemplo, el carburo cementado está presente como piezas, material triturado, polvo, cuerpos prensados, partículas o alguna otra forma. El carburo cementado, que contiene al menos un carburo además de un metal aglutinante, normalmente es de tipo WC-Co con posibles adiciones de carburos de Ti, Ta, Nb u otros metales, pero también pueden ser adecuados metales duros que contienen otros carburos y / o nitruros y metales aglutinantes. En casos excepcionales también se pueden usar carburos puros u otros principios duros, es decir, sin ninguna fase de aglutinante. El carburo cementado también podría ser reemplazado por cermet dependiendo de la aplicación de desgaste. Un cermet es un material de matriz de metal más ligero que se usa normalmente en piezas de desgaste con altas exigencias de resistencia a la oxidación y la corrosión. La aleación de acero de bajo carbono podría reemplazarse por otra aleación resistente al calor, por ejemplo, aleación a base de Ni, Inconel etc.

El tamaño de partícula y el contenido de partículas de carburo trituradas influirán en la humectabilidad del acero debido a la diferencia en la conductividad térmica entre los dos materiales. Una humectación satisfactoria o una unión metalúrgica entre el material duro y el acero podría mantenerse en moldes precalentados con una proporción suficientemente alta de acero fundido.

Con el fin de proporcionar las mejores propiedades de desgaste y resistencia, es preferible que las partículas de CC tengan un tamaño granular de modo que pueda obtenerse un buen equilibrio con respecto a la capacidad de calor y la conductividad térmica entre el acero y las partículas de CC para la mejor humectación posible del acero sobre las partículas de CC. El volumen de tamaño de las partículas de CC debe ser de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 20 cm<sup>3</sup>.

Para mantener la mejor resistencia al desgaste del material compuesto duro, las partículas de CC deben exponerse en la superficie de la pieza de desgaste. Por lo tanto, la forma de las partículas es importante para mantener una gran área de superficie plana de desgaste y una buena unión a la matriz de acero. El espesor de las partículas debe ser de aproximadamente 5 a aproximadamente 15 mm.

Tal como se muestra en la Fig. 1, las partículas de carburo cementado fundidas ("partículas de CC") 12 están rodeadas y encapsuladas por la aleación de acero de bajo carbono 14 para formar una matriz. Las partículas de CC fundidas en acero de bajo carbono tienen un buen ajuste al acero sin huecos. El contenido de carbono del acero es de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,5 % en peso de carbono. Los contenidos de carbono en este intervalo elevarán el punto de fusión del acero / aleación por encima del punto de fusión de la fase aglutinante en las partículas de CC. Para evitar la disolución de las partículas de CC, las partículas de CC están recubiertas con alúmina.

Como se describirá adicionalmente en el presente documento, el acero fundido de bajo carbono 14 se moldea con partículas de CC 12 para formar la matriz. Con referencia a la figura 2, Las partículas de CC 12 están recubiertas con un recubrimiento 16 fino de alúmina. El recubrimiento protector de alúmina se aplica preferentemente con una técnica de recubrimiento CVD y el espesor del recubrimiento debe ser muy delgado si se aplica sobre otro recubrimiento duro, por ejemplo, TiN, (Ti, Al) N, TiC). Es preferible que las partículas de CC tengan un espesor de recubrimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8 μm. El recubrimiento podría tener múltiples capas y, especialmente, con partículas de CC, que tienen un contenido de fase aglutinante de Ni, es importante tener una precapa de, por ejemplo, TiN, para hacer posible el recubrimiento de alúmina. Debe apreciarse que pueden usarse otras técnicas de recubrimiento, por ejemplo, microondas, plasma, PVD, etc.

Durante el procedimiento de fundición, el recubrimiento de alúmina 16 evitará que el acero reaccione con el CC y la disolución del CC se restringe a las partes de las partículas de CC donde el recubrimiento de alúmina tiene un orificio que proporciona una "fuga". La fuga controlada del acero crea una zona de superficie 18 alrededor de las partículas de CC con una aleación de la fase aglutinante con contenido de hierro (Fe) y otros elementos de aleación del acero, por ejemplo, Cr. Una zona de reacción intermedia 20, mostrado en las esquinas de la partícula, está restringido a las partes en el acero donde se encuentran los orificios en el recubrimiento de alúmina. La diferencia en el coeficiente de expansión del volumen entre el acero y las partículas de CC proporciona tensiones de compresión favorables alrededor de la partícula de CC. La aleación de la fase aglutinante en la zona exterior de la partícula de CC también otorga esfuerzos de compresión al "núcleo" de la partícula de CC.

Debido al recubrimiento de alúmina, la disolución del CC se controla y la zona de superficie 18 se forma entre el acero y el CC donde el recubrimiento de alúmina tiene orificios. La zona de superficie mantiene el contenido de fases duras quebradizas (fase eta/ carburos de M<sub>6</sub>C, M = W, Co, Fe y dendritas de aleaciones de W) y no es beneficioso para la resistencia al desgaste de la pieza de desgaste. Solo una pequeña porción del CC se disuelve en la zona de superficie 18, de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,3 mm de espesor de la zona de las partículas de CC donde se ha producido un agujero en el recubrimiento de alúmina. No se pudo encontrar una "zona" de transición entre el recubrimiento de alúmina y el acero.

La pieza de desgaste de la presente invención se puede formar mediante técnicas de fundición conocidas. Las partículas de CC se pueden colocar dentro de un molde que corresponde a la forma deseada de la pieza. Las partículas de CC se colocan, preferentemente, en el molde de manera que estén en la superficie de la pieza de desgaste

5 resultante. En esta posición, las partículas de CC están expuestas al aire. La aleación de acero fundido de bajo carbono se libera al molde para formar la matriz de partículas y aleación. La fundición de la matriz se calienta a aproximadamente 1550 a aproximadamente 1600 °C. Después de la fundición, puede someterse a endurecimiento, recocido y atemperado como se conoce en la técnica. Con referencia a la Figura 3, una pieza de desgaste 22 que tiene un cuerpo 10 puede incluir una pluralidad de insertos CC 24 situados en el mismo. Los insertos 24 están formados por partículas de carburo cementado fundidas con una aleación de acero de bajo carbono como se ha descrito anteriormente. La aleación de acero de bajo carbono tiene un contenido de carbono correspondiente a un carbono equivalente  $C_{eq} = \% \text{ en peso C} + 0,3 (\% \text{ en peso Si} + \% \text{ en peso P})$  de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,5 por ciento en peso.

10 Los insertos 24 incluyen un recubrimiento 26 para evitar la oxidación. El recubrimiento 26 está hecho de alúmina, por ejemplo,  $Al_2O_3$ , y reacciona con el acero sin dañar la unión entre el acero y las partículas de CC, tal como se ha descrito anteriormente.

15 Los insertos de CC deben estar expuestas en la superficie de la pieza de desgaste. Por lo tanto, la forma de las partículas es importante para mantener una gran área de superficie plana de desgaste y una buena unión a la matriz de acero. El grosor de los insertos debe ser de aproximadamente 5 a aproximadamente 15 mm.

20 Como se ha descrito anteriormente, durante el procedimiento de fundición, el recubrimiento de alúmina 26 evitará que el acero reaccione con el CC y la disolución del CC se restringe a las partes de los insertos de CC donde el recubrimiento de alúmina tiene un orificio que proporciona "fugas". El recubrimiento protector de alúmina se aplica preferentemente con la técnica de recubrimiento CVD y el espesor del recubrimiento debe ser muy delgado si se aplica sobre otro recubrimiento duro, por ejemplo, TiN, (Ti, Al) N, TiC). Es preferible que los insertos de CC tengan un espesor de recubrimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8  $\mu\text{m}$ . El recubrimiento podría tener múltiples capas y, especialmente con insertos CC que tienen un contenido de fase aglutinante de Ni, es importante tener una precapa de, por ejemplo, TiN, para hacer posible el recubrimiento de alúmina. El recubrimiento se puede aplicar mediante una técnica de recubrimiento CVD u otras técnicas de recubrimiento, tal como plasma, microondas, PVD etc.

25 La pieza de desgaste de una realización puede formarse mediante técnicas de fundición conocidas. Los insertos de CC recubiertas se pueden colocar dentro de un molde que corresponde a la forma deseada de la pieza. Los cuerpos de CC pueden posicionarse en el molde de manera que estén en la superficie de la pieza de desgaste resultante. En esta posición, los insertos de CC están expuestos al aire. La aleación de acero fundido de bajo carbono se libera al molde para formar la matriz de partículas y aleación. La fundición de la matriz se calienta a aproximadamente 1550 a aproximadamente 1600 °C. Después de la fundición, puede someterse a endurecimiento, recocido y atemperado como se conoce en la técnica.

30 Debido a la protección de oxidación de la superficie del recubrimiento de alúmina, los insertos de CC pueden fijarse directamente a la superficie del molde, es decir, con tornillos, red, clavo, etc., sin la necesidad de que el acero se funda para cubrir completamente las partículas / insertos. Esta técnica permite formar directamente, por ejemplo, una broca con insertos de CC o botones colocados en el cuerpo de acero. El procedimiento de fundición con endurecimiento, recocido y atemperado han demostrado que el CC sobrevive en la pieza de desgaste debido al recubrimiento de alúmina de los insertos de CC.

### Ejemplo 1

35 40 Las herramientas de apisonamiento de acuerdo con la invención se fabricaron fundiendo la herramienta completa mediante fundición por deslizamiento. La herramienta de apisonamiento terminada tenía un eje de acero y una paleta de desgaste cubierta por insertos de carburo cementado de tipo cuadrado con una longitud lateral de 28 mm y un espesor de 7 mm. Los insertos de carburo cementado se prepararon mediante una técnica metalúrgica de polvo convencional, que tiene una composición de 8 % en peso de Co y el resto es WC con un tamaño de grano de 1  $\mu\text{m}$ . 45 El contenido de carbono fue de 5,55 % en peso. Los insertos de carburo cementado sinterizado se recubrieron con alúmina en un reactor CVD a 920 °C. Después del procedimiento de CVD, los insertos se cubrieron completamente con un recubrimiento de alúmina negro con un espesor de 4  $\mu\text{m}$ .

50 Los insertos se fijaron con clavos en el molde para la fabricación de la herramienta de apisonamiento. Se fundió un acero del tipo CNM85 con una composición de 0,26 % de C, 1,5 % de Si, 1,2 % de Mn, 1,4 % de Cr, 0,5 % de Ni y 0,2 % de Mo y la masa fundida se vertió en los moldes a una temperatura de 1565 °C. Después de la refrigeración por aire, los dientes se normalizaron a 950 °C y se endurecieron a 1000 °C. El recocido a 250 °C fue la etapa final del tratamiento térmico antes del granallado y la molturación de la herramienta hasta su forma final. La dureza del acero en las herramientas terminadas estuvo entre 45 y 55 HRC.

### Ejemplo 2

55 En un segundo experimento, destinado especialmente para el fresado de rocas, una fresa de inserción tipo de fresas se fundió en una parte semiacabada. Cada cortador de fresado tenía cuatro insertos de corte de carburo cementado con un contenido de fase aglutinante de 12 % en peso de Co. El resto era WC con un tamaño de grano de 4  $\mu\text{m}$ . El procedimiento de fabricación fue el mismo que el Ejemplo 1 anterior y con un cuerpo de acero del tipo CNM85. Antes

del procedimiento de fundición, los insertos de carburo cementado se recubrieron con alúmina en un reactor de CVD de acuerdo con el Ejemplo 1.

Los insertos se ajustaron a presión directamente en el molde antes del procedimiento de fundición. Después de la fundición, el eje se trituró hasta la dimensión acabada de la cortadora de fresado en roca.

### 5 Ejemplo 3

En un tercer experimento dirigido especialmente para herramientas de molienda de roca, tales como herramientas de ataque de puntos, se fundió un botón de carburo cementado recubierto de alúmina que tiene un contenido de fase aglutinante de 6 % en peso de Co y el resto es WC con un tamaño de grano entre 8  $\mu\text{m}$ . La ruta de fabricación fue la misma que en el Ejemplo 1 con un procedimiento de fundición de acero tipo CNM85 para formar la pieza semiacabada. La parte de ajuste se rectificó hasta la forma acabada de la herramienta de ataque puntual.

Las piezas de desgaste hechas de acuerdo con la presente divulgación se sometieron a pruebas de fundición. La figura 4 muestra un modelo 28 de acero de alta resistencia mecánica con insertos CC 24' y fabricado de acuerdo con la presente invención después de fundir a 1565 °C, endurecimiento, recocido, atemperado y granallado. Los insertos se ajustaron directamente al molde con tornillos.

Los especímenes de carburo muestran una buena humectación sin oxidación. La figura 4 muestra además que los insertos de CC 24' no solo han sobrevivido al procedimiento de fundición, sino que la forma de los insertos de CC se mantiene después de la fundición. El orificio 29 en el inserto derecho se origina en un tornillo que no sobrevivió a la oxidación durante la operación de fundición. La prueba muestra que es posible aplicar insertos de CC a la superficie del acero de bajo carbono. Los resultados muestran que la pieza de desgaste de carburo cementado con la aleación de acero de alta resistencia mecánica y resistente al desgaste de acuerdo con la invención tiene una alta confiabilidad y resistencia con un aumento del rendimiento de desgaste que es 10 veces más alto que el producto de acero.

En referencia a las figuras 5A y 5B, se probaron dos partes diferentes: una muestra recubierta de alúmina (Figura 5A) y un espécimen de TiN (Fig. 5B). El mismo tipo de muestras de un grado CC que mantenían un 6% de Cobalto + WC se recubrieron completamente con dos tipos de recubrimientos duros para una prueba de oxidación. El recubrimiento se mantuvo dentro de un reactor CVD para ambas variantes de insertos. Ambos tipos de insertos se recubrieron completamente antes de la prueba de oxidación.

Los resultados de oxidación de 5 horas a 920 °C muestran que la muestra de CC recubierta de alúmina (Fig. 5A) no muestra ninguna oxidación. Sin embargo, el espécimen recubierto de TiN lo hace. Por lo tanto, el resultado de la fundición ha demostrado una buena humectación del acero alrededor del sustrato de carburo recubierto de alúmina.

Debe apreciarse que mantener el compuesto entre el acero de bajo carbono y las partículas / cuerpos CC se debe a la alta resistencia a la oxidación / química de las partículas / cuerpos CC. La alta resistencia química se mantiene al proporcionar un recubrimiento de alúmina en los cuerpos / partículas de CC. El recubrimiento de alúmina se mantiene preferentemente mediante una técnica de recubrimiento CVD. El recubrimiento también podría aplicarse con otras técnicas de recubrimiento de CVD. El recubrimiento también se podría aplicar con otras técnicas, por ejemplo, PVD en un lecho fluidizado.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con realizaciones particulares de la misma, muchas otras variaciones y modificaciones y otros usos serán evidentes para los expertos en la materia. Se prefiere por lo tanto, que la presente invención no esté limitada por la divulgación específica del presente documento, pero solo por las reivindicaciones adjuntas.

### 40 Lista detallada de realizaciones

1. Una pieza de desgaste que tiene alta resistencia al desgaste y resistencia mecánica, que comprende: un cuerpo compuesto de partículas de carburo cementado fundidas con una aleación de acero de bajo carbono, en el que dicha aleación de acero de bajo carbono tiene un contenido de carbono correspondiente a un carbono equivalente  $C_{eq} = \%$  en peso de C + 0,3 (% en peso de Si + % en peso de P) de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,5 por ciento en peso.

2. La pieza de desgaste de acuerdo con el artículo 1, caracterizado porque las partículas de carburo cementado del cuerpo están encapsuladas por el acero de bajo carbono durante la fundición para formar una matriz.

3. La pieza de desgaste de acuerdo con los elementos 1 o 2, caracterizado porque las partículas de carburo cementado tienen un tamaño granular que promueve un equilibrio entre la capacidad térmica y la conductividad térmica entre la aleación de acero de bajo carbono y las partículas de carburo cementado para una máxima humectación de la aleación de acero sobre las partículas de carburo cementado.

4. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, caracterizado porque el volumen de las partículas de carburo cementado es de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 20  $\text{cm}^3$ .

5. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, que comprende además al menos

un recubrimiento de protección contra la oxidación dispuesto sobre las partículas de carburo cementado.

6. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, caracterizado porque dicho al menos un recubrimiento es alúmina.
- 5 7. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, caracterizado porque las partículas de carburo cementado tienen un espesor de recubrimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8  $\mu\text{m}$ .
8. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, que comprende además una pluralidad de capas de recubrimiento sobre las partículas de carburo cementado.
- 10 9. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, caracterizado porque las partículas de carburo cementado tienen un contenido de fase de aglutinante de Ni.
10. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos precedentes, que comprende además una capa previa de TiN recubierta sobre las partículas de carburo cementado debajo del recubrimiento de alúmina.
11. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, caracterizado porque las partículas de carburo cementado se exponen en una superficie de la pieza de desgaste.
- 15 12. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los elementos anteriores, caracterizado porque las partículas de carburo cementado tienen un espesor de aproximadamente 5 a aproximadamente 15 mm.
13. Un procedimiento para formar una alta resistencia al desgaste, pieza de desgaste de alta resistencia mecánica que comprende las etapas de:
- 20 proporcionar una cantidad de partículas de carburo cementado;  
colocar las partículas de carburo cementado en un molde;  
liberar la aleación de acero de bajo carbono fundida en el molde, la aleación de acero de bajo carbono que tiene un contenido de carbono de aproximadamente 1 a aproximadamente 1.5 por ciento en peso, y  
encapsular dichas partículas de carburo cementado con dicha aleación de acero de bajo carbono fundido para moldear una matriz de partículas de carburo cementado y aleación de acero de bajo carbono.
- 25 14. El procedimiento según el punto 13, que comprende además la etapa de recubrir las partículas de carburo cementado con al menos una capa de material reductor de oxidación.
15. El procedimiento según el punto 13 o 14, caracterizado porque la etapa de recubrir las partículas de carburo cementado comprende aplicar una capa de alúmina.
- 30 16. El procedimiento según cualquiera de los puntos 13-15, caracterizado porque la etapa de recubrimiento comprende aplicar un espesor de recubrimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8  $\mu\text{m}$  a las partículas de carburo cementado.
17. El procedimiento según cualquiera de los puntos 13-16, que comprende además la etapa de aplicar una pluralidad de capas de recubrimiento sobre las partículas de carburo cementado.
18. Una pieza de desgaste hecha de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de los artículos 13-17.
- 35 19. Una pieza de desgaste que tiene alta resistencia al desgaste y resistencia mecánica, que comprende:  
un cuerpo; y  
una pluralidad de insertos de partículas de carburo cementado fundidas con una aleación de acero de bajo carbono dispuesta en dicho cuerpo, en el que dicha aleación de acero de bajo carbono tiene un contenido de carbono correspondiente a un carbono equivalente  $C_{eq} = \%$  en peso de C + 0,3 (% en peso de Si + % en peso de P) de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,5 por ciento en peso.
- 40 20. La pieza de desgaste de acuerdo con el artículo 19, caracterizado porque las partículas de carburo cementado del cuerpo están encapsuladas por el acero de bajo carbono durante la fundición para formar una matriz.
- 45 21. La pieza de desgaste de acuerdo con el artículo 19 o 20, caracterizado porque las partículas de carburo cementado tienen un tamaño granular que promueve un equilibrio entre la capacidad térmica y la conductividad térmica entre la aleación de acero de bajo carbono y las partículas de carburo cementado para una máxima humectación de la aleación de acero sobre las partículas de carburo cementado.
22. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los artículos 19-21, caracterizado porque el volumen de las partículas de carburo cementado es de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 20  $\text{cm}^3$ .
- 50 23. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los artículos 19-22, que comprende además al menos un recubrimiento reductor de oxidación dispuesto en cada uno de la pluralidad de insertos.

24. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los artículos 19-23, caracterizado porque dicho al menos un recubrimiento es alúmina.
- 5 25. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los artículos 19-24, caracterizado porque cada uno de la pluralidad de insertos tiene un espesor de recubrimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8  $\mu\text{m}$ .
26. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los artículos 19-25, que además comprende una pluralidad de capas de recubrimiento en cada una de la pluralidad de insertos.
27. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los artículos 19-26, caracterizado porque la pluralidad de insertos están expuestos en una superficie de la pieza de desgaste.
- 10 28. La pieza de desgaste de acuerdo con cualquiera de los artículos 19-27, caracterizado porque los insertos tienen un grosor de aproximadamente 5 a aproximadamente 15 mm.
29. Un procedimiento para formar una alta resistencia al desgaste, pieza de desgaste de alta resistencia mecánica que comprende las etapas de:
- 15 formar una pluralidad de insertos de carburo cementado, formándose los insertos encapsulando partículas de carburo cementado con una aleación de acero de bajo carbono fundida para moldear una matriz de partículas de carburo cementado y una aleación de acero de bajo carbono, teniendo la aleación de acero de bajo carbono un contenido de carbono de aproximadamente 1 a aproximadamente 1,5 por ciento en peso; recubrir cada uno de la pluralidad de insertos de carburo cementado con al menos una capa de material de protección contra la oxidación;
- 20 fijar directamente la pluralidad de insertos en un molde correspondiente a la forma de la pieza de desgaste; y encapsular dichos insertos de carburo cementado con dicha aleación de acero de bajo carbono fundido para moldear los insertos de carburo cementado con la aleación de acero de bajo carbono.
30. El procedimiento según el punto 29, caracterizado porque la etapa de recubrir los insertos de carburo cementado comprende aplicar un recubrimiento de alúmina.
- 25 31. El procedimiento según el punto 29 o 30, caracterizado porque la etapa de recubrimiento comprende aplicar un espesor de recubrimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8  $\mu\text{m}$  a los insertos de carburo cementado.
32. El procedimiento según cualquiera de los puntos 29-31, que comprende además la etapa de aplicar una pluralidad de capas de recubrimiento sobre los insertos de carburo cementado.
- 30 33. Una pieza de desgaste hecha de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de los artículos 29-32.

**REIVINDICACIONES**

1. Una pieza de desgaste que tiene alta resistencia al desgaste y resistencia mecánica, que comprende:
  - un cuerpo; y
  - una pluralidad de insertos de partículas de carburo cementado fundidas con una aleación de acero de bajo carbono dispuesta en dicho cuerpo, en la que dicha aleación de acero de bajo contenido en carbono tiene un contenido de carbono correspondiente a un carbono equivalente  $C_{eq} = \% \text{ en peso C} + 0,3 (\% \text{ en peso de Si} + \% \text{ en peso de P})$  de 0,1 a 1,5 por ciento en peso en la que al menos un recubrimiento de protección contra la oxidación está dispuesto en los insertos.
2. La pieza de desgaste de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** las partículas de carburo cementado del cuerpo están encapsuladas por el acero de bajo carbono durante la fundición para formar una matriz.
3. La pieza de desgaste de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** el volumen de las partículas de carburo cementado es de 0,3 a 20 cm<sup>3</sup>.
4. La pieza de desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada porque** dicho al menos un recubrimiento de protección contra la oxidación es alúmina.
5. La pieza de desgaste de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizada porque** cada uno de la pluralidad de insertos tiene un espesor de recubrimiento de alúmina de 1 a 8 μm.
6. La pieza de desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que además comprende una pluralidad de capas de recubrimiento en cada una de la pluralidad de insertos.
7. La pieza de desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, **caracterizada porque** la pluralidad de insertos están expuestos en una superficie de la pieza de desgaste.
8. La pieza de desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, **caracterizada porque** los insertos tienen un espesor de 5 a 15 mm.
9. Un procedimiento de formación de una pieza de desgaste con alta resistencia al desgaste, y alta resistencia mecánica, que comprende las etapas de:
  - formar una pluralidad de insertos de carburo cementado encapsulando partículas de carburo cementado con una aleación de acero fundido de bajo carbono para moldear una matriz de partículas de carburo cementado y aleación de acero de bajo carbono, teniendo la aleación de acero de bajo carbono un contenido de carbono correspondiente a un equivalente de carbono  $C_{eq} = \% \text{ en peso C} + 0,3 (\% \text{ en peso Si} + \% \text{ en peso P})$  de 0,1 a 1,5 por ciento en peso;
  - recubrir cada uno de la pluralidad de insertos de carburo cementado con al menos una capa de material de protección contra la oxidación;
  - fijar directamente la pluralidad de insertos de carburo cementado recubiertos en un molde correspondiente a la forma de la pieza de desgaste; y
  - encapsular la pluralidad de insertos de carburo cementado recubiertos con dicha aleación de acero fundido de bajo carbono para moldear los insertos de carburo cementado con la aleación de acero de bajo carbono.
10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** la etapa de recubrir los insertos de carburo cementado comprende aplicar un recubrimiento de alúmina.
11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado porque** la etapa de recubrimiento comprende aplicar un recubrimiento de alúmina que tiene un espesor de 1 a 8 μm a los insertos de carburo cementado.

40



Fig.1

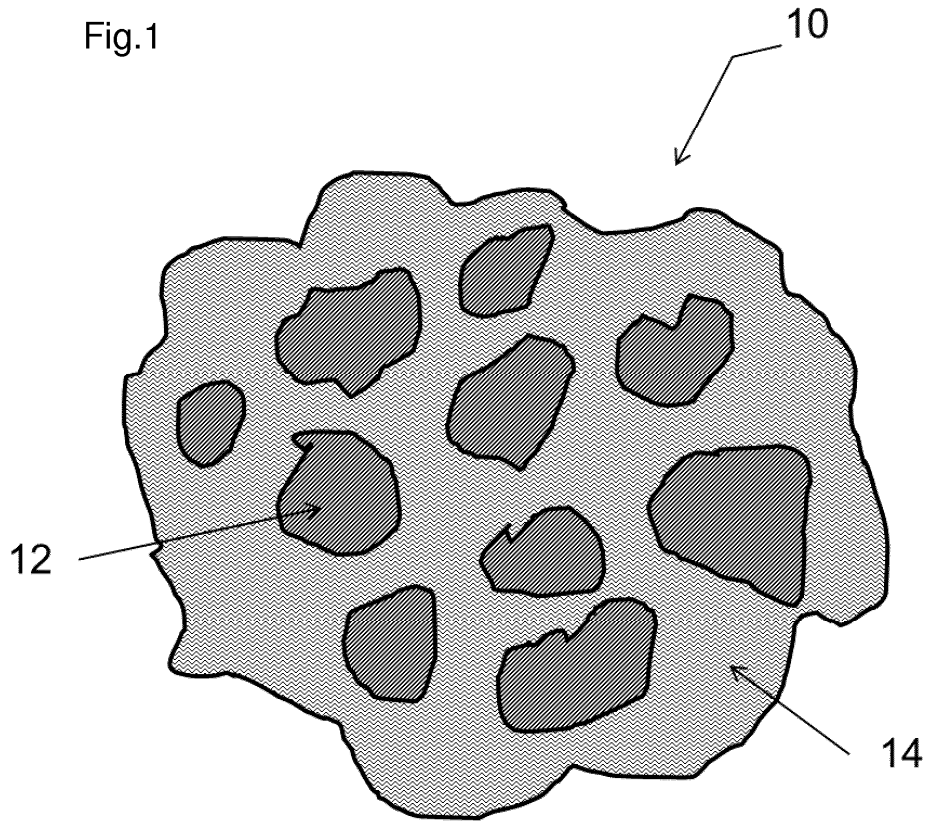


Fig.2

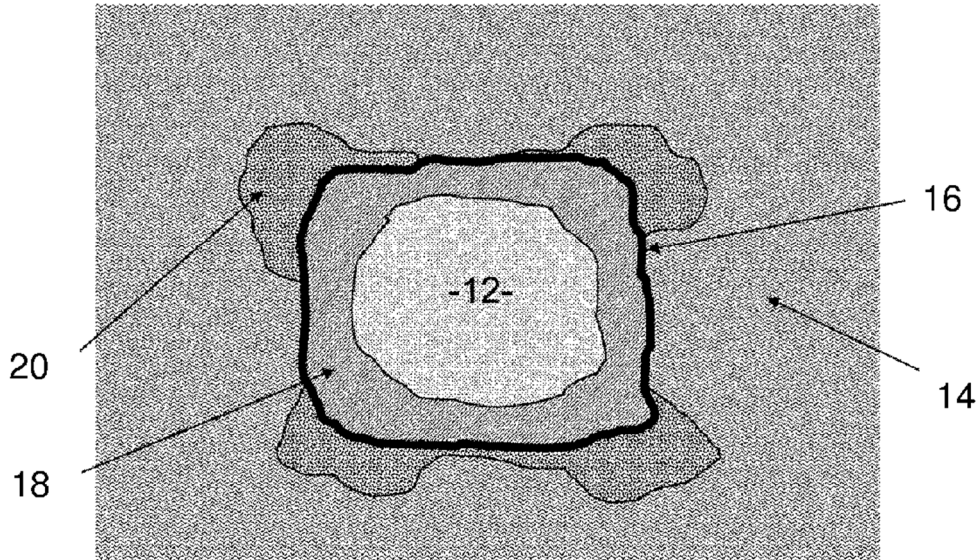


Fig. 3

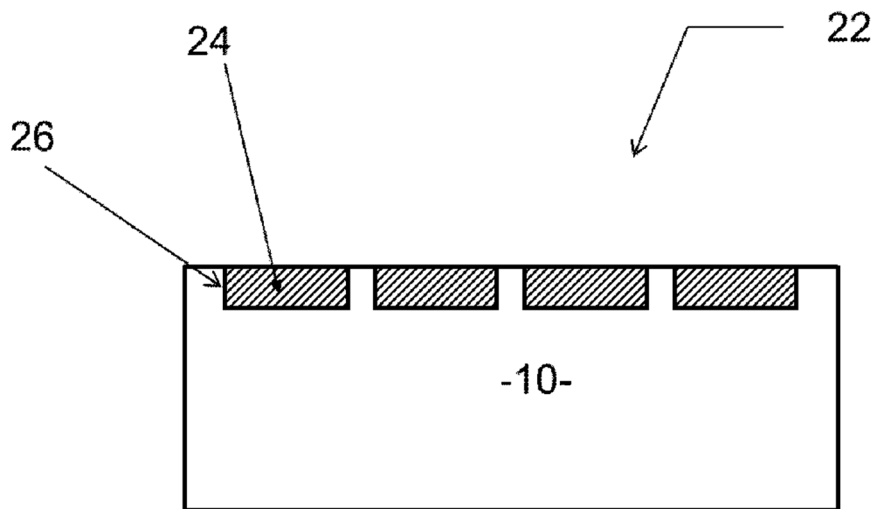


Fig.4

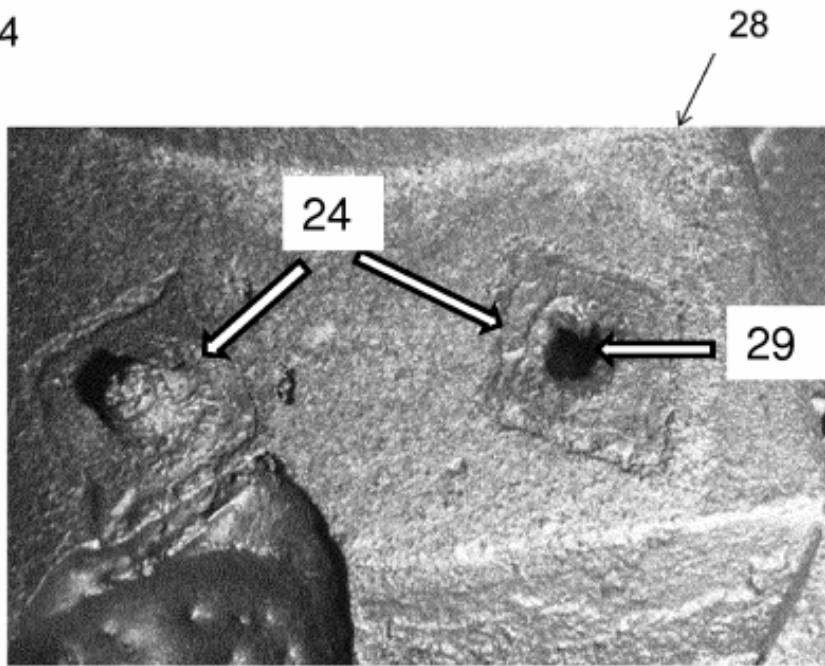


Fig. 5A

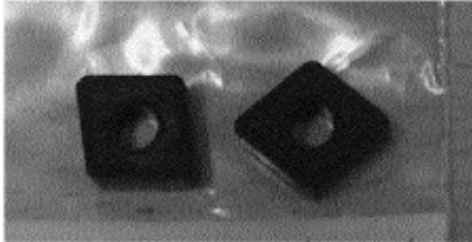


Fig. 5B

