

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 270**

51 Int. Cl.:

E02F 9/28	(2006.01)
B22D 19/06	(2006.01)
E21B 10/46	(2006.01)
E21C 35/183	(2006.01)
C22C 29/08	(2006.01)
E02F 3/815	(2006.01)
B22F 5/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2010 E 10727669 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2435638**

54 Título: **Elemento de desgaste para operaciones de trabajo en tierra/roca con resistencia al desgaste mejorada**

30 Prioridad:

29.05.2009 US 213321 P
01.07.2009 WO PCT/ES2009/000352
10.08.2009 WO PCT/EP2009/005802

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2013

73 Titular/es:

METALOGENIA, S.A. (100.0%)
Carretera Nacional II, Km. 636,6
08330 Premia de Mar, Barcelona, ES

72 Inventor/es:

BRUFAU GUINOVART, JORDI;
ALCALÁ, JORGE;
TRIGINER BOIXEDA, JORGE;
SANCHEZ, JOSÉ y
LÓPEZ ALMENDROS, JOSE

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 431 270 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

Elemento de desgaste para operaciones de trabajo en tierra/roca con resistencia al desgaste mejorado.

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a elementos de desgaste, tales como dientes de acero colado que van a usarse especialmente en maquinaria para aplicaciones de movimiento de tierra, penetración en suelo y/o corte de roca, así como a elementos de inserción que van a incluirse dentro de los elementos de desgaste para mejorar su resistencia al desgaste prolongando así su vida útil.

Antecedentes de la invención (Técnica anterior)

10 La colada de inserción de cuerpos duros en partes de acero colado para aplicaciones de movimiento de tierra para mejorar su resistencia al desgaste se ha descrito anteriormente en el estado de la técnica, como por ejemplo en el documento US-5.081.774 (Kuwano). Este documento describe un diente de excavación de material compuesto sustituible que comprende elementos de inserción de hierro colado de Cr resistentes al desgaste que tienen una dureza superior a un cuerpo de diente y que se cuela por inserción en el cuerpo de diente. El rendimiento del diente de excavación se mejora ubicando el material resistente al desgaste como un elemento de inserción integral en una parte central del cuerpo de diente. El elemento de inserción se extiende desde el extremo de punta hacia una parte de unión del diente y termina en una posición de limitación para el uso potencial de los dientes. Entonces se necesita la sustitución del diente una vez que se alcanza la posición de limitación. Aunque el hierro colado de Cr es un material que es algo similar al acero colado y por tanto aparentemente compatible como elemento de inserción en acero colado, es deseable aumentar la dureza del elemento de inserción por encima de la del hierro colado de Cr con el fin de mejorar el comportamiento al desgaste global de la parte.

15 De los diferentes materiales usados en el estado de la técnica para constituir los cuerpos duros, o elementos de inserción, se ha prestado especial atención a la familia de materiales de cermet (materiales compuestos de material cerámico-metal cementados duros) debido a su excepcional combinación de dureza y tenacidad. Tales propiedades han conducido a su uso común en aplicaciones de desgaste en las que se requieren resistencia a la abrasión y a impactos. Sin embargo, se ha indicado que la inserción de cuerpos de refuerzo de cermet en elementos de desgaste a base de hierro por medio de procedimientos de colada, en los que se vierte una aleación a base de hierro en una cavidad de molde que contiene el cermet, es problemática. Específicamente se ha reconocido que la técnica anterior relacionada con la colada del elemento de inserción de un cermet a base de carburo de tungsteno (a base de WC) conduce a la disolución completa del cermet a base de WC (como partículas o elementos de inserción triturados) mediante la acción de la aleación a base de hierro que se cuela.

20 Se han dado a conocer diferentes estrategias en la técnica anterior para minimizar el problema de la disolución del elemento de inserción. Por un lado, se han introducido capas intermedias protectoras entre la aleación a base de hierro fundida vertida y las partículas o elementos de inserción de cermet a base de WC. Estas capas intermedias están constituidas por aleaciones metálicas que se pretende que permanezcan, al menos, parcialmente intactas en el producto acabado. Esto se ha dado a conocer, por ejemplo, en el documento US-4.764.255 (Fischer) para partes en acero y hierro colado; para partes de hierro colado en el documento US-4.584.020 (Waldenstrom); y para partes de acero colado ("Reinforcing Steel Castings With Wear-Resisting Cast Iron" Liteinoo Proizvodstvo, n.º 7, p. 27 (1986), Furman *et al.*). Además de seleccionar aleaciones de alta temperatura adecuadas para la constitución de las capas intermedias protectoras, la técnica enseña el uso de capas intermedias suficientemente gruesas (hojas), preferiblemente entre 1 y 8 mm de grosor, cuyas temperaturas de fusión son >50°C por encima de la del metal vertido y más preferiblemente 200°C por encima de la del metal vertido en la técnica enseñada en los documentos US-4.764.255 y US-4.584.020. Además, Waldenstrom y Fischer dan a conocer que las capas intermedias deben ser suficientemente gruesas para no disolverse por completo durante el vertido del acero. En la técnica enseñada por Furman, las capas intermedias pueden comprender una aleación de baja temperatura de fusión, tal como cobre. En cualquier caso, se observará fácilmente por cualquier experto en la técnica que el proporcionar una capa de revestimiento protectora en un elemento de inserción de cermet a base de WC representa un coste y complejidad de procesamiento adicional que preferiblemente debería evitarse.

25 Por otro lado, en la técnica anterior se ha reconocido que limitar la temperatura de vertido de la aleación que se cuela conduce a la introducción satisfactoria de elementos de inserción de cermet a base de WC en coladas de acero. La solicitud internacional número WO-2009/061274-A1 (Ederyd y Quarfordt) da a conocer un cuerpo que consiste en un cermet de carburo de tungsteno cementado mediante un aglutinante a base de cobalto que tiene un contenido en carbono próximo a la formación de grafito que se cuela en un acero con un nivel equivalente de carbono preferido superior a 0,5 y con una temperatura de colada suficientemente baja para formar una zona de transición entre el carburo cementado y el acero. Ederyd y Quarfordt enseñan que existen algunos huecos y/o grietas en la región de unión entre el cermet y el acero, aunque estos defectos se consideran como no problemáticos para el rendimiento del componente. Sin embargo, para un experto en la técnica, tales defectos pueden conducir a un rendimiento no fiable de las partes

reforzadas en aplicaciones de alto impacto. De hecho, la práctica de limitar la temperatura de vertido del acero a algún valor bajo para restringir el sobrecalentamiento, tal como se describe en el documento WO-2009/061274-A1, es insuficiente para evitar la formación de grandes defectos en la zona de unión si la tasa de enfriamiento de la colada durante el vertido y la posterior solidificación es demasiado baja, tal como se resuelve mediante la presente invención.

Además la técnica anterior de Ederyd y Quarfordt enseña la existencia de una zona de fase eta en la zona de unión y que la presencia de una zona de fase eta delgada no afecta a la fragilidad del cuerpo. Sin embargo, en la técnica del diseño se conoce bien la fabricación y el uso de cermet de carburo de tungsteno cementado-cobalto, aplicados por ejemplo en herramientas de corte, en los que la fase eta de un carburo de tungsteno-cobalto, que se define generalmente por la fórmula química CO_xW_xC donde $x = 3$ o $x = 6$, es excesivamente frágil, una causa de fallos prematuros en uso, y por tanto altamente no deseable en ningún producto de colada de acero reforzado con cermet sometido a impactos, tal como los dientes de acero colado de penetración en suelo. También se conoce bien que el alto contenido en carbono del cobalto de cementación, que se aproxima a la formación de grafito, inhibe la formación de la fase eta.

El documento US 4.907.665 se refiere al problema de la fragilidad de los elementos de desgaste para operaciones de penetración en tierra/roca. Da a conocer un elemento de desgaste para una máquina de penetración/movimiento en/de tierra/roca que comprende un acero colado por gravedad que rodea y está unido a al menos un elemento de inserción a granel de un cermet de carburo de tungsteno cementado, comprendiendo sustancialmente dicho elemento de inserción granos de carburo de tungsteno. Los elementos de inserción de carburo de tungsteno se revisten con un revestimiento metálico que impide la difusión de carbono. Esta medida impide la formación de una fase eta en el elemento de inserción.

El documento US 4.024.902 se refiere a materiales compuestos consistentes en partículas de carburo de tungsteno sinterizadas en una matriz local de una aleación de acero que tiene un contenido en carbono, cobalto y tungsteno que se preparan situando partículas de carburo de tungsteno con aglutinante de cobalto, siendo al menos algunas de ellas más grandes en tamaño que lo que se desea en el material compuesto final, en un molde. La aleación sometida a matrización que tiene poco o ningún contenido en tungsteno se calienta por encima de su temperatura de fusión y a continuación se vierte en el molde relativamente frío. El carbono, tungsteno y cobalto se disuelven en las superficies externas de las partículas y se difunden a la aleación que se deja enfriar y solidificar de manera natural.

Tal como se describe en la presente invención, la prevención de la formación de fases altamente frágiles se relaciona con el aumento de la intensidad de enfriamiento de la colada y de este modo se evita el tiempo excesivo a la temperatura que permite que se produzcan procesos de difusión específicos, tales como la difusión de carbono, cobalto y tungsteno que provoca la formación de la fase eta.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere al procesamiento de componentes resistentes al desgaste mejorados tales como dientes para maquinaria de movimiento de tierra, penetración en suelo y/o corte de roca, que tienen uniones de alto rendimiento modificadas mediante ingeniería entre elementos de inserción de cermet (es decir, carburo de tungsteno cementado) que son más duros que el acero y el elemento de acero colado en el que se sitúa el elemento de inserción.

Un objeto de la invención es proporcionar un elemento resistente al desgaste mejorado constituido por acero colado por gravedad de cualquier contenido en carbono adecuado, que rodea y está unido especialmente a un elemento de inserción de carburo de tungsteno cementado a granel duro. La invención se refiere a una unión innovadora de elementos de inserción con una dureza excepcional dentro de un acero colado resistente a impactos tenaz.

La calidad de la unión que se desarrolla entre un elemento de inserción de cermet y acero colado es crítica para el rendimiento del componente y para evitar fallos repentinos. La unión de calidad se obtiene si se evitan excesivas macroporosidades y zonas altamente frágiles. En nuestra invención, la calidad de unión se obtiene mediante la penetración de la matriz de cementación del cermet por acero colado líquido suficientemente caliente, la disolución de partículas de carburo de tungsteno en la capa externa de la parte penetrada del elemento de inserción de cermet para enriquecer el acero líquido en tungsteno, y el enfriamiento intensivo rápido de la colada para formar al menos tres, y a veces cuatro, zonas de unión química y estructuralmente distintas que restringen y/o eliminan macroporosidades y evitan zonas altamente frágiles.

Desarrollando apropiadamente la unión especial del elemento de la invención tal como se enseña en el presente documento, es innecesario vestir de manera metálica, o usar capas intermedias metálicas, o de otro modo revestir, el elemento de inserción, o colar previamente el elemento de inserción o usar recipientes para el elemento de inserción, o poner en práctica cualquiera de los métodos relacionados de protección de partículas de cermet o carburo dados a conocer en la técnica anterior. También se describe un método para colar y de este modo realizar un elemento reforzado de la invención.

Los elementos de desgaste reforzados que son objeto de la presente invención tienen uso particular en los trabajos de penetración en suelo en los que el coste de tiempo de inactividad es alto de manera significativa. Por tanto los elementos de desgaste reforzados de esta invención permiten la extensión del tiempo de trabajo eficaz entre sustituciones consecutivas. Los elementos de desgaste reforzados de esta invención pueden sustituir las herramientas (o elementos) de penetración en suelo convencionales, que se fabrican generalmente de manera exclusiva a partir de aceros de baja aleación. Por tanto, la invención se refiere a diferentes realizaciones para reforzar elementos de desgaste de acero colado cuyo uso previsto está en un amplio espectro de aplicaciones. Las aplicaciones van desde las sometidas principalmente a solicitaciones por desgaste, hasta otras en las que la penetración contra el suelo desempeña un papel crítico en el funcionamiento satisfactorio.

10 **Descripción de los dibujos**

La presente descripción incluye las siguientes figuras para ilustrar la invención:

la figura 1 muestra un esquema de las tres zonas de unión entre el núcleo del elemento de inserción (C) y el metal (5) colado requerido para lograr una unión de calidad, la zona (1) de unión de sustitución, la zona (2) de unión de precipitación y la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno.

15 La figura 2 muestra una imagen micrográfica de las cuatro zonas de unión que pueden desarrollarse en una unión de calidad, la zona (1) de unión de sustitución, la zona (2) de unión de precipitación y la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno y la zona (4) de unión de escritura china.

La figura 3(a) muestra un esquema en sección de un aspecto típico de una región de unión en la que sólo tres zonas de unión, la zona (1) de unión de sustitución, la zona (2) de unión de precipitación y la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno están desarrolladas en un elemento de la invención.

La figura 3(b) muestra un esquema en sección de un aspecto típico de una región de unión en la que las cuatro zonas de unión, la zona (1) de unión de sustitución, la zona (2) de unión de precipitación, la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno y la zona (4) de unión de escritura china están desarrolladas en un elemento de la invención.

25 La figura 4 muestra una imagen de SEM (*Scanning Electron Microscope*, microscopio electrónico de barrido) de una sección de un elemento de la invención en la que el campo visual muestra una región de la zona (1) de unión de sustitución.

La figura 5 muestra una imagen de SEM de una sección de un elemento de la invención en la que el campo visual muestra una región de la zona (2) de unión de precipitación.

30 Las figuras 6(a) y 6(b) muestran una imagen de SEM de una sección de un elemento de la invención, en la que el campo visual en cada imagen es idéntico, mostrando una región de la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno, una región de la zona (4) de unión de escritura china, y una región (5) de acero colado no afectado. La figura 6(a) es una imagen de SEM convencional, mientras que la figura 6(b) es una imagen de SEM electrónica retrodispersada.

Descripción detallada de realizaciones y métodos preferidos

35 Un objeto de la presente invención es la mejora de la resistencia al desgaste de un elemento de desgaste, constituido por un acero colado por gravedad que contiene al menos un elemento de inserción a granel duro de refuerzo, es decir un elemento de inserción de carburo de tungsteno cementado, caracterizado porque la unión entre el material de dicho elemento de inserción y el acero colado garantiza el funcionamiento seguro de los elementos de desgaste o componentes reforzados en servicio, impidiendo por tanto, la rotura de los elementos en relación con defectos en dicha unión. Para asegurar la buena unión deseada entre el cermet y el acero en el elemento de desgaste, la temperatura de vertido del acero líquido debe ser suficientemente alta para fundir, desplazar y de este modo penetrar el metal de matriz de cementación del cermet, así como disolver el carburo de tungsteno (WC) del cermet en la capa externa de la parte penetrada, enriqueciendo de este modo el acero líquido en esta capa en tungsteno y carbono dando como resultado así la formación en esta región de una aleación líquida que contiene tungsteno, hierro y carbono. La cantidad suficiente de la temperatura de vertido se indica y refleja obteniendo una penetración del acero en el cermet de una profundidad superior a 1,5 mm tal como se determina mediante la inspección posterior del elemento de desgaste. Además, la intensidad de enfriamiento a la que se somete el elemento de desgaste (es decir, la colada) durante el y después del vertido del acero debe ser suficiente para producir un elemento de desgaste caracterizado por el aspecto de la unión inventiva entre el acero y el cermet y por tanto impedir y/o evitar los problemas de la técnica anterior. Esto requiere una intensidad de enfriamiento que es suficientemente alta para restringir la difusión de tungsteno y carbono que conduce a la formación de regiones excesivamente frágiles. La cantidad suficiente de la intensidad de enfriamiento se indica y refleja obteniendo una zona de unión, definida más tarde como la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno, que está libre de carburo de tungsteno, y comprende una fase metálica rica en hierro que es principalmente en peso hierro y tungsteno que tiene un grosor superior a 20 μm y preferiblemente en el intervalo de 20 μm a 150 μm , tal como se determina mediante la inspección posterior del elemento de desgaste.

La figura 1 y la figura 2 muestran una vista general de las zonas de unión y características estructurales que constituyen el elemento reivindicado.

Según la provisión de suficiente temperatura de vertido de acero para provocar que el acero líquido penetre el cermet y la provisión de enfriamiento suficientemente intensivo de la colada durante el vertido de acero y la posterior solidificación para restringir la difusión, la unión que se desarrolla en una realización preferida de un elemento de desgaste de la invención comprende al menos tres zonas de unión, tal como se muestra en la figura 3(a) en el elemento de desgaste que se produce, concretamente; una zona (1) de unión de sustitución, una zona (2) de unión de precipitación, y una zona (3) libre de carburo de tungsteno. Estas zonas de unión aparecen entre el acero (5) colado no afectado y el núcleo del elemento de inserción (C). El sentido indicado por la flecha (D) en las figuras 3(a) y 3(b) indica un sentido que se aleja de la superficie del elemento de inserción de cermet y va hacia el interior o núcleo del elemento de inserción (C).

A continuación, se dan composiciones químicas de tungsteno y hierro dentro de las fases constituyentes de cada zona de unión según se determina mediante el método de espectrometría electrodispersiva (EDS) realizada con un microscopio electrónico de barrido (SEM), sin considerar el contenido en carbono.

En referencia a la figura 4, la zona (1) de unión de sustitución está caracterizada por la aparición, dentro del elemento de desgaste, de regiones en las que el acero colado ha sustituido la matriz de cementación metálica del cermet, para mostrar una zona de unión que comprende una fase de granos (11) de carburo de tungsteno rodeada por una fase de acero de sustancialmente la misma composición que el acero (12) colado. Los granos (11) claros facetados en la figura 4 están constituidos por carburo de tungsteno. La región (12) oscura entre los granos (11) de carburo de tungsteno en la figura 4 está constituida principalmente por acero colado. Los granos (11) de carburo en esta zona (1) son sustancialmente del mismo tamaño, morfología y composición que los granos en el cermet original y/o los granos de carburo en el núcleo o en cualquier parte del elemento de inserción de cermet (C) no penetrada por el acero. Esta zona (1) de unión o capa de unión puede variar en grosor, sin embargo para garantizar una unión excelente entre el cermet y el acero, esta zona debe tener una mínima profundidad de penetración en el cermet de un grosor en el intervalo de 1,5 mm o superior.

En referencia a la figura 5, la zona (2) de unión de precipitación está caracterizada por la aparición dentro del elemento de desgaste de regiones en las que una fase rica en tungsteno que contiene hierro (22) rodea parcialmente o por completo los granos (21) de carburo de tungsteno. Los granos (21) claros facetados en la figura 5 están constituidos por carburo de tungsteno y aparecen más brillantes que la fase (22) rica en tungsteno de alrededor. Algunos de estos granos (21) muestran un aumento de grosor o se han precipitado recientemente en comparación con los granos (11) de carburo en la zona (1) de unión de sustitución, o los granos en el núcleo, o en cualquier parte del elemento de inserción de cermet (C) no penetrada por el acero. La fase (22) rica en tungsteno tiene un contenido en tungsteno normalmente en el intervalo del 68 al 75% de tungsteno en peso, pero puede ser de hasta el 60% dependiendo de la intensidad de enfriamiento. Las áreas de tungsteno empobrecido delgadas de una fase (23) metálica rica en hierro aparecen como regiones oscuras, tal como se observa en la figura 5, inmediatamente adyacentes a los granos (21) de carburo de tungsteno. La fase (23) rica en hierro de la zona (2) de unión de precipitación no es siempre evidente.

La zona (3) libre de carburo de tungsteno está caracterizada por la aparición dentro del elemento de desgaste de regiones que comprenden una fase metálica rica en hierro o solución sólida que es principalmente en peso hierro-tungsteno, en el que el contenido en tungsteno de dicha fase metálica rica en hierro está normalmente en el intervalo del 5 al 15% de tungsteno en peso pero más generalmente es inferior al 20% en peso. Esta zona (3) de unión puede ser tan delgada como de 20 μm pero puede aumentarse hasta 150 μm dependiendo de la intensidad de enfriamiento durante la solidificación del elemento de desgaste. Tal como se muestra en la figura 3(a), la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno es normalmente adyacente a la zona (2) de unión de precipitación. La zona (2) de unión de precipitación puede aparecer en forma de pequeños grupos rodeados o rodeados parcialmente por la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno.

La existencia, grosor y extensión de una cuarta zona (4) de unión se ven afectados por la intensidad de enfriamiento. Esta zona de unión adicional tiene el aspecto microestructural de escritura china, que comprende una fase (42) rica en hierro, en la que el contenido de tungsteno está normalmente en el intervalo del 5 al 15% en peso, y una fase (41) rica en tungsteno, en la que el contenido de tungsteno está normalmente en el intervalo del 68 al 75% en peso. El aspecto de escritura china de esta zona (4) de unión puede observarse en la figura 6(a) y la figura 6(b), que muestran los patrones típicos de una descomposición peritética de un líquido durante la solidificación, que implica el crecimiento cooperativo de las dos fases (41, 42) sólidas con una (41) de las fases mostrando características circulares o globulares que se alternan con laminillas en un fondo de la otra fase (42).

La figura 6(a) y la figura 6(b) muestran cada una imagen, de campo visual idéntico, que contiene una región de la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno, una región de la zona (4) de unión de escritura china y una región de acero (5) colado no afectado. La imagen de SEM convencional (figura 6(a)) sólo proporciona un contraste pequeño entre fases que tienen diferentes contenidos en tungsteno, mientras que la imagen de SEM retrodispersada (figura 6(b)) mejora el brillo de las fases que contiene tungsteno. Comparando las figuras 6(a) y 6(b), puede observarse que la zona (4) de

unión de escritura china comprende dos fases distintas en las que una fase (41) es más brillante (es decir, superior en tungsteno) que la otra (42), mientras que la zona (3) libre de carburo de tungsteno comprende sólo una fase distinta que tiene un brillo similar a la fase (42) menos brillante en la zona (4) de unión de escritura china. La región más oscura en la figura 6(b) es la región de acero (5) colado no afectado, que es oscura debido a su muy bajo (casi nulo) contenido en tungsteno. En la zona (4) de unión de escritura china, la fase (41) rica en tungsteno forma las estructuras que son de aspecto ligero y brillante y tienen el aspecto de caracteres chinos, mientras que el fondo más oscuro es la fase (42) rica en hierro.

La zona (4) de unión de escritura china forma a partir de la solidificación de la parte de metal líquido altamente rico en tungsteno, que no presenta ningún grano de carburo de tungsteno residual, a medida que estos granos se disuelven por completo por el acero líquido en cualquier región en la que aparece esta zona (4) de unión. Este metal líquido es el último metal líquido en el elemento en solidificarse y por tanto tiende a producirse una macroporosidad, relacionada con la tendencia bien conocida de la contracción de solidificación a concentrarse en regiones de última solidificación, dentro de o rodeadas parcialmente por regiones de zona (4) de escritura china. Se desea minimizar y/o casi eliminar la extensión de la zona (4) de escritura china y restringir de este modo el tamaño de cualquier macroporosidad dentro del elemento de desgaste. Aumentando la intensidad de enfriamiento se restringe el tiempo para la disolución de los granos de WC del cermet favoreciendo también un fuerte deterioro del contenido en tungsteno global de la zona (4) de escritura china en el sentido del acero vertido (es decir, en el sentido opuesto a la flecha D en la figura 3(b)) con una reducción posterior en el volumen o área fraccional de los caracteres (41) chinos. Por tanto, puede minimizarse o impedirse por completo la extensión e incidencia de la zona (4) de escritura china aumentando la intensidad de enfriamiento a la que está sometido el elemento de desgaste durante la colada y solidificación del acero.

El cermet preferido usado para los elementos de inserción de una realización preferida comprende partículas de carburo de tungsteno cementado mediante una matriz de cobalto o cobalto-níquel. En este caso, la optimización mencionada anteriormente de la unión se realiza a través de una combinación de las siguientes estrategias. Una estrategia es el control de la temperatura del acero fundido que alcanza la superficie del elemento de inserción de manera que esta temperatura supera sustancialmente el punto de fusión o temperatura de liquidus del metal de cementación. Otra estrategia es proporcionar un sistema de moldeo no precalentado que contiene el elemento de inserción, estando adaptado dicho sistema de moldeo para proporcionar un enfriamiento suficientemente intenso para restringir la extensión e incidencia de la zona (4) de unión de escritura china, mientras se aumenta la extensión y el grosor de la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno.

Según la primera estrategia mencionada anteriormente, la temperatura de vertido del acero debe ajustarse y controlarse mediante los métodos conocidos de la técnica de colada de acero hasta que una profundidad de penetración del acero líquido en la superficie del elemento de inserción a granel sea superior a 1,5 mm, tal como se evidencia obteniendo una zona (1) de unión de sustitución superior a 1,5 mm de grosor. Según la otra estrategia mencionada anteriormente, la intensidad de enfriamiento del sistema de moldeo puede ajustarse según los métodos conocidos de la técnica de colada de acero, tal como; la incorporación de refrigeraciones en el moldeo, el diseño del elemento y el elemento de inserción para controlar la razón entre la cantidad de acero caliente vertido respecto de la cantidad del elemento de inserción frío (no precalentado), el uso de materiales de moldeo tales como arenas con conductividades térmicas y capacidades caloríficas apropiadas, y la incorporación de núcleos en el diseño de elemento y el sistema de moldeo, con el objetivo de proporcionar un enfriamiento suficientemente intenso para impedir la penetración y disolución excesiva del elemento de inserción de cermet y restringir la extensión de la zona (4) de escritura china a sustancialmente menos de 3 mm para controlar la macroporosidad asegurando así el rendimiento del elemento de desgaste en su uso final.

Durante el procedimiento mediante el cual el acero líquido colado penetra la parte externa del elemento de inserción de cermet, una parte significativa del material metálico de la matriz de cementación del cermet se desplaza y empuja al núcleo interior del elemento de inserción (C). Esto altera la constitución del elemento de inserción no sólo en las partes externas del elemento de inserción en las que se produce la penetración de acero, sino también en la región interna del elemento de inserción donde no ha penetrado el acero (C), de manera que una parte del núcleo del elemento de inserción (C) contiene una fracción superior del metal de matriz en comparación con el elemento de inserción original antes de la inserción. Por tanto, la penetración apropiada del cermet mediante el acero colado también se indica mediante un aumento, en alguna parte de la región interna (C) del cermet rodeado de acero colado, en el contenido del metal de cementación en comparación con el contenido de metal de cementación del elemento de inserción original antes de la colada o en comparación con una parte no afectada del núcleo central del elemento de inserción (C). Este procedimiento ablanda pero también endurece las partes de matriz de cementación aumentada del elemento de inserción. El cobalto, o una aleación a base de cobalto de cobalto-níquel, es el metal de cementación preferido y en este caso se ha encontrado que puede conseguirse al menos un aumento del 80% en el contenido en cobalto en algunas regiones hacia el núcleo interior del elemento de inserción (C).

Como se dio a conocer anteriormente, el elemento de inserción de cermet preferido está constituido por partículas de carburo de tungsteno cerámicas duras en una matriz de cobalto o a base de cobalto metálica. La fracción preferible de la matriz de cobalto o a base de cobalto se encuentra entre el 5 y el 20% en peso. Un aumento del contenido de matriz de metal por encima de estos límites mejora la tenacidad del núcleo del elemento de inserción (C) tras la colada

5 reduciendo fuertemente su dureza y por tanto no se desea para la presente aplicación. Para contenidos en cobalto inferiores al 5% en peso, la infiltración se hace cada vez más difícil. Además, como el aumento de matriz en cobalto que se obtiene en el núcleo del elemento de inserción (C) tras la colada es relativamente pequeño para tal contenido en metal de matriz inicial bajo, la mejora de tenacidad en esta región se hace insignificante. Usando los cermets mencionados anteriormente en componentes de acero que se han tratado térmicamente de manera convencional, se observa que aunque la dureza Vickers tras la colada en la región de aumento de matriz se disminuye hasta el intervalo de 8-11 GPa para un cermet de WC-Co cuya dureza original era de 12,5 GPa antes de la colada, esta característica se contrarresta por el aumento asociado en la tenacidad. El elemento de inserción preferido contiene preferiblemente en más del 80% de su área de sección transversal partículas de WC cuyo diámetro equivalente medio es de 4 micras medido mediante un análisis de imagen de una superficie muy pulida. Aunque se produce una cierta disolución en la superficie de tales partículas por la acción del acero, los cambios microestructurales inducidos todavía permiten conseguir la dureza Vickers mencionada anteriormente.

La naturaleza y el objeto de la invención serán evidentes mediante la siguiente descripción detallada de una realización preferida de la invención.

15 El objeto de esta realización es un elemento de desgaste, es decir, un diente de acero colado, que va a usarse especialmente en aplicaciones de dragado en rocas duras. El fin principal del elemento de desgaste es hacer más profundos los lechos de rocas duras de puertos, ríos, canales o similares.

20 El diente de dragado del presente ejemplo está reforzado con un elemento de inserción de cermet a base de WC para mejorar su resistencia al desgaste prolongando así su vida útil. La fiabilidad del diente reforzado se garantiza obteniendo la unión de calidad entre el elemento de inserción de cermet de refuerzo y el acero colado que constituye el diente. En la unión obtenida se ha restringido la existencia de macroporosidades minimizando y/o controlando la extensión de la zona (4) de unión de escritura china.

25 El elemento de inserción de la presente realización es una varilla de cermet a base de WC sinterizada de 100 mm de longitud por 20 mm de diámetro. La matriz metálica (de cementación) del cermet consiste en Co principalmente y representa el 11% en peso del elemento de inserción total. El otro 90% en peso del elemento de inserción está constituido por partículas de WC con un tamaño de grano promedio de 4 μm .

30 El elemento de desgaste se ha producido usando moldeo de arena a base de sílice unido con resina en frío, denominado comúnmente procedimiento ISOCURE. El molde no se precalentó y tenía una razón de arena respecto del acero de 2,5 kg de arena / kg de acero colado. No se usaron núcleos especiales para reducir la cantidad de acero alrededor del elemento de inserción de cermet dentro de la parte más maciza del elemento de desgaste.

35 El peso del acero vertido en el molde para constituir el elemento de desgaste y rodear de manera eficaz el elemento de inserción de cermet fue de 17,6 kg. Se emplearon temperaturas de vertido de acero en el intervalo de 1550-1650°C. Estas temperaturas representan un sobrecalentamiento de 50 a 150°C por encima de la temperatura de fusión del acero colado de baja aleación usado para constituir el elemento de desgaste. Los elementos de desgaste del ejemplo se sacudieron (es decir, se retiraron de la arena) 4 horas después del vertido de acero.

No se evitaron por completo grietas y macroporosidades grandes sólo controlando la temperatura de vertido del acero en contacto con el elemento de inserción, ni tampoco se limitó apropiadamente la extensión de la zona (4) de unión de escritura china. Un microexamen muestra poros de hasta 5 mm de grosor y zonas de escritura china de un grosor de 15 mm.

40 Pueden combinarse más de una de las siguientes acciones para aumentar la intensidad de enfriamiento con el fin de restringir/eliminar macroporosidades y limitar la extensión de la zona (4) de unión de escritura china a un grosor muy inferior a 3 mm en la gran mayoría de la superficie de unión entre el cermet y el acero:

45 i) rediseñar la geometría del elemento de desgaste para permitir la introducción de núcleos de arena en el moldeo para reducir la cantidad de acero alrededor del elemento de inserción de cermet y dentro de la parte más maciza del elemento de desgaste y de este modo aumentar la intensidad de enfriamiento.

ii) Sustituir arenas a base de cromita y/o zirconio para la arena a base de sílice empleada anteriormente, basándose en las conductividades térmicas y capacidades térmicas superiores de estas arenas y aumentando de este modo la intensidad de enfriamiento.

iii) Reducir el tiempo de sacudida de la colada y aumentar de este modo la intensidad de enfriamiento.

50 iv) Introducir un elemento de inserción de acero en la proximidad del elemento de inserción de cermet o introducir una refrigeración de colada en el molde en la proximidad del elemento de inserción de cermet, de modo que la fusión del elemento de inserción de acero mediante el acero vertido o la refrigeración del acero vertido aumenta la intensidad de enfriamiento en la región de unión.

5 Según las acciones dadas a conocer anteriormente, se produjo un elemento de desgaste. Un rediseño del elemento de
desgaste permitió la reducción de la cantidad de acero en la parte maciza del diente y permitió la introducción de un
núcleo de cromita en la proximidad del elemento de inserción, para aumentar de manera eficaz la intensidad de
enfriamiento. Con la introducción del núcleo de cromita, el espacio entre el elemento de inserción y la arena del molde
y/o el núcleo osciló entre 8 y 25 mm con respecto a la gran mayoría del elemento de inserción de cermet. El vertido del
10 acero a 1600°C y la sacudida de la colada tras una hora del vertido condujeron a la obtención de una unión de calidad
entre el elemento de inserción y el acero tal como se muestra en la figura 2. La zona (1) de unión de sustitución tenía un
grosor que osciló entre 1,5 y 3 mm. La fase (22) rica en tungsteno dentro de la zona (2) de unión de precipitación tenía
un contenido en tungsteno que osciló entre el 65% y el 70% en peso. La zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno
15 tenía un grosor mínimo de 30 μm y el contenido en tungsteno osciló entre el 10% y el 14% en peso. La zona (4) de
unión de escritura china no apareció en la mayoría de la unión de calidad desarrollada, sino que sólo apareció en la
proximidad de la parte más maciza de la colada, en la que su grosor varió de 0 a 2,5 mm. El contenido en tungsteno de
la fase (41) rica en tungsteno de la zona (4) de escritura china osciló entre el 68% y el 75% en peso, mientras que el
contenido en tungsteno de la fase (42) rica en hierro osciló entre el 10% y el 14% en peso. No había macroporosidad en
ninguna zona de unión.

Los ensayos de campo de los elementos de desgaste de esta realización mostraron una mejora del rendimiento en
servicio en cuanto a vida útil mayor del 100% en comparación con los elementos de desgaste no reforzados típicos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de desgaste para máquinas de penetración/movimiento en/de tierra/roca que comprende un acero colado por gravedad que rodea y está unido a al menos un elemento de inserción a granel de un cermet de carburo de tungsteno cementado, comprendiendo sustancialmente dicho elemento de inserción granos de carburo de tungsteno con una matriz de cementación metálica, caracterizado porque dicho elemento tiene al menos las siguientes tres zonas de unión formadas:
- una zona (1) de unión de sustitución, en la que el acero sustituye el metal de matriz de cementación del elemento de inserción, comprendiendo de este modo una zona en la que granos (11) de carburo de tungsteno están rodeados por acero (12).
 - 10 - una zona (2) de unión de precipitación, que comprende una fase (22) rica en tungsteno, principalmente tungsteno y hierro, y granos (21) de carburo de tungsteno con un grosor aumentado y/o precipitados.
 - una zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno, que comprende una fase metálica rica en hierro que es principalmente hierro y tungsteno.
- 15 2. Elemento de desgaste según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además una cuarta zona (4) de unión, adyacente a la zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno y/o la zona (2) de unión de precipitación, formada que tiene una microestructura de aspecto de escritura china, que comprende una fase (42) rica en hierro y una fase (41) rica en tungsteno.
3. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que dicha matriz de cementación metálica de dicho elemento de inserción comprende principalmente cobalto o una aleación basada en cobalto, tal como cobalto-níquel.
- 20 4. Elemento de desgaste según la reivindicación 3, en el que se forma una región de matriz aumentada dentro del elemento de inserción que tiene un contenido en Co aumentado en al menos el 80% en comparación con el contenido en Co del elemento de inserción original antes de la colada o en comparación con una parte no afectada del núcleo del elemento de inserción (C).
- 25 5. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha zona (2) de unión de sustitución tiene un grosor superior a 1,5 mm.
6. Elemento de desgaste según la reivindicación 2, en el que dicha zona (4) de unión de escritura china tiene un grosor inferior a 3 mm, para restringir o impedir la formación de macroporosidades.
7. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el grosor total de dicha zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno es superior a 0,02 mm.
- 30 8. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que en dicha zona (2) de unión de precipitación el contenido en tungsteno de dicha fase (22) rica en tungsteno es superior al 60% en peso.
9. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que en dicha zona (2) de unión de precipitación el contenido en tungsteno de dicha fase (22) rica en tungsteno es del 68% al 75% en peso.
- 35 10. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que en dicha zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno el contenido en tungsteno de dicha fase metálica rica en hierro es superior al 5% e inferior al 20% en peso.
11. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, en el que en dicha zona (4) de unión de escritura china el contenido en tungsteno de dicha fase (41) rica en tungsteno está entre el 68% y el 75% en peso.
- 40 12. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, en el que en dicha zona (4) de unión de escritura china el contenido en tungsteno de dicha fase (42) metálica rica en hierro está entre el 5% y el 20% en peso.
13. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12, caracterizado porque la extensión y/o el grosor de dicha cuarta zona (4) de unión se minimiza aumentando la intensidad de enfriamiento durante la colada y solidificación del acero vertido.
- 45 14. Procedimiento para producir un elemento de desgaste para máquinas de penetración/movimiento en/de tierra/roca que comprende un acero colado por gravedad que rodea y está unido a al menos un elemento de inserción a granel de un cermet de carburo de tungsteno cementado, comprendiendo sustancialmente dicho elemento de inserción granos de carburo de tungsteno con una matriz de cementación metálica, caracterizado porque comprende las etapas de

- verter el acero líquido alrededor del elemento de inserción a una temperatura que es suficientemente alta para fundir, desplazar y de este modo penetrar el metal de matriz de cementación del cermet, así como disolver el carburo de tungsteno del cermet en la capa externa de la parte penetrada, obteniendo una zona (2) de unión de sustitución con una penetración del acero en el cermet de una profundidad superior a 1,5 mm, y
- 5 - enfriar el elemento a una intensidad que es suficientemente alta para restringir la difusión de tungsteno y carbono, obteniendo una zona (3) de unión libre de carburo de tungsteno con una fase metálica rica en hierro con un grosor superior a 20 μm .
- 10 15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque la intensidad de enfriamiento se aumenta rediseñando la geometría de elemento de desgaste permitiendo la introducción de núcleos de arena en el moldeo para reducir la cantidad de acero alrededor del elemento de inserción de cermet y dentro de las partes macizas del elemento de desgaste.
16. Procedimiento según la reivindicación 14 o reivindicación 15, caracterizado porque la intensidad de enfriamiento se aumenta usando arenas a base de cromita y/o zirconio para el moldeo.
- 15 17. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque la intensidad de enfriamiento se aumenta en la región de unión mediante la introducción de un elemento de inserción de acero y/o refrigeración en la proximidad del elemento de inserción a granel de cermet.

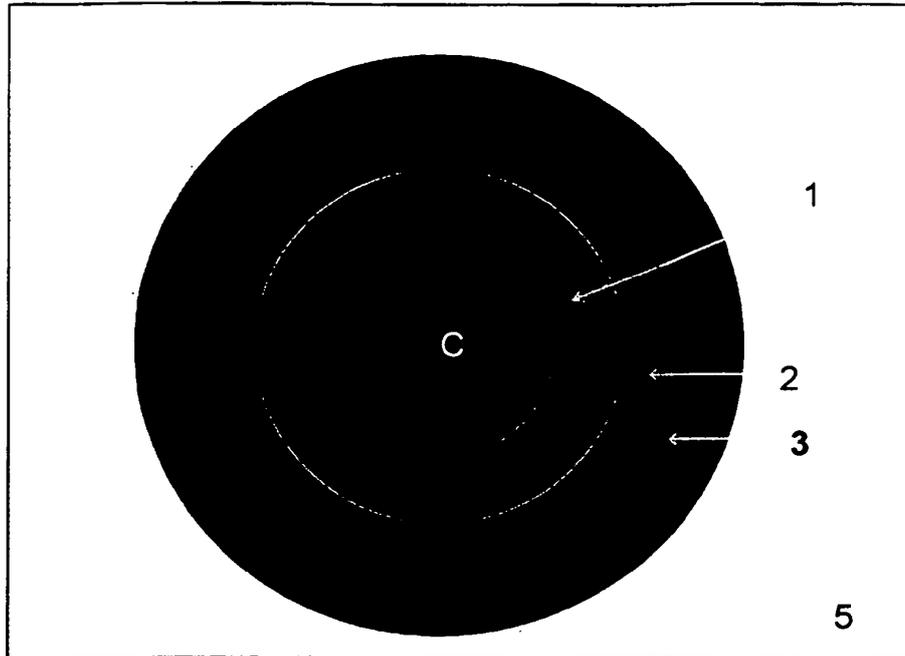


Fig. 1

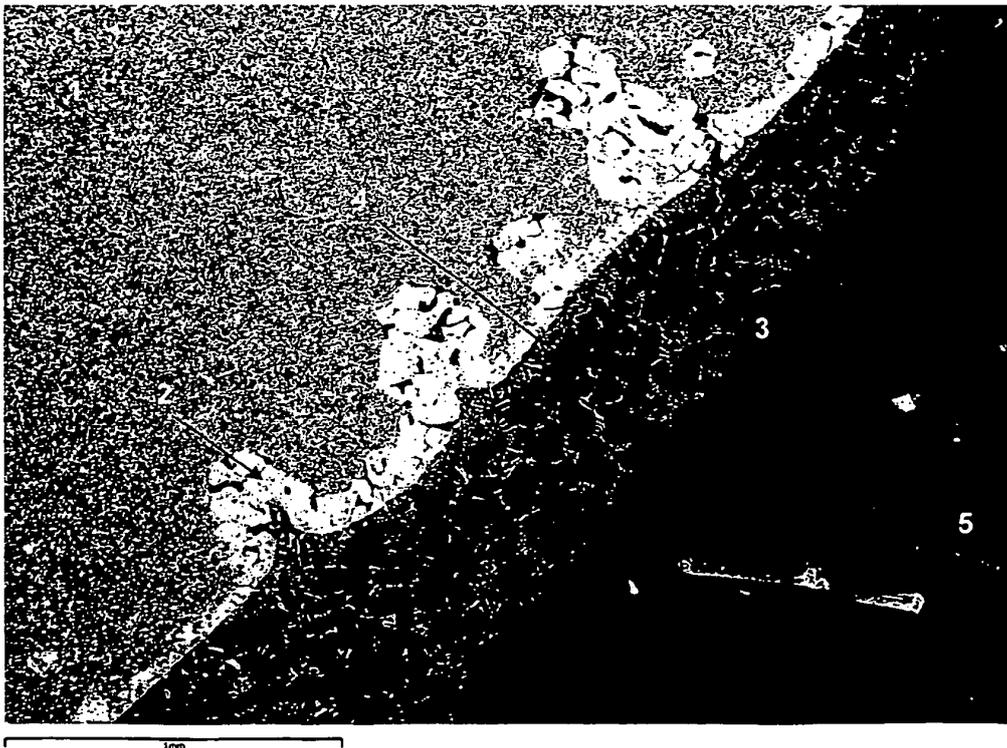


Fig. 2

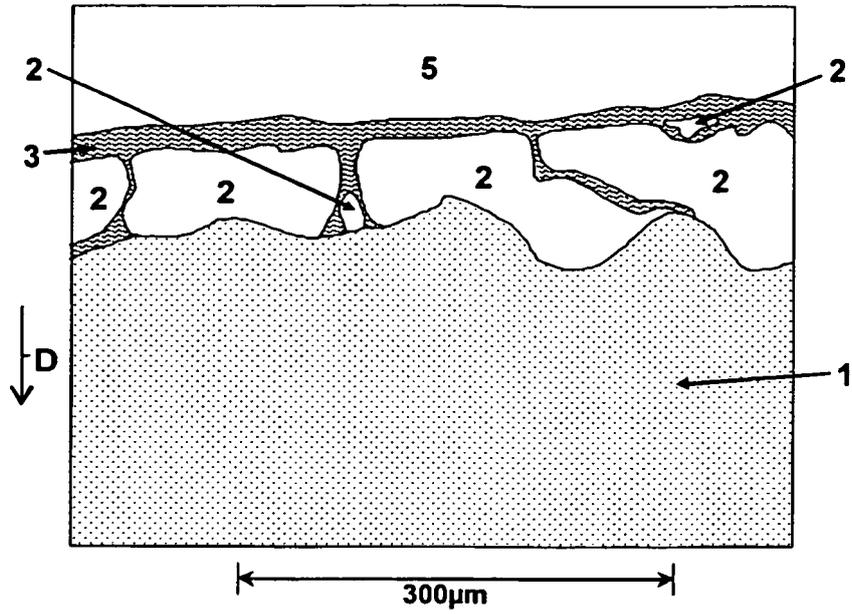


Fig. 3 a

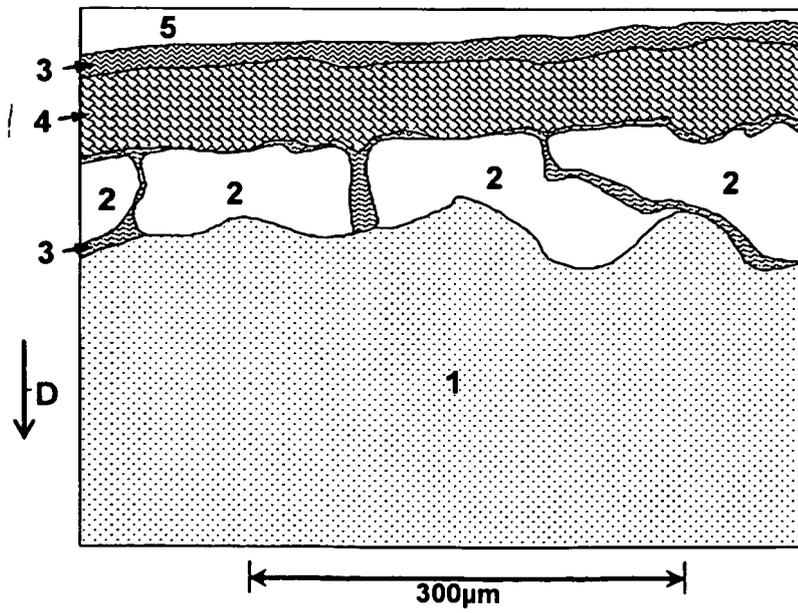


Fig. 3 b

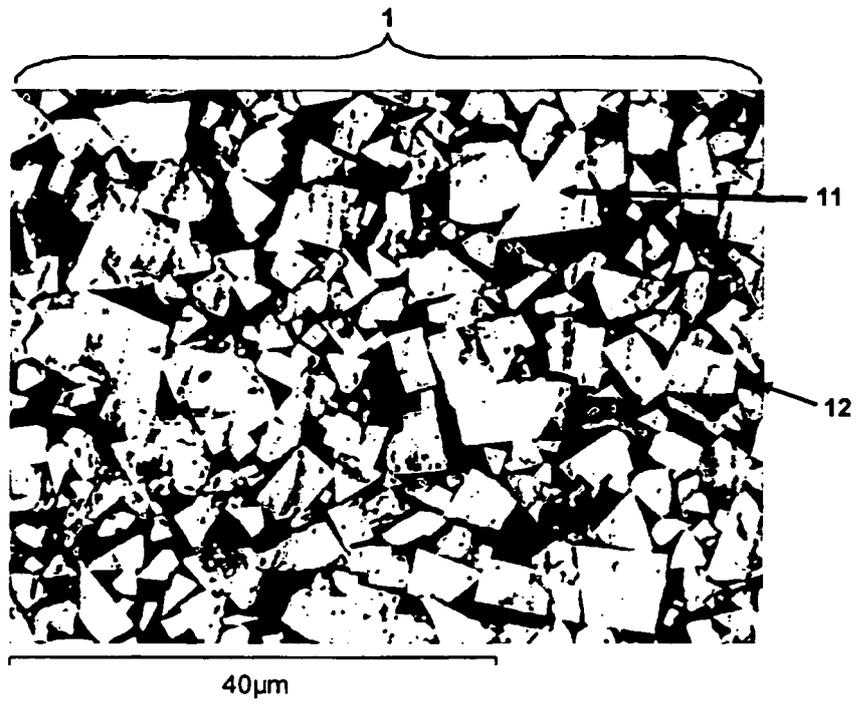


Fig. 4

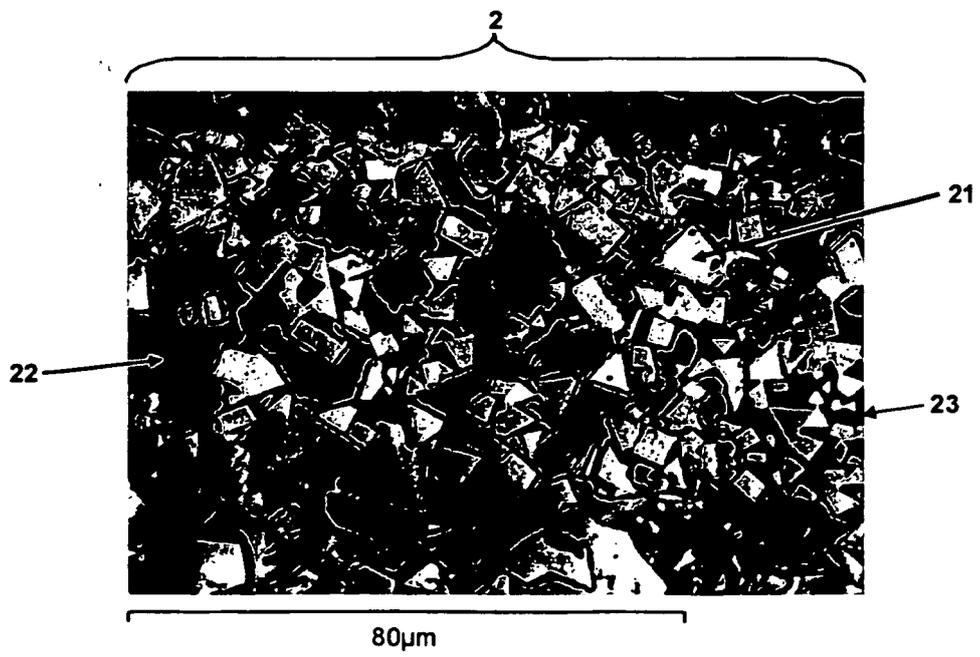


Fig. 5

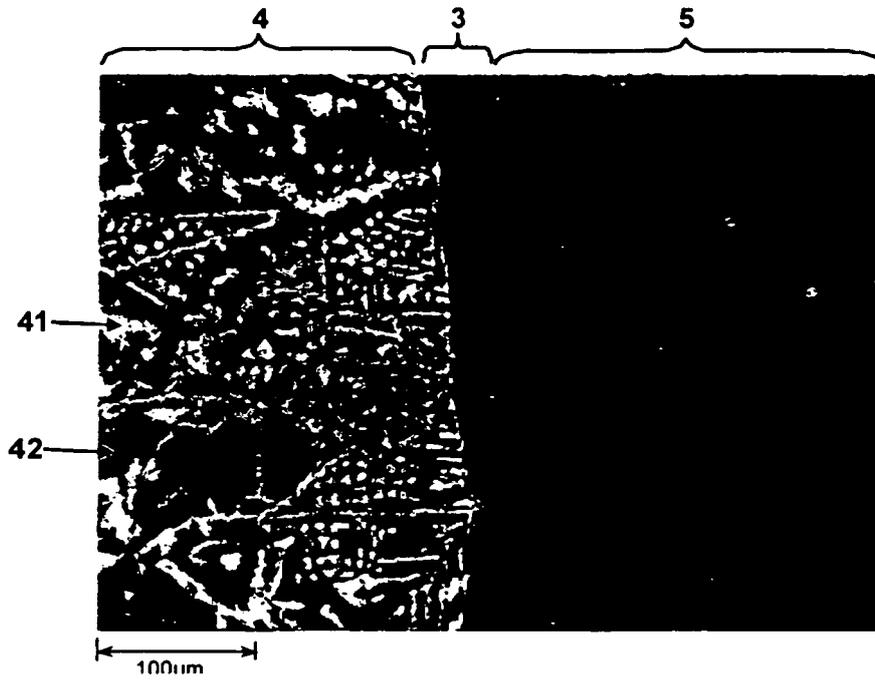


Fig. 6 a

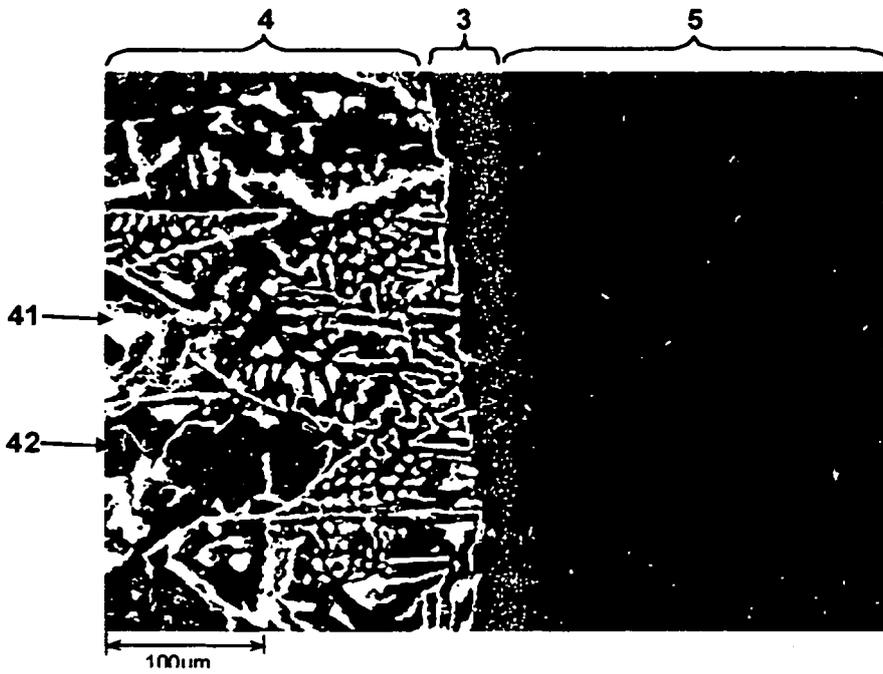


Fig. 6 b