

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 917**

51 Int. Cl.:

E02F 3/815 (2006.01)

E02F 9/28 (2006.01)

B22D 19/06 (2006.01)

C04B 41/51 (2006.01)

C04B 41/88 (2006.01)

E21B 10/46 (2006.01)

E21C 35/183 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2010 E 10727670 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 2435636**

54 Título: **Elemento de desgaste para operaciones de penetración en la tierra 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:

03.07.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 472 917 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).

ELEMENTO DE DESGASTE PARA OPERACIONES DE PENETRACIÓN EN LA TIERRA CON RESISTENCIA AL
DESGASTE MEJORADA**DESCRIPCIÓN****Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a elementos de desgaste, tales como dientes de acero colado para su uso especialmente en maquinaria para aplicaciones de movimiento de tierras, penetración en la tierra y/o carga de rocas, así como a insertos para su incorporación en el interior de los elementos de desgaste para mejorar su resistencia al desgaste y así prolongar/ampliar su vida útil.

Antecedentes de la invención (técnica anterior)

10 En el estado de la técnica se ha descrito anteriormente el moldeado por inserción de cuerpos duros en elementos de desgaste de acero colado para aplicaciones de penetración en la tierra para mejorar su resistencia al desgaste.

15 Por ejemplo, en el documento US5081774 (Kuвано), que constituye la base para el preámbulo de la reivindicación independiente, se da a conocer un diente de excavación de material compuesto recambiable que comprende insertos de hierro colado con Cr resistentes al desgaste que tienen una dureza superior a la de un cuerpo de diente y que se moldean por inserción en el cuerpo de diente. El rendimiento del diete de excavación se mejora colocando el material resistente al desgaste como un inserto integral en una parte central del cuerpo de diente. El inserto se extiende desde el extremo de la punta hacia una parte de unión del diente y termina en una posición límite para el uso potencial del diente. Aunque el hierro colado con Cr es un material en cierto modo similar al acero colado y por lo tanto aparentemente compatible como un inserto en el acero colado, es deseable aumentar la dureza del inserto por encima de la del hierro colado con Cr con el propósito de mejorar el comportamiento de desgaste global de la pieza, mientras que al mismo tiempo se preserva la tenacidad del acero colado en el inserto.

20 También se le ha prestado atención en el estado de la técnica al uso de otros materiales de alta dureza para reforzar piezas coladas a base de hierro. En esta técnica, los insertos elegidos normalmente están constituidos por materiales de cermet tales como partículas de WC cementadas con un aglutinante metálico. El beneficio proporcionado por estos insertos es la posible buena unión desarrollada con el acero vertido debido a la naturaleza metálica similar entre el aglutinante y el acero. Sin embargo, en el campo de los elementos de desgaste para penetración en la tierra, el moldeado por inserción de cuerpos de refuerzo a base de cermet está limitado a aplicaciones exigentes con un alto coste de inactividad. Esto se debe principalmente al valor económico elevado del material de cermet. El desarrollo de elementos reforzados resistentes al desgaste duros con un coste menor es por lo tanto deseable.

25 En un contexto más general, es bien conocido que los materiales cerámicos de menor coste pueden infiltrarse por metales fundidos. Por ejemplo, se da a conocer una técnica anterior de este tipo en el documento US6338906 (Ritland *et al.*, 1999) y "Processing and microstructure of metal matrix composites prepared by pressureless Ti-activated infiltration using Fe-base and Ni-base alloys, Materials Science and Engineering A 393 (2005) 229-238", (Lemster *et al.*). La primera referencia trata de juntas producidas por la infiltración capilar de partículas cerámicas porosas (previamente consolidadas o sinterizadas) por metal fundido. La microestructura resultante del componente está compuesta así por finos canales que rodean las partículas cerámicas. Se enseña que la cerámica infiltrada con metal resultante tiene un buen comportamiento tribológico y su uso se ejemplifica en juntas de caras sellantes mecánicas, uniones giratorias, juntas de compuertas deslizantes, casquillos, rodamientos y otros componentes deslizantes o de fricción que requieren buenas características de durabilidad y desgaste, buena resistencia a la corrosión y una buena conductancia térmica. Sin embargo, se conoce que la infiltración capilar requiere finos canales y un equilibrio de energías interfaciales que conduce el metal líquido al interior de los canales, mientras que en el refuerzo de elementos de desgaste para penetración en la tierra de la presente invención, el acero colado fundido normalmente se repele por los materiales cerámicos de interés (es decir, el acero fundido no moja fácilmente estas cerámicas), inhibiendo o excluyendo la acción capilar y requiriendo canales más gruesos para permitir la penetración del metal. La segunda de las referencias dadas a conocer anteriormente también tiene que ver con el procesamiento de materiales compuestos de matriz de acero con partículas cerámicas incrustadas. Un problema específico a examen en esta segunda referencia es la mejora de las características de infiltración de la cerámica mediante el uso de granos de titanio (Ti) mezclados en el interior de las partículas cerámicas. Esta técnica permite así el procesamiento de materiales compuestos de matriz metálica con un gran contenido en cerámica. La microestructura resultante en las técnicas anteriores, anteriormente mencionadas, implica una gran fracción de granos cerámicos infiltrados por metal y por lo tanto no cubren la consolidación de materiales compuestos de matriz metálica celular tridimensional con un alto contenido metálico como los propuestos en la presente invención. Además, la presencia de una gran fracción metálica en el material compuesto no es ventajosa en el ámbito de aplicaciones de desgaste dadas a conocer en las técnicas anteriores discutidas anteriormente, donde el énfasis se pone en aumentar la dureza del material sin contrarrestar la resistencia a la compresión y la tenacidad. Este equilibrio en las propiedades mecánicas es, sin embargo, muy deseable en el campo de los dientes para penetración en la tierra para aplicaciones de movimiento de tierras, donde tanto la dureza como la tenacidad rigen la vida útil y el nivel de desgaste.

50 Otra técnica anterior dada a conocer en el documento US4909300 (T. Horie, 1989) y en el documento EP1593757 (M. Freling *et al.*, 2005) se refiere al procesamiento de materiales compuestos de matriz de metal mediante infiltración de espumas cerámicas de bajo coste. La primera de las referencias dadas a conocer anteriormente trata de un método para producir una pieza permeable a los fluidos constituida por una estructura cerámica porosa con elementos cerámicos huecos, cuyos poros se infiltran con un metal colado, pero manteniendo la concatenación de los elementos

huecos (no infiltrados). De este modo, se permite el flujo de un líquido lubricante en el interior de los elementos cerámicos huecos durante el funcionamiento. Este flujo en funcionamiento carece de utilidad en elementos de penetración en la tierra. La falta de penetración de los elementos cerámicos huecos contiguos por el metal colado conduciría, de hecho, a una baja resistencia a la fractura de la parte reforzada del elemento de desgaste y por lo tanto impediría su uso en aplicaciones de penetración en la tierra. La segunda referencia da a conocer espumas clasificadas según su función infiltradas con metales fundidos, donde la porosidad de tal espuma se ha diseñado para que la parte resultante muestre una variación gradual en el contenido metálico relativo de un lado a otro. Estos componentes infiltrados de espuma clasificada se utilizan en motores de turbina de gas para aplicaciones a alta temperatura. Los componentes muestran conductividad térmica a medida debido a la variación gradual de contenidos cerámicos/metálicos, pero esta propiedad ni es necesaria ni útil para elementos de penetración en la tierra que requieren una combinación de solidez, tenacidad y resistencia al desgaste. Ninguno de los documentos de la técnica anterior mencionados anteriormente describe ni considera un elemento resistente al desgaste tal como un diente de acero colado para aplicaciones de movimiento de tierras, que tenga una unión fija de baja porosidad entre un inserto de espuma cerámica celular reticulada y acero colado que infiltre la cerámica mediante vertido por gravedad.

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a elementos resistentes al desgaste mejorados para maquinaria de movimiento de tierras, de penetración en la tierra y/o de carga de rocas, tales como dientes de cuchara para excavadoras y cargadoras. El propósito de la invención es mejorar así la vida útil del elemento de desgaste, mediante la inclusión de insertos de espuma cerámica celular duros *in situ* infiltrados con un acero colado resistente al impacto con mayor tenacidad.

El objeto de la presente invención por lo tanto es un elemento de desgaste con un inserto de refuerzo de espuma cerámica tal como se indica en la reivindicación 1.

El elemento de desgaste reforzado de esta manera muestra una combinación excepcional de dureza, solidez, tenacidad y resistencia al desgaste. Tras el tratamiento térmico por métodos convencionales de normalización, extinción y templado, el elemento de desgaste reforzado es muy adecuado para aplicaciones en las que la presión aplicada a la superficie de desgaste del elemento de desgaste no sobrepasa 1000 MPa.

El rendimiento de los elementos reforzados y, específicamente, el hecho de evitar fallos repentinos estando en funcionamiento, se ven críticamente influidos por la calidad de la unión que se desarrolla entre la espuma cerámica y el acero colado. La calidad de la unión está directamente determinada por una buena penetración del acero colado en el interior de los poros celulares de la espuma, en el interior de cualquier cavidad o grieta en las paredes celulares y en el interior de la microporosidad de las paredes celulares. Las paredes celulares de la espuma constituyen una amplia área de superficie reticulada con la que el acero colado entra en contacto, rodeándola y penetrando en la misma de manera que se produce un robusto interbloqueo mecánico entre el metal colado y el inserto cerámico, constituyendo así una unión de calidad. El robusto interbloqueo mecánico proporciona al elemento de desgaste la combinación de propiedades de la resistencia al desgaste y elevada dureza de la cerámica dura y la solidez y tenacidad del acero.

Los elementos de desgaste reforzados de esta invención permiten la extensión del tiempo de trabajo efectivo entre sustituciones consecutivas y por tanto pueden sustituir a herramientas o elementos de penetración en la tierra convencionales tales como dientes de cuchara de cargadoras o excavadoras, que por lo general se fabrican exclusivamente a partir de aceros de baja aleación. Por lo tanto, la invención se refiere a realizaciones para el refuerzo de elementos de desgaste de acero colado cuyo uso está previsto en una amplia gama de aplicaciones que comprenden esencialmente aquellas en las que el elemento de desgaste está sujeto a solicitaciones de desgaste por abrasión al penetrar en la tierra, donde la presión aplicada en funcionamiento no supera un límite en el intervalo de 1000 MPa de esfuerzo de compresión en la parte de desgaste del elemento, o no supera un valor crítico relacionado con tal límite de esfuerzo de compresión según se determinado, por ejemplo, mediante un análisis de Tresca, Von Mises, o criterios de esfuerzo principal máximo para el inicio de fractura/flujo plástico.

Descripción de los dibujos

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

La figura 1 es un dibujo esquemático tridimensional de un elemento de desgaste de la invención con el inserto en su interior.

La figura 2 es un dibujo esquemático en alzado lateral que indica un plano de sección (A) de un elemento de desgaste de la invención con el inserto en su interior.

La figura 3 es un dibujo esquemático de un plano de sección (A) de un elemento de desgaste de la invención con el inserto en su interior.

La figura 4 es una micrografía que muestra la estructura de una región (2) de material compuesto de acero/espuma cerámica de un elemento de desgaste de la invención.

La figura 5 es una micrografía muy ampliada de un área (B) dentro de una región (2) de material compuesto de acero/espuma cerámica de un elemento de desgaste de la invención.

La figura 6 es un trazado gráfico de los resultados de la prueba de compresión uniaxial, que muestra el esfuerzo en relación con la tensión para tres muestras obtenidas de una región (2) de material compuesto de acero/espuma cerámica de un elemento de desgaste de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Como se comentó anteriormente, el objeto de la presente invención es un elemento de desgaste reforzado para máquinas de movimiento/penetración en la tierra/rocas que comprende acero colado por gravedad y al menos un inserto de espuma cerámica celular reticulada tridimensional que tiene una estructura porosa de celdas abiertas por las que penetra sustancial o totalmente el acero colado. Durante la colada de dicho elemento de desgaste, tiene lugar una infiltración de acero colado de la espuma cerámica sin usar ningún medio externo para aumentar la presión de infiltración. Tal infiltración sin presión es posible debido a que la combinación de las propiedades fluidicas del acero líquido a temperaturas de colada y la estructura celular muy abierta de la espuma cerámica es suficiente para permitir la infiltración y la penetración de las celdas abiertas de la espuma, así como la infiltración y penetración en el interior de las paredes celulares de la espuma cerámica.

En referencia a la figura 1, se muestra un elemento de penetración en la tierra reforzado de la invención, ejemplificado mediante un diente (1), que incluye una región (2) de material compuesto de acero/espuma celular. En la figura 2 se ilustra una vista en alzado lateral del diente (1) y se identifica un plano de sección (A), que es ortogonal a la dirección de visión y pasa a través del diente (1) y a través de la región (2) de material compuesto. La figura 3 ilustra una vista en sección del diente (1) según el plano de sección (A) que muestra la región (2) de material compuesto rodeada por acero (3) colado.

El elemento de desgaste reforzado de la invención, tal como un diente (1) de excavadora o cargadora, incluye una región (2) de material compuesto de acero/espuma celular. Aunque la región (2) de material compuesto puede tener una forma de caja rectangular simple en la parte de punta del diente (1), resultará evidente para un experto en la técnica que pueden adoptarse otras formas y ubicaciones de la región (2) de material compuesto como adecuadas para el desarrollo de erosión esperado en funcionamiento y el patrón de desgaste del elemento de desgaste. Aunque la región (2) de material compuesto puede ocupar sólo una determinada parte del diente (1), generalmente es deseable que el tamaño de la región (2) de material compuesto sea suficientemente amplio para proporcionar una resistencia al desgaste máxima al diente (1) al tiempo que se minimice el coste del inserto de espuma cerámica y la complejidad de la disposición de moldeo por colada.

En particular, el inserto incluido en el elemento de desgaste es una espuma cerámica celular reticulada tridimensional con una estructura porosa de celdas abiertas que es sustancial o completamente penetrada por acero fundido durante la colada por gravedad del elemento. El material de dicho inserto es preferiblemente una cerámica a base de circonita, tal como, por ejemplo, circonita-itria, ($ZrO_2-Y_2O_3$), circonita-magnesita (ZrO_2-MgO), circonita-calcia (ZrO_2-CaO), o también un material compuesto de circonita-alúmina ($ZrO_2-Al_2O_3$).

El inserto cerámico puede estar compuesto de lo contrario por alúmina-silicatos ($Al_2O_3-SiO_2$) tales como mullita, o materiales de alto contenido en alúmina (Al_2O_3) tales como, por ejemplo, alúmina blanca o tabular, o materiales de aluminato tales como, por ejemplo, espinela de aluminato o alúmina que se vuelve más tenaz con circonita, o incluso carburos cerámicos, tales como carburo de silicio (SiC). De los materiales anteriormente mencionados, las cerámicas con alto contenido en alúmina, de aluminato y de carburo de silicio exhiben la mayor dureza y por tanto puede esperarse que proporcionen la mayor resistencia al desgaste cuando se infiltran apropiadamente y se unen a un acero más blando pero más tenaz. Sin embargo, es ampliamente conocido que la humectabilidad de las cerámicas a base de alúmina por acero líquido es comparativa y significativamente peor que la de las cerámicas a base de circonita y también se conoce ampliamente que el carburo de silicio puede disolverse fácilmente por acero fundido. En este contexto, se ha reconocido que recubrir espumas cerámicas de alto contenido en alúmina, de aluminato y carburo de silicio con un material cerámico con mejor humectabilidad por el acero fundido, tal como un material de alúmina-silicato, por ejemplo mullita, o un material a base de circonita, facilita la infiltración y la unión. La espuma cerámica así recubierta puede formarse mediante la inmersión de espuma cerámicas poco humectables en una suspensión del material de recubrimiento seguido de su quemado.

En particular, el acero colado está constituido por un acero de baja aleación que se endurece fácilmente mediante tratamiento térmico de normalización, extinción y templado, con un análisis químico en porcentaje en peso; contenido en carbono entre el 0,15% y el 0,35%, contenido en silicio entre el 0,5% y el 2%, contenido en manganeso entre el 0,5% y el 1,5%, contenido en cromo entre el 0,5% y el 2,5%, contenido en níquel entre el 0% y el 2%, contenido en molibdeno entre el 0,15% y el 0,35%, así como pequeños contenidos en adiciones de aluminio y circonio para la desoxidación y niveles residuales de azufre y fósforo y otras impurezas o constituyentes menores. El contenido en silicio del acero colado es el que más influye en el hecho de proporcionar al acero líquido propiedades fluidicas a temperatura de colada que obtienen la penetración deseada de los insertos de espuma cerámica. En el contexto de la obtención de una unión de calidad entre el acero colado y el inserto de espuma cerámica, las propiedades fluidicas preferidas del acero fundido se obtienen en aceros que tienen contenidos en silicio superiores al 1% en peso.

La figura 4 es una micrografía de un área en sección pulida dentro de la región (2) de material compuesto de acero/espuma cerámica de un elemento de la invención. El acero (21) colado infiltrado de la composición anteriormente mencionada constituye las características oscuras de la micrografía, mientras que las características más claras comprenden las paredes de la espuma (22) cerámica, que en este caso es un material cerámico a base de circonita. La parte de la micrografía que muestra una fina mezcla de características claras y oscuras es una parte en la que ha penetrado el metal (21) colado infiltrado en el interior de las paredes celulares de la espuma (22) cerámica. También se identifica en la figura 4 una determinada área (B) de la micrografía que incluye una parte de fina penetración de las paredes (22) cerámicas por el acero (21) infiltrado.

La figura 5 es una micrografía muy ampliada del área (B) determinada en la que hay una parte de fina penetración de la microporosidad de las paredes (22) cerámicas por el acero (21) infiltrado. De nuevo en esta micrografía, las características oscuras son el acero (21) infiltrado y las características claras comprenden las paredes de la espuma (22) cerámica. La parte oscura hacia la parte de la izquierda de la micrografía es acero (21) infiltrado que se encuentra dentro de lo que una vez fue una celda abierta de la espuma antes de la infiltración, mientras que la parte moteada hacia el lado derecho de la micrografía es un fino entremezclado de características claras y oscuras que indican una fina penetración de la microporosidad de las paredes (22) celulares por el acero (21) infiltrado.

La figura 4 y la figura 5 evidencian el excelente interbloqueo del acero (21) infiltrado y las paredes de la espuma (22) cerámica que proporciona la unión de calidad conseguida en la región (2) de material compuesto de acero/espuma cerámica de un elemento de la invención.

Pruebas de infiltración realizadas usando las espumas cerámicas anteriormente mencionadas y acero colado han demostrado que es posible penetrar apropiadamente en espumas de porosidad celular promedio entre 10 y 60 poros por pulgada (es decir, de 10 a 60 ppi), y preferiblemente de 20 a 30 ppi. Con esto, las propiedades de desgaste mejoradas del material (2) compuesto de acero/espuma cerámica resultante se garantizan por su fina macro y microestructura. Para mejorar aún más las propiedades de desgaste-impacto de la parte (2) de material compuesto de espuma infiltrada con acero colado resultante del elemento de desgaste, también es adecuado que la fracción en volumen de la fase cerámica supere el 10%, pero que no supere el 35% de la región (2) de material compuesto del elemento.

Una característica particular en la presente invención es que la infiltración con acero del inserto de espuma cerámica, formando la región (2) de material compuesto, tiene lugar tanto en las celdas relativamente grandes a escala macroscópica como en las paredes celulares a escala microestructural, de modo que se proporciona un fuerte interbloqueo mecánico entre la cerámica y el acero colado. La buena unión así producida entre metal y cerámica se ha demostrado mediante pruebas de compresión uniaxial de las espumas infiltradas con acero (es decir, la región (2) de material compuesto) tras el tratamiento térmico de normalización, extinción y templado del elemento de desgaste. Los resultados muestran una respuesta más bien elástica a niveles de esfuerzo uniaxial hasta el intervalo de 700 MPa a 1000 MPa según se determinó mediante una desviación de tensión del 0,01%. A esfuerzos que superan 1000 MPa, pueden producirse procesos de deformación no elástica y descohesión entre el acero y las paredes celulares cerámicas. Usando el mismo método de prueba, se ha determinado que el límite de elasticidad del acero (3) colado no infiltrado tras el tratamiento térmico de normalización, extinción y templado del elemento de desgaste se sitúa en el intervalo de 1400 a 1500 MPa. Sin embargo, un límite de elasticidad mínimo de 700 MPa proporciona una amplia gama de utilidad de los elementos reforzados en aplicaciones de penetración en la tierra, que implican presiones aplicadas de hasta 1000 MPa, que incluyen dientes muy resistentes al desgaste para excavadores y cargadoras de uso general.

Los resultados anteriores pueden observarse en la figura 6, en la que se muestra un trazado gráfico de esfuerzo de compresión en relación con tensión de compresión para tres muestras típicas obtenidas de la región (2) de material compuesto de acero/espuma cerámica de un elemento de desgaste tratado térmicamente por normalización, extinción y templado de la invención. Tal como puede verse en la figura 6, la respuesta al esfuerzo de compresión de la región (2) de material compuesto muestra un comportamiento más bien elástico (es decir una relación casi lineal entre esfuerzo y tensión) desde el nivel de esfuerzo cero hasta niveles de esfuerzo de compresión uniaxial en el intervalo de 700 MPa a 1000 MPa. A esfuerzos que superan aproximadamente 1000 MPa, tiene lugar deformación plástica (es decir, inelástica o permanente) del acero junto con descohesión entre el acero y las paredes celulares cerámicas.

Una realización adicional de la invención consiste en un inserto híbrido, es decir un primer inserto de espuma cerámica tal como se describió anteriormente con un segundo inserto que se introduce en dicho primer inserto de modo que dicho primer inserto rodea al menos parcialmente dicho segundo inserto. Dicho segundo inserto está compuesto preferiblemente por un cermet, hecho lo más preferiblemente de carburo de tungsteno cementado, que se introduce dentro de un inserto de espuma cerámica de los tipos descritos anteriormente. Un inserto de cermet proporciona un aumento adicional de la resistencia al desgaste en comparación con elementos de desgaste reforzados únicamente con la región (2) de material compuesto de acero/cerámica.

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

El objeto de esta realización es, tal como se comentó anteriormente, un elemento de desgaste, es decir un diente de acero colado, para su uso especialmente en aplicaciones de carga. La finalidad principal del elemento de desgaste es la carga de mineral/piedras sueltas en camiones, volquetes o cualquier otro medio de transporte en emplazamientos de minería, canteras o similares.

El diente de carga de la presente realización comprende un inserto de espuma cerámica a base de circonita para mejorar la resistencia al desgaste del diente prolongando así su vida útil. La fiabilidad del diente reforzado se garantiza mediante la obtención de una unión de calidad entre el inserto de espuma cerámica de refuerzo y el acero colado que constituye el diente. Se ha conseguido la completa penetración del acero colado en el interior de los poros celulares de la espuma y en el interior de la microporosidad de las paredes celulares.

El inserto de la presente realización es una cerámica de espuma a base de circonita sinterizada de 130 mm de longitud por 90 mm de anchura por 25 mm de altura. La espuma cerámica se ha obtenido impregnando una espuma polimérica de celdas abiertas con una suspensión del material a base de circonita y mediante posterior quemado. La espuma cerámica así obtenida se caracteriza por tener una macroporosidad celular abierta de 20 ppi. Las paredes cerámicas eran microporosas y contenían algunas cavidades y grietas.

ES 2 472 917 T3

El acero colado usado para producir el elemento de desgaste de la presente realización tenía una composición que comprendía, en porcentaje en peso; el 0,27% de carbono, el 1,5% de silicio, el 0,9% de manganeso; el 2,1% de cromo y el 0,3% de molibdeno.

5 El elemento de desgaste se ha producido usando moldeo de arena a base de sílice unida con resina sin cocer, comúnmente denominado proceso ISOCURE. El molde no se precalentó y tenía una razón de arena a acero de 1,6 kg de arena / kg de acero colado.

10 El peso del acero vertido en el molde para constituir el elemento de desgaste y para infiltrar el inserto de espuma cerámica fue de 20,3 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. En todos los casos, se preservó la integridad de la espuma cerámica (es decir, ausencia de rotura debida a choque térmico) y se consiguió una infiltración deseada de la espuma (macro y microinfiltración).

15 Los elementos de desgaste se trataron térmicamente mediante una práctica típica de normalización, extinción y templado a baja temperatura, con el fin de obtener en el acero colado del elemento de desgaste una microestructura que consiste principalmente en martensita templada dura y tenaz.

Los elementos de desgaste reforzados de esta realización mostraron en funcionamiento un aumento de aproximadamente el 50% en la vida útil/duración en comparación con elementos de desgaste no reforzados de la misma geometría, composición de acero similar y tratamiento térmico similar.

REIVINDICACIONES

1. Elemento de desgaste para máquinas de movimiento de tierras/rocas, penetración en la tierra y/o carga de rocas, tales como dientes de cuchara para excavadoras y cargadoras, que comprende acero colado y al menos un inserto, caracterizado porque dicho inserto es una espuma cerámica tridimensional celular que tiene una estructura porosa de celdas abiertas por las que penetra el acero colado en el interior de la porosidad de las celdas abiertas del inserto de espuma cerámica, así como en el interior de la microporosidad de las paredes de espuma cerámica.
2. Elemento de desgaste según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho inserto está hecho de circonita (ZrO_2) o un material a base de circonita tal como ZrO_2-CaO , ZrO_2-MgO , $ZrO_2-Y_2O_3$ o un material compuesto tal como $ZrO_2-Al_2O_3$.
3. Elemento de desgaste según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho inserto está hecho de material de alto contenido en alúmina, tal como alúmina blanca o tabular, o de material de aluminato, tal como espinela de alúmina o alúmina que se vuelve más tenaz con circonita, o de material de alúmina-silicato ($Al_2O_3-SiO_2$) tal como mullita.
4. Elemento de desgaste según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho inserto está hecho de material de alto contenido en alúmina (Al_2O_3) recubierto, o material de aluminato recubierto tal como espinela de alúmina o materiales de alúmina que se vuelve más tenaz con circonita, o material de carburo recubierto tal como carburo de silicio, en el que el recubrimiento está formado por material de alúmina-silicato o material a base de circonita.
5. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la porosidad celular promedio de dicho inserto es de entre 10 y 60 poros por pulgada (ppi).
6. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la porosidad celular promedio es de entre 20 y 30 ppi.
7. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el porcentaje en volumen de cerámica de dicho inserto de espuma celular es superior al 10% e inferior al 35%, estando la mayor parte del volumen restante del inserto infiltrada por el acero colado.
8. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque dicho acero colado tiene una composición que comprende por porcentaje de peso, carbono entre el 0,15% y el 0,35%, silicio entre el 0,5% y el 2%, manganeso entre el 0,5% y el 1,5%; cromo entre el 0,5% y el 2,5%, níquel entre el 0% y el 2% y molibdeno entre el 0,15% y el 0,35%.
9. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque dicho acero colado tiene un contenido en silicio por porcentaje en peso superior al 1%.
10. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque dicho elemento se trata térmicamente por normalización, extinción y templado.
11. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la región (2) de material compuesto de acero/espuma cerámica formada en el interior de dicho elemento tiene un límite de tensión elástica por compresión uniaxial mayor de 700 MPa.
12. Elemento de desgaste según la reivindicación 1, caracterizado por la incorporación de al menos un segundo inserto en el interior de, o al menos parcialmente rodeado por, dicho primer inserto.
13. Elemento de desgaste según la reivindicación 12, en el que dicho segundo inserto es un cermet de carburo de tungsteno.
14. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que dicho elemento de desgaste es un diente para máquinas cargadoras o excavadoras.
15. Elemento de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque las presiones aplicadas sobre la superficie de desgaste del elemento de desgaste en servicio no sobrepasan 1000 MPa.

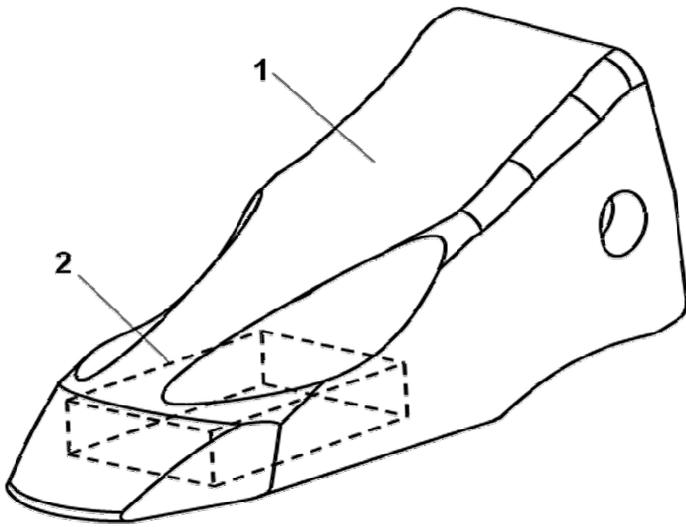


Fig. 1

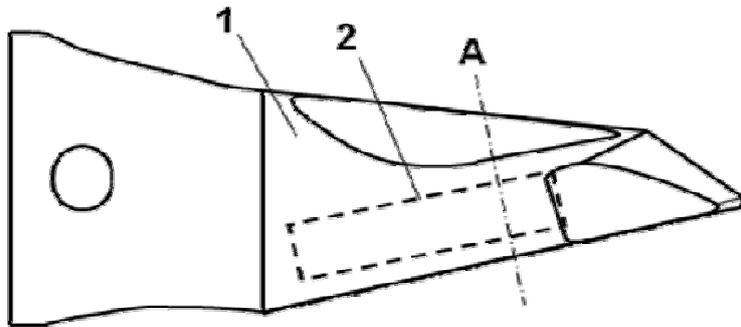


Fig. 2

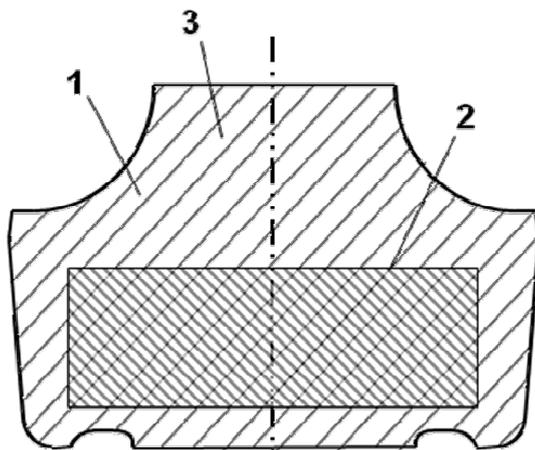


Fig. 3

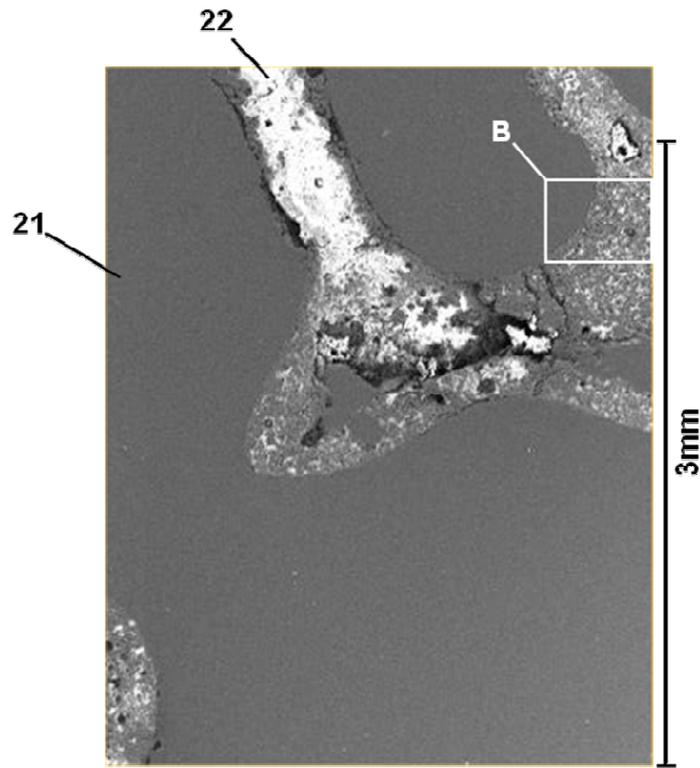


Fig. 4

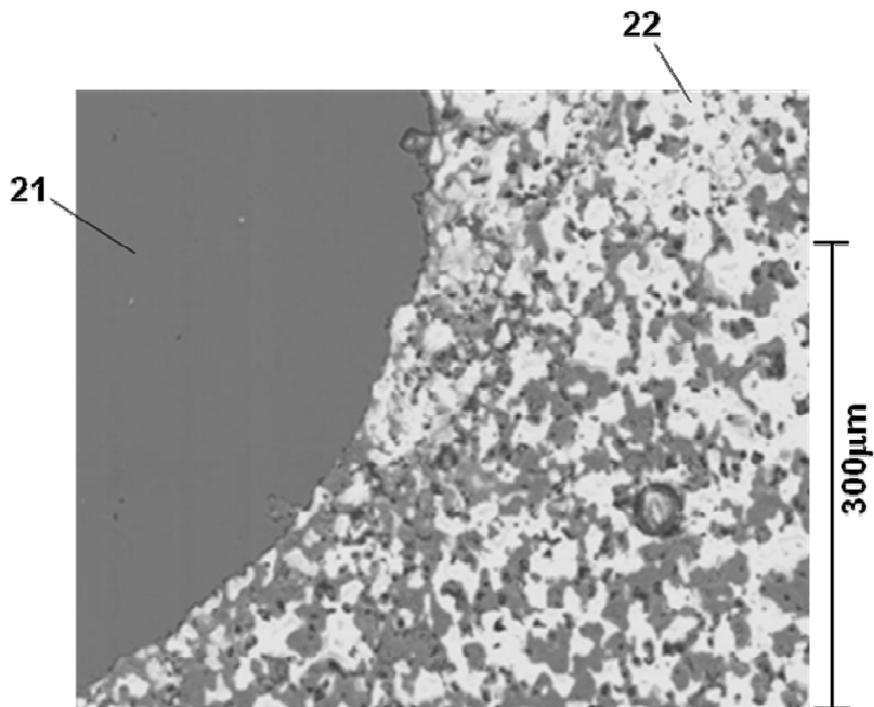


Fig. 5

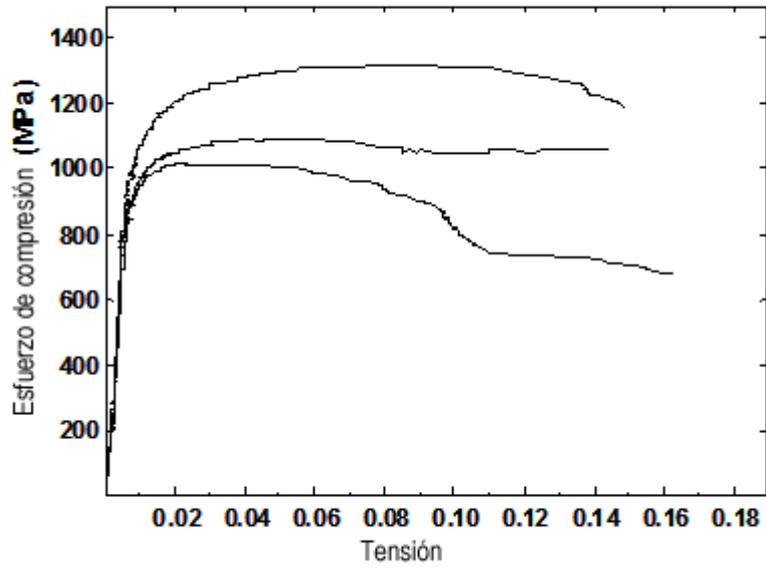


Figura 6