

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 989**

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)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.11.2013 PCT/IB2013/059977**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14072932**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2013 E 13802442 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2917379**

54 Título: **Pieza de desgaste de acero bajo en 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:

25.04.2017

73 Titular/es:

**SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB
(100.0%)**

811 81 Sandviken, SE

72 Inventor/es:

EDERYD, STEFAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 609 989 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 bajo en 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 bajo en carbono que tiene un diseño y un rendimiento de producto únicos y una pieza de desgaste que tiene inserciones producidas a partir de partículas de CC fundidas y acero bajo en carbono. El concepto de material compuesto es especialmente adecuado para brocas usadas en minería y extracción de petróleo y gas, herramientas de fresado de roca, cortadores/discos de tuneladoras, impulsores, y piezas de desgaste usadas en piezas de máquinas, instrumentos, herramientas etc., y particularmente en componentes expuestos a un gran desgaste.

10 Antecedentes de la invención

El documento de patente US 5066546 describe un cuerpo fuerte y resistente al desgaste que incluye partículas de carburo duras, incrustado en y unido a un primer material de matriz ferroso fundido tal como acero o hierro fundido. El cuerpo se puede incrustar y unir a una segunda matriz de acero para formar un material compuesto resistente al desgaste en el que dicha matriz de acero tiene un valor de carbono equivalente entre 1,5 y 2,5.

15 El documento de patente US 4146080 describe un método para formar un material compuesto metal-carburo metálico que comprende: soportar una pluralidad de partículas de carburo cementado sinterizado rodeadas por una aleación de acero.

Compendio

20 Una pieza de desgaste según una realización que tiene alta resistencia al desgaste y dureza que se compone de un cuerpo compuesto de partículas de carburo cementado fundidas con una aleación de acero bajo en carbono, en donde la aleación de acero bajo en 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.

25 Un método para formar una pieza de desgaste de alta resistencia al desgaste y alta dureza de otra realización que incluye las etapas de proporcionar una cantidad de partículas de carburo cementado y colocar las partículas de carburo cementado en un molde. La aleación de acero bajo en carbono fundido, que tiene un contenido en carbono que corresponde 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 % en peso se vierte en el molde. Las partículas de carburo cementado están encapsuladas con la aleación de acero bajo en carbono fundido para moldear una matriz de
30 partículas de carburo cementado y aleación de acero bajo en carbono.

Un método para formar una pieza de desgaste de alta resistencia al desgaste y alta dureza de otra realización más que incluye las etapas de formar una pluralidad de inserciones de carburo cementado, estando formadas las inserciones por partículas de carburo cementado encapsuladas con una aleación de acero bajo en carbono fundido para moldear una matriz de partículas de carburo cementado y aleación de acero bajo en carbono, teniendo la
35 aleación de acero bajo en carbono un contenido de carbono de aproximadamente 1 a aproximadamente 1,5 por ciento en peso. Cada pluralidad de inserciones de carburo cementado se reviste con al menos una capa de material de protección frente a la oxidación/resistente a los productos químicos. La pluralidad de inserciones se fija directamente en un molde que corresponde a la forma de la pieza de desgaste. Las inserciones de carburo cementado están encapsuladas con la aleación de acero bajo en carbono fundido para moldear por colada las
40 inserciones de carburo cementado con la aleación de acero bajo en carbono.

Estos y otros objetos, características, aspectos, y ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones con respecto a los dibujos anexos, en los que:

Breve descripción de los dibujos

45 La FIG. 1 es un ejemplo de microestructura de la matriz de partículas de carburo cementado y aleación de acero bajo en carbono de la presente invención.

FIG. 2 es una microestructura aumentada de la presente invención.

FIG. 3 es una sección transversal de una pieza de desgaste revestida.

FIG. 4 es una pieza de desgaste después de fundir, endurecer, recocer y tratar en alto horno.

FIGS. 5A y 5B son piezas sometidas a ensayo para determinar la resistencia a la oxidación.

50

Descripción detallada

- Un aspecto de la presente invención se refiere a la fundición de partículas/cuerpos de carburo cementado en acero bajo en carbono para producir 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 extracción de petróleo y gas, herramientas de fresado de roca, cortadores/discos de tuneladoras, impulsores, piezas de desgaste deslizantes, y pieza de desgastes usadas en piezas de máquinas, instrumentos, herramientas, etc., y particularmente en componentes expuestos a un gran desgaste. Se debe de apreciar que otros productos o piezas están contemplados por la presente invención.
- Con referencia a FIG. 1, un cuerpo **10** de la pieza de desgaste incluye partículas de carburo cementado **12** y un aglutinante de aleación de acero bajo en carbono **14**. Las partículas de carburo cementado se pueden fundir con aleación de acero bajo en carbono **14**. La aleación de acero bajo en carbono tiene un contenido en carbono que corresponde 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.
- Como es conocido, las partículas de carburo cementado se usan como material con resistencia al desgaste y se pueden formar usando una variedad de técnicas. Por ejemplo, el carburo cementado está presente como piezas, material triturado, polvo, cuerpos comprimidos, partículas o cualquier otra forma. El carburo cementado, que contiene al menos un carburo además de un metal aglutinante, es normalmente de tipo WC—Co con posibles adiciones de carburo de Ti, Ta, Nb u otros metales, pero también pueden ser adecuados otros 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 aglutinante. El carburo cementado también se podría reemplazar por cermet dependiendo de la aplicación de desgaste. Un cermet es un material de matriz metálica más ligero usado normalmente en piezas de desgaste con altas exigencias en resistencia a la oxidación y corrosión. La aleación de acero bajo en carbono se podría reemplazar por otra aleación termorresistente p.ej., aleación basada en Ni, Inconel etc.
- El tamaño de partícula y el contenido de partículas de carburo triturado influirán en la humectabilidad del acero debido a la diferencia en la conductividad térmica entre los dos materiales. Una humectación o unión metalúrgica satisfactorias entre el material duro y el acero se podría mantener en moldes precalentados con una proporción suficientemente alta de acero fundido.
- Con el fin de proporcionar las mejores propiedades de resistencia al desgaste, es preferible que las partículas de CC tengan un tamaño de gránulo de tal modo que se pueda obtener un buen equilibrio con respecto a la capacidad térmica y a la conductividad térmica entre el acero y las partículas de CC para la mejor humectación posible del acero en las partículas de CC. El volumen de tamaño de las partículas de CC debe ser de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 20 cm³.
- Para mantener la mejor resistencia al desgaste del material compuesto duro, las partículas 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 superficie específica plana de desgaste y una buena unión a la matriz del acero. El espesor de las partículas debe ser de aproximadamente 5 a aproximadamente 15 mm.
- Como se muestra en la FIG. 1, las partículas de carburo cementado moldeadas por colada ("partículas de CC") **12** están rodeadas y encapsuladas por la aleación de acero bajo en carbono **14** para formar una matriz. Las partículas de CC fundidas en acero bajo en carbono se adaptan muy bien al acero sin vacíos. 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 aumentará el punto de fusión del acero/aleación por encima del punto de fusión de la fase aglutinante de las partículas de CC. Para evitar la disolución de las partículas de CC, las partículas de CC se revisten con alúmina.
- Como se describirá posteriormente en la presente memoria, el acero bajo en carbono fundido **14** se moldea por colada con las partículas de CC **12** para formar la matriz. Con referencia a la FIG. 2, las partículas de CC **12** se revisten con un revestimiento delgado **16** de alúmina. El revestimiento protector de alúmina se aplica preferiblemente con una técnica de revestimiento CVD y el espesor del revestimiento debe ser muy pequeño si se aplica sobre otro revestimiento duro, p.ej., TiN, (Ti,Al)N, TiC). Es preferible que las partículas de CC tengan un espesor de revestimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8 μm. El revestimiento puede tener múltiples capas y especialmente en las partículas de CC que tienen un contenido de fase aglutinante de Ni es importante tener una precapa de, p.ej., TiN, para hacer posible el revestimiento de alúmina. Se debe de apreciar que se pueden usar otras técnicas de revestimiento, por ejemplo, microonda, plasma, PVD, etc.
- Durante el proceso de moldeo por colada, el revestimiento 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 en las que el revestimiento de alúmina tiene un agujero que produce una "fuga." La fuga controlada del acero produce 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 aleantes procedentes del acero, p.ej., Cr. Una zona de reacción intermedia **20**, mostrada en las esquinas de la partícula, se

restringe a las piezas en el acero donde se encuentran los agujeros en el revestimiento de alúmina. La diferencia en el coeficiente de expansión en volumen entre el acero y las partículas de CC proporciona favorables esfuerzos de compresión alrededor de la partícula de CC. La aleación de la fase aglutinante en la zona externa de la partícula de CC también proporciona esfuerzos de compresión al “núcleo” de la partícula de CC.

- 5 Debido al revestimiento de alúmina, se controla la disolución de CC y se forma la zona superficial **18** entre el acero y el CC donde el revestimiento de alúmina tiene agujeros. La zona superficial mantiene el contenido de las fases duras quebradizas (fase eta / carburos M_6C , $M=W$, Co, Fe y dendritas de aleación W) y no es beneficioso para la resistencia al desgaste de la pieza de desgaste. Sólo una pequeña pieza de CC se disuelve en la zona superficial **18**, de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,3 mm de espesor de las partículas de CC donde se produce un agujero en el revestimiento de alúmina. No se pudo encontrar ninguna “zona” de transición observada entre el revestimiento de alúmina y el acero.

- 15 La pieza de desgaste de la presente invención se puede formar mediante técnicas de moldeo por colada conocidas. Las partículas de CC se pueden colocar en un molde que corresponda a la forma deseada de la pieza. Las partículas de CC se colocan preferiblemente en el molde de tal modo que estén en la superficie de la pieza de desgaste resultante. En esta posición las partículas de CC se exponen al aire. La aleación de acero bajo en carbono fundido después se vierte en molde para formar la matriz de partículas y aleación. La fundición de la matriz se realiza a una temperatura de aproximadamente 1.550 a aproximadamente 1.600°C. Después de fundir se puede someter a endurecimiento, recocido y revenido como es conocido en la técnica.

- 20 Con referencia a la FIG. 3, una pieza de desgaste **22** que tiene un cuerpo **10** puede incluir una pluralidad de inserciones de CC **24** situadas en el mismo. Las inserciones **24** están formadas por partículas de carburo cementado fundidas con aleación de acero bajo en carbono como se describió anteriormente. La aleación de acero bajo en carbono tiene un contenido de carbono que corresponde 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 .

- 25 Las inserciones **24** incluyen un revestimiento **26** para evitar la oxidación. El revestimiento **26** está hecho de alúmina, por ejemplo Al_2O_3 , y reacciona con el acero sin perjudicar la unión entre el acero y las partículas de CC, como se describió anteriormente.

Las inserciones 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 superficie específica plana de desgaste y una buena unión a la matriz de acero. El espesor de las inserciones debe ser de aproximadamente 5 a aproximadamente 15 mm.

- 30 Como se describió anteriormente, durante el proceso de moldeo por colada el revestimiento de alúmina **26** evitará que el acero reaccione con el CC y la disolución de CC se restringe a las partes de las inserciones de CC en las que el revestimiento de alúmina tiene un agujero que produce “fuga.” El revestimiento protector de alúmina se aplica preferiblemente con la técnica de revestimiento CVD y el espesor del revestimiento debe ser muy pequeño si se aplica sobre otro revestimiento duro, p.ej., TiN, (Ti,Al)N, TiC). Es preferible que las inserciones de CC tengan un espesor de revestimiento de alúmina de aproximadamente 1 a aproximadamente 8 μm . El revestimiento puede tener múltiples capas y especialmente en inserciones de CC que tienen un contenido de fase aglutinante de Ni es importante que tenga una precapa de, p.ej., TiN, para hacer posible el revestimiento de alúmina. El revestimiento se puede aplicar a través de una técnica de revestimiento CVD u otras técnicas de revestimiento tales como plasma, microonda, PVD etc.

- 40 La pieza de desgaste de una realización (no según la invención) se puede formar mediante técnicas de moldeo por colada conocidas. Las inserciones de CC revestidas se pueden colocar dentro de un molde que corresponda a la forma deseada de la pieza. Los cuerpos de CC se pueden colocar en el molde de tal modo que estén en la superficie de la pieza de desgaste resultante. En esta posición las inserciones de CC se exponen al aire. La aleación de acero bajo en carbono fundido se vierte en el molde para formar la matriz de partículas y aleación. La fundición de la matriz se realiza a una temperatura de aproximadamente 1.550 a aproximadamente 1.600°C. Después de fundir se puede someter a endurecimiento, recocido y revenido como es conocido en la técnica.

- 50 Debido a la protección frente a la oxidación de superficie del revestimiento de alúmina, las inserciones de CC se pueden fijar directamente a la superficie del molde, es decir, con tornillo, malla, clavo, etc., sin necesidad de que el acero fundido cubra completamente las partículas/inserciones. Esta técnica hace posible formar directamente, por ejemplo, una broca con inserciones de CC o botones montados en el cuerpo de acero. El procedimiento de fundición con endurecimiento, recocido y revenido ha mostrado que el CC sobrevive en la pieza de desgaste debido al revestimiento de alúmina de las inserciones de CC.

Ejemplo 1

(no según la invención)

- 55 Las herramientas de apisonamiento según la invención se produjeron fundiendo la herramienta completa por moldeo en borbotina. La herramienta de apisonamiento acabada tenía un eje de acero y una paleta de desgaste cubierta con inserciones de tipo cuadrado de carburo cementado con una longitud lateral de 28 mm y un espesor of 7 mm.

Las inserciones of carburo cementado se prepararon por una técnica metalúrgica de polvo convencional, que tiene una composición de 8% en peso de C o y el resto es WC con un tamaño de gránulo de 1 μm . El contenido de carbono fue de 5,55% en peso. Las inserciones de carburo cementado sinterizado se revistieron con alúmina en un reactor de CVD a 920°C. Después del procedimiento de CVD las inserciones se cubrieron completamente con un revestimiento de alúmina negro con un espesor de 4 μm .

Las inserciones se fijaron con clavos en el molde para la fabricación de la herramienta de apisonamiento. Se fundió un acero de tipo CNM85 con una composición de 0,26% C, 1,5% Si, 1,2% Mn, 1,4% Cr, 0,5% Ni, y 0,2% Mo y el fundido se vertió en moldes a una temperatura de 1.565°C. Después de enfriar al aire, los dientes se normalizaron a 950°C y se endurecieron a 1.000°C. El recocido a 250°C fue la etapa final del tratamiento térmico antes de tratar en alto horno y moler la herramienta en su forma final. La dureza del acero en las herramientas acabadas fue entre 45 y 55 HRC.

Ejemplo 2

(no según la invención)

En un segundo experimento, destinado especialmente para el fresado de roca, un cortador de fresado de roca de tipo inserción se moldeó por colada en una pieza semiacabada. Cada fresador tenía cuatro inserciones de corte de carburo cementado con un contenido de fase aglutinante de 12% en peso de Co. El resto fue WC con un tamaño de gránulo de 4 μm . El método de fabricación fue el mismo que en el Ejemplo 1 anterior y con un cuerpo de acero de tipo CNM85. Antes del procedimiento de moldeo las inserciones de carburo cementado se revistieron con alúmina en un reactor de CVD según el Ejemplo 1. Las inserciones se ajustaron a presión directamente en el molde antes del procedimiento de moldeo por colada.

Después del moldeo por colada el eje se molió a la dimensión de acabado del cortador de fresado de roca.

Ejemplo 3

(no según la invención)

En un tercer experimento destinado especialmente para herramientas de fresado de roca, tal como picas de vástago cilíndrico, se moldeó por colada un botón de carburo cementado revestido de alúmina con un contenido de fase aglutinante de 6% en peso de Co y el resto fue WC con un tamaño de gránulo entre 8 μm . La ruta de fabricación fue la misma que en el Ejemplo 1 con un procedimiento de moldeo de acero de tipo CNM85 para formar la pieza semiacabada. La parte de ajuste se molió para formar la parte acabada de la pica de vástago cilíndrico.

Las piezas de desgaste realizadas según la presente descripción se sometieron a ensayo de moldeo por colada. La FIG. 4 muestra una pieza moldeada por colada **28** de acero de alta resistencia que tiene inserciones de CC **24'** y realizadas al fundir a 1.565°C, endurecer, recocer y tratar en alto horno. Las inserciones se fijaron directamente en el molde con tornillos.

Las muestras de carburo muestran una buena humectación sin oxidación. La FIG. 4 muestra además que las inserciones de CC **24'** no sólo han sobrevivido al proceso de moldeo, sino que la forma de las inserciones de CC se mantienen después del moldeo por colada. El agujero **29** en la inserción derecha se origina a partir de un tornillo que no sobrevivió a la oxidación durante la operación de moldeo por colada. El ensayo muestra que es posible aplicar inserción de CC a la superficie de acero bajo en carbono. Los resultados muestran que la pieza de desgaste de carburo cementado con aleación de acero de alta resistencia y resistente al desgaste tiene una alta fiabilidad y resistencia con un aumento del rendimiento de desgaste que es 10 veces superior al producto básico de acero.

Con referencia a la figuras 5A y 5B, se sometieron a ensayo dos piezas diferentes: una muestra revestida con alúmina (FIG. 5A) y una muestra de TiN (FIG. 5B). El mismo tipo de muestras de una calidad de CC grade que mantiene 6% cobalto + WC se revistieron completamente con dos tipos de revestimientos duros para un ensayo de oxidación. El revestimiento se mantuvo dentro de un reactor de CVD para ambas variantes de inserciones. Ambos tipos de inserciones se revistieron completamente antes del ensayo de oxidación.

Los resultados de oxidación de 5 horas a 920°C muestran que la muestra de CC revestida con alúmina (FIG. 5A) no muestra ninguna oxidación. Sin embargo, la muestra revestida con TiN muestra oxidación. Por lo tanto, los resultados del moldeo por colada han mostrado una buena humectación del acero alrededor del sustrato de carburo revestido con alúmina.

Se debe de apreciar que mantener el compuesto entre el acero bajo en carbono y las partículas/cuerpos de CC es debido a la alta resistencia a la oxidación/productos químicos de las partículas/cuerpos de CC. La alta resistencia a los productos químicos se mantiene al aplicar un revestimiento de alúmina sobre las partículas/cuerpos de CC. El revestimiento de alúmina se mantiene preferiblemente por una técnica de revestimiento de CVD. El revestimiento también se puede aplicar con otras técnicas, p.ej., PVD en un lecho fluidizado.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación a realizaciones particulares de la misma, muchas otras variaciones y modificaciones y otros usos serán evidentes a los expertos en la técnica. Se prefiere por lo tanto, que la presente invención esté limitada no por la divulgación específica en la presente memoria, sino únicamente por las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Una pieza de desgaste que tiene alta resistencia al desgaste y dureza, que comprende:
 un cuerpo compuesto de partículas de carburo cementado moldeado por colada con una aleación de acero bajo en carbono, en donde dicha aleación de acero bajo en carbono tiene un contenido de carbono que corresponde a un carbono equivalente $C_{eq} = \%$ en peso de C + 0,3 (% en peso de Si + % en peso de P) de 0,1 a 1,5 por ciento en peso, en donde al menos un revestimiento de protección frente a la oxidación se aplica sobre las partículas de carburo cementado.
2. La pieza de desgaste según la reivindicación 1, caracterizada porque las partículas de carburo cementado del cuerpo están encapsuladas por el acero bajo en carbono durante el moldeo por colada para formar una matriz.
3. La pieza de desgaste según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada porque el volumen de las partículas de carburo cementado es de 0,3 a 20 cm³.
4. La pieza de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque dicho al menos un revestimiento de protección frente a la oxidación es alúmina
5. La pieza de desgaste según la reivindicación 4, caracterizada porque el espesor del revestimiento de alúmina es de 1 a 8 μm.
6. La pieza de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una pluralidad de capas de revestimiento de protección frente a la oxidación sobre las partículas de carburo cementado.
7. La pieza de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque las partículas de carburo cementado tienen un contenido de fase aglutinante de Ni.
8. La pieza de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, que comprende además una precapa de TiN, aplicada sobre las partículas de carburo cementado debajo del revestimiento de alúmina.
9. La pieza de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque las partículas de carburo cementado están expuestas en una superficie de la pieza de desgaste.
10. La pieza de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque las partículas de carburo cementado tienen un espesor de 5 a 15 mm.
11. Un método para formar una pieza de desgaste de alta resistencia al desgaste y alta dureza que comprende las etapas de:
 proporcionar una cantidad de partículas de carburo cementado;
 revestir las partículas de carburo cementado con al menos una capa de material reductor de la oxidación;
 colocar las partículas de carburo cementado en un molde;
 verter la aleación de acero bajo en carbono fundido en el molde, correspondiendo la aleación de acero bajo en carbono a un carbono equivalente $C_{eq} = \%$ en peso de C + 0,3 (% en peso de Si + % en peso de P) de 0,1 a 1,5 % en peso, y
 encapsular dichas partículas de carburo cementado revestidas con dicha aleación de acero bajo en carbono fundido para moldear por colada una matriz de partículas de carburo cementado y aleación de acero bajo en carbono.
12. El método según la reivindicación 11, caracterizado porque la etapa de revestimiento de las partículas de carburo cementado comprende aplicar una capa de alúmina.
13. El método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12, caracterizado porque la etapa de revestimiento comprende aplicar un revestimiento de alúmina con un espesor de 1 a 8 μm a las partículas de carburo cementado.
14. El método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que comprende además la etapa de aplicar una pluralidad de capas de revestimiento sobre las partículas de carburo cementado.

Fig.1

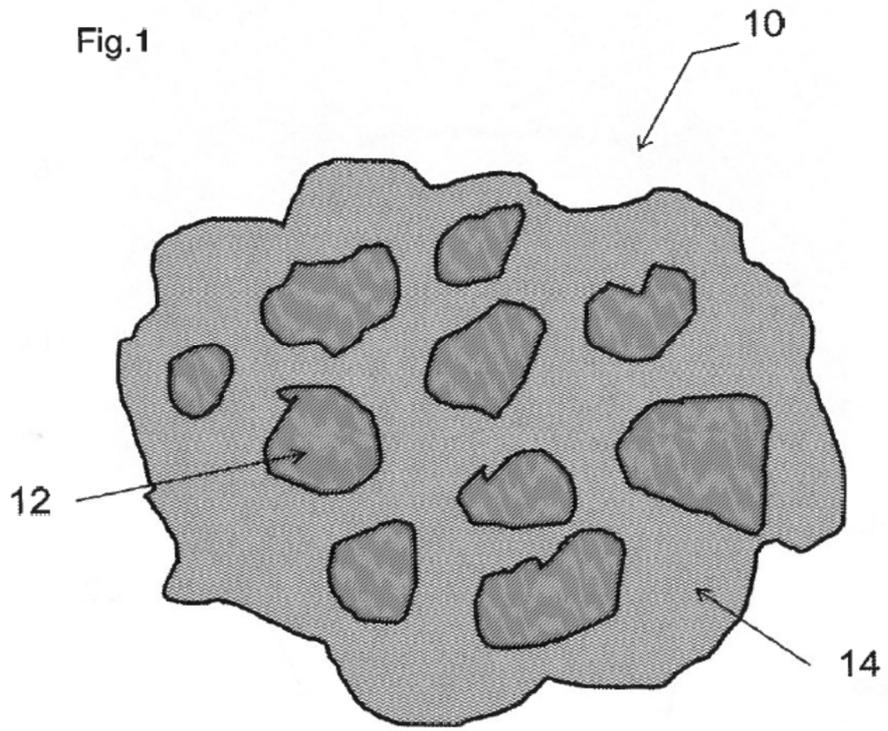


Fig.2

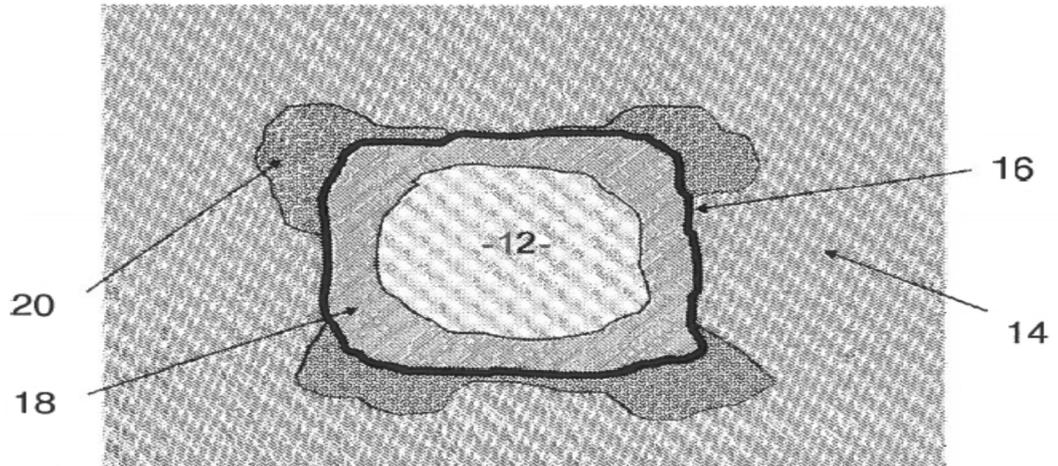


Fig. 3

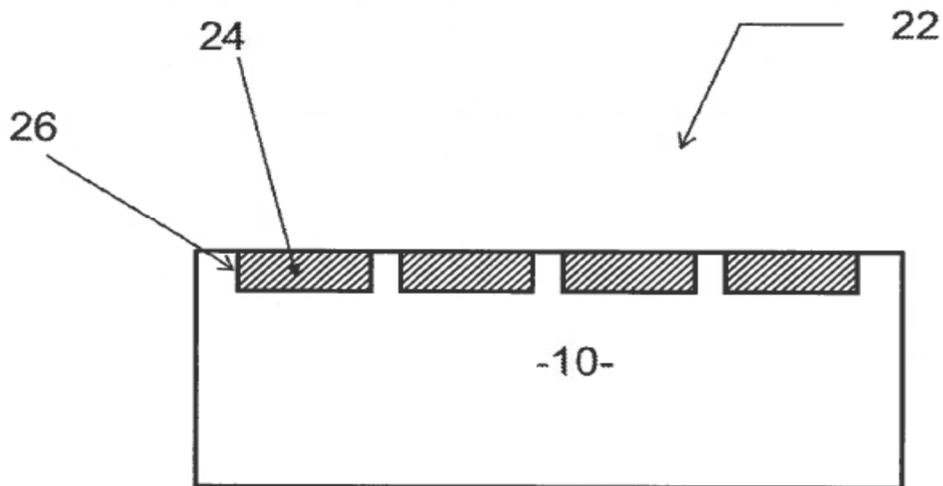


Fig.4

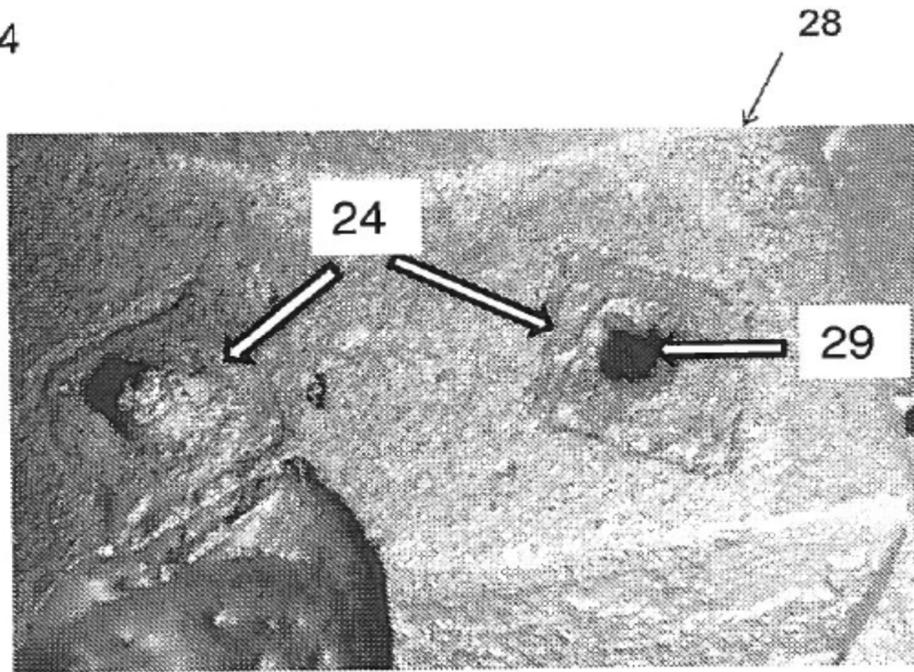


Fig. 5A

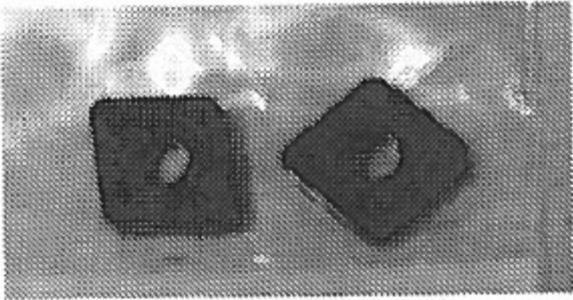


Fig. 5B

