

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 500**

51 Int. Cl.:

C22C 1/051 (2013.01)

C22C 29/08 (2006.01)

B22F 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2020 PCT/EP2020/051668**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2020 WO20152291**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2020 E 20701988 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2024 EP 3914743**

54 Título: **Carburo cementado ligero**

30 Prioridad:

24.01.2019 GB 201900988

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

26.11.2024

73 Titular/es:

**HYPERION MATERIALS & TECHNOLOGIES
(SWEDEN) AB (100.0%)
Västbergavägen 32
126 30 Hägersten, SE**

72 Inventor/es:

**CINCA I LUIS, NÚRIA;
LARRIMBE, LAURA;
MARIA TARRAGÓ, JOSE y
EDERYD, STEFAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 989 500 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

Carburo cementado ligero

Campo de la descripción

5 La presente materia objeto se refiere a un carburo cementado que tiene una fase dura, una fase aglutinante y una fase gamma y en particular, aunque no exclusivamente, a una fase gamma que comprende carburos metálicos y nitruros metálicos y/o carbonitruros metálicos.

Antecedentes

10 Se sabe que los carburos cementados exhiben una combinación favorable de alta dureza y tenacidad moderada, lo que los convierte en materiales ideales para su uso en la fabricación de aplicaciones resistentes al desgaste, incluidas herramientas de formación de materiales, componentes estructurales, brocas de minería, moldes de prensa, matrices de punzonado y otras piezas de desgaste en aplicaciones de gran demanda. En particular, se han utilizado carburos cementados para formar cuerpos de punzón en la fabricación de latas metálicas para bebidas. Cada año se producen en todo el mundo más de 200 mil millones de latas. Una sola línea de producción puede fabricar hasta 500.000 latas al año en un proceso continuo a partir de tiras de aluminio o acero. Además, las prensas horizontales pueden funcionar a velocidades de 250 a 390 latas por minuto. Como parte de proceso, una copa, prensada desde la lámina metálica, se forma en el cuerpo de la lata en un golpe de punzonado continuo en aproximadamente una quinta parte de segundo, formando un diámetro interior de aproximadamente 66 mm y aumentando la altura de 33 a 57 mm. Luego, el cuerpo de la lata normalmente se hace pasar a través de anillos de planchado, para estirar la pared hasta 130 mm de altura, antes de formar una cúpula cóncava en la base de la lata. Debido a las tolerancias muy estrictas requeridas para las herramientas ($\pm 0,002$ mm) y para mantener las dimensiones correctas de la lata, es importante la alineación del punzón con respecto a los anillos de planchado y la matriz de la cúpula.

15 El documento EP 2439294 A1 describe una composición de carburo cementado que tiene una fase dura que incluye WC y una fase aglutinante cuya composición comprende, en % en peso, de 50 a 70 WC, de 15 a 30 TiC y de 12 a 20 Co+Ni.

20 El documento US 6.521.353 B1 describe un metal duro de baja conductividad térmica para aplicaciones de alto desgaste tales como el uso como cara de una matriz de peletización. El material comprende WC de 50 a 80% en peso, TiC en al menos un 10% en peso, un material aglutinante que comprende níquel y cobalto en donde no se añaden TiN ni TiNC a la aleación. Los documentos JP 2006 144089 A y JP 2012 193430 A describen carburos cementados basados en WC que comprenden una fase aglutinante y una fase gamma.

25 Los punzones livianos como se describen en el documento EP 2439294 A1 están destinados a proporcionar una masa reducida en el extremo del ariete operativo para disminuir las oscilaciones dinámicas del punzón para tratar de lograr velocidades más altas del cuerpo del punzón (latas por minuto) y una consistencia mejorada del espesor de la pared de la lata que, a su vez, requiere menos metal y reduce la huella de carbono. Sin embargo, dichos materiales representan un compromiso entre un intento de lograr las ventajas anteriores y maximizar la vida útil debido a la resistencia al desgaste. En consecuencia, existe la necesidad de un material liviano de calidad de metal duro que presente la dureza y tenacidad apropiadas y, en consecuencia, resistencia al desgaste.

Compendio

30 La presente descripción está dirigida a materiales livianos de carburo cementado que tienen la resistencia al desgaste deseada y propiedades mecánicas adecuadas para su uso en la fabricación de herramientas y componentes para aplicaciones de alta demanda. También se proporcionan materiales de carburo cementado para la fabricación de un punzón para conformar metales que tiene una densidad de aproximadamente 10 g/cm^3 en combinación con que exhiben una alta resistencia al desgaste mecánico y preferiblemente resistencia a la corrosión.

35 También se proporcionan carburos cementados que tienen características físicas y mecánicas para permitir un procedimiento de rugosidad superficial particularmente cuando el material se usa para la fabricación de un punzón para conformar metal, tal como un punzón para fabricar carrocerías que forma un extremo o se puede unir a un extremo de un ariete como parte de la fabricación de latas de metal.

40 Los objetivos se logran proporcionando un carburo cementado formado por tres o al menos tres fases que incluyen una fase WC, una fase aglutinante y una fase gamma. El presente carburo cementado está configurado específicamente con una fase gamma que comprende carburos metálicos en combinación con nitruros metálicos y/o carbonitruros metálicos y que tiene una razón o cociente particular del tamaño promedio de grano de la fase WC con respecto al tamaño promedio de grano de la fase gamma. Los inventores han identificado que un cociente de tamaño promedio de grano de WC/tamaño promedio de grano de fase gamma en el intervalo de 0,5 a 1,5 es particularmente ventajoso en combinación con la composición de fase gamma mencionada para proporcionar un material que exhibe una alta dureza, una tenacidad moderada y una densidad de menos de 14 g/cm^3 y en particular aproximadamente o casi 10 g/cm^3 . Por consiguiente, el presente carburo cementado para uso como herramienta para punzonar metal es ventajoso para lograr índices de desgaste similares a los carburos cementados convencionales de densidad mucho mayor utilizados normalmente para aplicaciones de punzonado, al mismo tiempo que es apreciablemente más ligero.

Esto, a su vez, es ventajoso para proporcionar velocidades de punzonado más altas y una mejor consistencia de la pared del cuerpo de la lata (de la lata tal como está formada), lo que a su vez requiere menos tiras de aluminio o acero para reducir la huella de carbono. Otras ventajas incluyen la reducción del peso promedio de las latas, el deterioro, el mantenimiento y el tiempo de inactividad de la máquina.

- 5 La presente calidad también puede ser ventajoso para su uso en la fabricación de componentes en una variedad de aplicaciones que incluyen, en particular, el uso de una punta de sierra, una matriz de corte, un componente de corte, una broca de minería, un componente dentro de un molde de prensa, un taladro, un rodamiento o componente dentro de un rodamiento, un sello mecánico y similares.

- 10 La presente composición de material utiliza una combinación de carburos metálicos cúbicos con nitruros metálicos cúbicos y/o carbonitruros metálicos cúbicos que proporciona i) inhibición del crecimiento de grano de la fase gamma, ii) resistencia a la corrosión mejorada, iii) dureza en caliente mejorada y iv) densidad minimizada para proporcionar un material de carburo liviano. Opcionalmente, los componentes que forman la fase gamma pueden ser materias primas prealeadas para contribuir a las características físicas y mecánicas deseadas que incluyen en particular baja densidad, alta dureza, tenacidad moderada y, lo que es importante, alta resistencia al desgaste.

- 15 Se proporciona un carburo cementado que comprende una fase dura que incluye WC, una fase aglutinante que incluye Co y Ni y una fase gamma, comprendiendo el carburo cementado de 50 a 70% en peso de WC; 5-13% en peso de Co; 1-9% en peso de Ni; 10-14% en peso de TiC; 8-12% en peso de NbC; 0,5-2,5% en peso de TaC; 0,1-1,0% en peso de Cr₃C₂; 0,1-1,0% en peso de Mo₂C; y 1-7% en peso de TiCN y/o 1-5% en peso de TiN, en donde un tamaño promedio de grano del WC está en un intervalo de 0,8 a 2 µm, 0,8 a 1,8 µm o 0,8 a 1,4 µm; y un cociente del tamaño promedio de grano de WC/el tamaño promedio de grano de la fase gamma está en un intervalo de 0,5 a 1,5.

El carburo cementado según la invención comprende TiC, NbC, TaC y/o TiCN. En particular, la fase gamma del carburo cementado comprende un carburo mixto cúbico y preferiblemente (Ti, Ta, Nb, W)C. Una composición de este tipo es ventajosa para mejorar la resistencia, la tenacidad y la resistencia al desgaste y, a su vez, proporciona un mejor rendimiento como herramienta para la conformación, el procesamiento y/o el mecanizado de metales.

- 25 Según la invención, el tamaño promedio de grano del WC está en el intervalo de 0,8 a 2 µm; de 0,8 a 1,8 µm; o de 0,8 a 1,4 µm. Opcionalmente, un tamaño promedio de grano de la fase gamma está en el intervalo de 0,5 a 2 µm; de 0,75 a 2 µm; de 0,8 a 2 µm; de 0,8 a 1,8 µm o de 1 a 1,6 µm. La razón o cociente citados del tamaño promedio de grano de WC/tamaño promedio de grano gamma es particularmente ventajoso para reducir la extracción de grano y el agrietamiento, además de mejorar la adhesión entre las diferentes fases del carburo cementado.

- 30 Opcionalmente, el WC se incluye en un intervalo de % en peso de 50-65; 52-62; 54-60; o 55-59.

Por consiguiente, el presente carburo cementado es al menos un material trifásico. El carburo cementado comprende WC como el resto dentro de todas cada una de las composiciones descritas en la presente memoria.

Según la invención, la fase aglutinante comprende Co y Ni. La fase aglutinante comprende Co + Ni.

- 35 El carburo cementado que comprende una base de cobalto y níquel es ventajoso para mejorar la resistencia a la corrosión, opcionalmente con la incorporación de molibdeno. Opcionalmente, el carburo cementado comprende Co + Ni en un intervalo de % en peso de 10-20.

Opcionalmente, el carburo cementado comprende, en % en peso: 50-70 de WC; 10-20 de Co+Ni; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 0,5-2,5 de TaC; 0,1-1,0 de Cr₃C₂; 0,1-1,0 de Mo₂C; 1-7 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

- 40 Según la invención, el carburo cementado comprende, en % en peso: 50-70 de WC; 5-13 de Co; 1-9 de Ni; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 0,5-2,5 de TaC; 0,1-1,0 de Cr₃C₂; 0,1-1,0 de Mo₂C; 1-7 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

Opcionalmente, el carburo cementado comprende, en % en peso: 50-65 de WC; 7-11 de Co; 3-7 de Ni; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 0,5-2,5 de TaC; 0,3-0,7 de Cr₃C₂; 0,3-0,7 de Mo₂C; 2-6 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

Opcionalmente, el carburo cementado consiste, en % en peso: 50-70 de WC; 10-20 de Co+Ni; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 0,5-2,5 de TaC; 0,1-0,1-1,0 de Cr₃C₂; 0,1-1,0 de Mo₂C; 1-7 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

- 45 Según la invención, el carburo cementado consiste, en % en peso: 50-70 de WC; 5-13 de Co; 1-9 de Ni; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 0,5-2,5 de TaC; 0,1-1,0 de Cr₃C₂; 0,1-1,0 de Mo₂C; 1-7 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

Opcionalmente, el carburo cementado consiste, en % en peso: 50-65 de WC; 7-11 de Co; 3-7 de Ni; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 0,5-2,5 de TaC; 0,3-0,7 de Cr₃C₂; 0,3-0,7 de Mo₂C; 2-6 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

- 50 La referencia dentro de esta memoria descriptiva a materiales en polvo (de partida) abarca materiales de partida que forman el lote de polvo inicial para una posible molienda, la formación opcional de una preforma compacta y la sinterización posterior/final. Opcionalmente, el carburo metálico, el nitruro metálico y/o el carbonitruro metálico que forman la fase gamma se añaden a un lote de polvo premolido como componentes de la fase gamma prealeada. Por consiguiente, la fase gamma dentro del material sinterizado final es un producto resultante de un lote en polvo de

compuestos de fase gamma prealeada. Dichos componentes de fase gamma prealeada son ventajosos para inhibir el crecimiento de grano de la fase gamma (y potencialmente de la fase dura WC) durante la sinterización para proporcionar a su vez una mayor adhesión entre las diferentes fases y una mayor resistencia a la extracción de grano.

5 También se proporciona una herramienta para conformar o cortar metales que comprende un carburo cementado como se reivindica en la presente memoria.

También se proporciona un punzón para conformar metales que comprende un carburo cementado como se reivindica en la presente memoria.

10 También se proporciona un método para fabricar un carburo cementado que comprende una fase dura que incluye WC, una fase aglutinante y una fase gamma, comprendiendo el método: preparar un lote de materiales en polvo que comprende de 50 a 65% en peso de WC; 5-13% en peso de Co; 1-9% en peso de Ni; 10-14% en peso de TiC; 8-12% en peso de NbC; 0,5-2,5% en peso de TaC; 0,1-1,0% en peso de Cr₃C₂; 0,1-1,0% en peso de Mo₂C; y 1-7% en peso de TiCN y/o 1-5% en peso de TiN;

15 moler los materiales en polvo; prensar los materiales en polvo molidos para formar un precompacto; y sinterizar el precompacto; en donde dentro del precompacto sinterizado, un cociente del tamaño promedio de grano de WC/el tamaño promedio de grano de la fase gamma está en un intervalo de 0,5 a 1,5.

Opcionalmente, se incluye WC dentro de los materiales en polvo en un % en peso del 50-65; 52-62; 54-60; o 55-59.

Según la invención, los constituyentes de la fase gamma dentro de los materiales en polvo comprenden TiC, NbC, TaC, TiN y/o TiCN.

El lote en polvo comprende además Co y Ni para formar la fase aglutinante.

20 Opcionalmente, el lote en polvo comprende, en % en peso: 55-59 de WC; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 5-13 de Co; 0,1-1,0 de Cr₃C₂; 1-9 de Ni; 0,1-1,0 de Mo₂C; 0,5-2,5 de TaC; 1-7 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

Opcionalmente, el lote en polvo consiste, en % en peso: 55-59 de WC; 10-14 de TiC; 8-12 de NbC; 5-13 de Co; 0,1-1,0 de Cr₃C₂; 1-9 de Ni; 0,1-1,0 de Mo₂C; 0,5-2,5 de TaC; 1-7 de TiCN y/o 1-5 de TiN.

Breve descripción de los dibujos

25 A continuación se describirá una implementación específica de la presente invención, sólo a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un gráfico del tamaño promedio de grano (μm) de la fase gamma y la fase WC de las muestras A a G.

30 La figura 2 son micrografías con un aumento de 2000x de: (a) muestra C (sin TiN y/o TiCN en su composición) y (b) muestra D (TiN y/o TiCN incluidos);

La figura 3 son micrografías con un aumento de 5000x de: (a) muestra C (sin TiN y/o TiCN en su composición) y (b) muestra D (TiN y/o TiCN incluidos);

35 La figura 4 son micrografías con un aumento de 2000x de: muestra A (sin fase gamma prealeada) y muestra B (con fase gamma prealeada);

La figura 5 son micrografías con un aumento de 5000x de: muestra A (sin fase gamma prealeada) y muestra B (con fase gamma prealeada);

La figura 6 son micrografías con un aumento de 2000x de: (a) muestra E (sin fase gamma prealeada) y muestra F (con fase gamma prealeada);

40 La figura 7 son micrografías con un aumento de 5000x de: (a) muestra E (sin fase gamma prealeada) y muestra H (con fase gamma prealeada);

La figura 8 son imágenes ampliadas de la simulación de rayado en cuadrícula en: (a) muestra E y (b) muestra I.

La figura 9 son imágenes ampliadas de las superficies desgastadas después de la prueba de desgaste por deslizamiento de: (a) muestra E y (b) muestra I;

45 La figura 10 es una micrografía con un aumento de 5000x de una superficie desgastada de la muestra F después de la prueba de desgaste por deslizamiento;

La figura 11 son imágenes SEM de la respuesta al desgaste del adhesivo de: (a) muestra E y (b) muestra I.

Descripción detallada

Los inventores han identificado un material de carburo cementado que tiene una tenacidad mejorada para niveles de dureza similares de los materiales existentes, por ejemplo como se describe en el documento EP 2439294 A1 con una densidad baja correspondiente para proporcionar un componente liviano. Cuando se utiliza como punzón para la formación de metales y en particular como punzón para la fabricación de latas de bebidas, el presente material exhibe tasas de desgaste más bajas durante el movimiento alternativo lineal contra Al₂O₃, menor adhesión del aluminio durante las pruebas de desgaste alternativo lineal, características superficiales mejoradas para permitir la rugosidad superficial, además de una resistencia a la corrosión de moderada a alta.

Las características físicas y mecánicas deseadas se logran, al menos en parte, controlando el tamaño promedio de grano de la fase gamma con respecto a la fase dura WC en combinación con la selección de constituyentes apropiados de la fase gamma que se forma a partir de carburos metálicos, nitruros metálicos y /o carbonitruros metálicos. En particular, la presente calidad de material logra un refinamiento selectivo únicamente de la fase gamma. Este refinamiento se consigue mediante la combinación de carburos metálicos cúbicos con nitruros metálicos cúbicos y/o carbonitruros metálicos cúbicos. Además, la presente composición puede utilizar materiales de fase gamma prealeada dentro del lote en polvo inicial.

Ejemplos

Se usaron métodos pulvimetalúrgicos convencionales, que incluyen fresado, prensado, conformación y sinterización, para fabricar diversas calidades de muestra de un carburo cementado según la presente invención. En particular, las calidades de carburo cementado con las composiciones en % en peso según la Tabla 1 se produjeron según métodos conocidos. Las calidades A a I se prepararon a partir de polvos que forman los constituyentes duros, polvos que forman el aglutinante y polvos que forman la fase gamma. Cada una de las mezclas de muestra Calidades A a I se preparó a partir de polvos que formaban los constituyentes duros y polvos que formaban el aglutinante. El siguiente método de preparación corresponde a la Calidad G de la Tabla 1 a continuación que tiene materiales de partida en polvo: WC 44,36 g, Cr₃C₂ 0,37 g, Co 5,98 g, Ni 2,99 g, NbC 11,91 g, Mo₂C 0,37 g, TiC 5,59 g, TaC 1,12 g, TiN 0,19 g, PEG 2,25 g, etanol 50 ml. Los expertos en la técnica apreciarán que son las cantidades relativas de los materiales en polvo las que permiten al experto y que el ajuste necesario adecuado para preparar el lote en polvo y lograr la composición final completamente sinterizada de los carburos cementados de la Tabla 1.

Cada una de las mezclas de muestra se sometió a 8 h de molienda de bolas utilizando etanol como medio líquido y luego se secó en un horno (65°C) y se tamizó. Los polvos se prensaron uniaxialmente a 4 Tm. Luego, los compactos verdes se eliminaron a 450°C y se sinterizaron en un SinterHIP a 1410°C (70 min) en una atmósfera de argón (50 bar). Se introdujo PEG en todas las composiciones. Se llevaron a cabo algunas otras pruebas de sinterización a temperaturas más altas, pero no se observaron diferencias significativas en términos de engrosamiento del grano final.

Calidad	% Composición										Fase γ pre-aleada
	WC	TiC	NbC	Co	Cr ₃ C ₂	Ni	Mo	Mo ₂ C	TaC	TiN	
A	62,30	12,00	12,00	7,00	1,00	2,50	0,20		3,00		No
B	62,30	12,00	12,00	7,00	1,00	2,50	0,20		3,00		Sí
C	59,30	15,00	15,00	6,50	0,50	3,50	0,20				No
D	59,30	10,00	15,00	6,50	0,50	3,50	0,20			5,00	No
E	57,00	12,00	10,50	9,00	0,50	5,00		0,50	1,50	4,00	Sí
F	56,50	10,50	10,50	9,00	0,50	5,00		0,50	2,00	5,50	No
G	59,50	7,50	16,00	8,00	0,50	4,00		0,50	1,50	2,50	No
H	58,00	12,00	10,50	8,00	0,50	5,00		0,50	1,50	4,00	No
I	63,20	20,80		8,20	2,00	5,60	0,20				No

Tabla 1 - Ejemplos de composiciones de materiales de calidad A a I, en donde las composiciones E, F y H son según la presente invención

El tamaño promedio de grano de los polvos de WC y los polvos constituyentes de la fase gamma se varió para las calidades A a I como se detalla en la figura 1. Se usó polvo de WC de grano medio grueso para ayudar a reducir las diferencias en el tamaño de grano con la fase gamma.

Caracterización

Se realizó la caracterización de las calidades de las muestras, incluidas las propiedades magnéticas; microestructura, densidad, dureza y tenacidad y rendimiento de desgaste por deslizamiento.

Propiedades magnéticas

- 5 La fuerza de coercitividad, Hc y la saturación magnética de Co, Com, se midieron en todas las muestras sinterizadas para estudiar si la fase eta o el grafito estaban presentes en la microestructura.

Microestructura, densidad, dureza y tenacidad.

La densidad de las aleaciones sinterizadas se midió mediante el método de Arquímedes y también se calculó teóricamente.

- 10 Luego, las muestras sinterizadas se montaron en resina de baquelita y se pulieron hasta 1 µm antes de realizar una caracterización adicional. El análisis microestructural se llevó a cabo usando microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDS). La prueba de indentación Vickers se realizó utilizando 30 kgf (HV30) para evaluar la dureza. La tenacidad a la fractura de Palmqvist se calculó según

$$K1c = A\sqrt{HV} \sqrt{\frac{P}{\sum L}}$$

- 15 donde A es una constante de 0,0028, H es la dureza (N/mm2), P es la carga aplicada (N) y ΣL es la suma de las longitudes de fisuras (mm) de las huellas.

- 20 El método de intersección lineal (ISO 4499-2:2008) es un método de medición del tamaño de grano de WC. Las mediciones del tamaño de grano se obtienen a partir de imágenes SEM de la microestructura. Para un material nominalmente bifásico, como el carburo cementado (fase dura y fase aglutinante), la técnica de intersección lineal proporciona información sobre la distribución del tamaño de grano. Se traza una línea a través de una imagen calibrada de la microestructura del carburo cementado. Cuando esta línea interseca un grano de WC, la longitud de la línea (4) se mide usando una regla calibrada (donde i =1, 2, 3,... n para el primer 1º, 2º, 3º;...enésimo grano). Para las mediciones se contaron al menos 100 granos. El tamaño promedio de grano de WC se definirá como:

$$d_{WC} = \sum l_i / n$$

25 *Prueba de desgaste por deslizamiento*

- El mecanizado de latas es una de las principales aplicaciones en donde el uso de calidades ligeras supondría una mejora en el proceso de conformado del metal cuando se utilizan para punzones de carburo. Replicar las condiciones de mecanizado de las latas implica probar el daño por desgaste en muestras previamente texturizadas de manera similar a las utilizadas en campo (rayado en cuadrícula). Esta operación deja un acabado superficial rugoso que facilita el pegado mecánico del aluminio. La metodología utilizada para evaluar el comportamiento del desgaste se describe a continuación:

- Se trituraron muestras sinterizadas para lograr Ra ~ 0,15-0,25 µm.
- Luego, las muestras se montaron en una baquelita y para simular el procedimiento de rayado en cuadrícula, se texturizaron utilizando un disco de diamante RED 3M en una máquina pulidora (30 N, 50 rpm y contrarrotación en condiciones lubricadas). La intención era lograr Ra ~ 0,25-0,35 µm en el producto final.
- Posteriormente, las muestras se desmontaron de la baquelita y se colocaron en un soporte de geometría circular diseñado para el comprobador de desgaste Wazau.
- El comprobador de desgaste Wazau en un módulo alternativo lineal según ASTM G133 "Método de prueba para desgaste deslizante lineal alternativo de bola sobre plano". Se utilizaron bolas de Al₂O₃ de 0,10 mm para caracterizar el desgaste abrasivo. El daño por rozamiento o desgaste adhesivo se probó utilizando bolas de Al del mismo tamaño. Las condiciones utilizadas fueron: carga = 150 N, velocidad = 250 rpm, longitud de carrera = 10 mm, frecuencia de muestreo = 100 Hz (para prueba de 1 h). Las muestras se sumergieron en lubricante durante las pruebas para simular el proceso real.
- Durante cada experimento de desgaste, se registraron continuamente la fuerza de contacto normal impuesta (FN) y la fuerza de fricción tangencial (FT) concomitante de pares deslizantes de punta sobre plano. El coeficiente de fricción (µ) se calcula a partir de la razón de fuerzas FT/FN.

Después de la prueba, el patrón de daño por desgaste se evaluó mediante SEM e interferometría confocal. La resistencia al desgaste se evaluó midiendo la profundidad de las huellas de desgaste de los perfiles 2D.

Resultados

Caracterización de materiales

5 Con miras a lograr una calidad de metal duro con baja densidad (es decir, inferior a 10,30 g/cm³) pero con propiedades mecánicas y resistencia al desgaste óptimas, se consideró la sustitución parcial o total del WC por carburos más ligeros, tales como TiC y/o NbC, ya que WC es un carburo de alta densidad (más de 15 g/cm³). Si esos carburos se añaden en cantidades superiores al límite de solubilidad del aglutinante, precipitan y forman una fase adicional, es decir, los carburos cúbicos o fase gamma. Normalmente, los carburos cúbicos contienen todos o algunos de los elementos: Ti, Ta, Nb, W, Hf y Zr, y tienen una estructura de núcleo-borde.

10 A pesar del efecto beneficioso de disminuir la densidad, la adición de los carburos anteriores en grandes cantidades puede disminuir algunas de las propiedades mecánicas deseadas, en particular la resistencia al desgaste. Las propiedades que se ven más afectadas por la introducción de carburos cúbicos son la tenacidad, la resistencia y la conductividad térmica. Además, para valores de dureza similares se pueden encontrar tasas de desgaste más altas para esos materiales cuando se prueban en condiciones de fricción por deslizamiento, parcialmente relacionado con una menor resistencia interfacial entre los carburos cúbicos y el aglutinante. Por otro lado, algunas propiedades podrían mejorarse mediante la adición de carburos cúbicos, tales como la dureza en caliente y la resistencia a la deformación plástica. Además, la fase gamma podría contribuir a reducir las fuerzas de fricción y actuar como un agente anti-excoriación.

15 20 Uno de los principales mecanismos de desgaste de piezas sinterizadas que contienen altos contenidos de carburo cúbico y que se someten a pruebas de desgaste es la extracción de granos de carburo individuales o en grupos. Esta extracción preferencial está relacionada principalmente con una pobre resistencia interfacial entre el carburo y el aglutinante, y acelera las tasas de desgaste debido a dos razones principales. En primer lugar, las tasas de desgaste aumentan porque los granos de carburo completos se desprenden fácilmente de la superficie. En segundo lugar, los granos desprendidos tienden a asentarse entre la pieza de metal duro y el material de la pieza de trabajo. Al tener altos niveles de dureza, actúan como medios abrasivos, favoreciendo mecanismos de desgaste abrasivo. Para disminuir la extracción de grano y minimizar sus efectos, uno de los objetivos era desarrollar calidades con un tamaño de grano de fase gamma refinado y una resistencia interfacial mejorada.

Refinamiento de la fase gamma.

30 Para disminuir el tamaño de grano de la fase gamma se aplicaron dos estrategias: (1) la adición de TiN o TiCN y (2) el uso de polvo de fase gamma prealeada.

35 Por un lado, el TiC es un carburo de baja densidad (es decir, una densidad de alrededor de 4,9 g/cm³) y, por tanto, su adición a la composición contribuye a disminuir la densidad global del material. En consecuencia, las calidades desarrollados pueden tener un contenido de TiC relativamente alto, es decir, entre 7,5% en peso y 15% en peso, es decir, correspondiente a un contenido en volumen entre 15% y 30%, como se puede ver en la Tabla 1. Por otro lado, se sabe que TiN y TiCN se utilizan para refinar el tamaño de grano y mejorar la resistencia en cermetos basados en TiC. En consecuencia, dado que el TiC puede ser uno de los principales elementos de la fase gamma, era interesante evaluar el efecto del TiN y/o el TiCN en la reducción del tamaño de grano de la fase gamma. Para ello se evaluó la microestructura de materiales de composición similar con y sin adición de TiN.

40 La figura 2 son micrografías con un aumento de 2000x de: (a) material C (sin TiN y/o TiCN en su composición) y (b) material D (TiN y/o TiCN incluidos). La figura 3 son micrografías con un aumento de 5000x de: (a) material C (sin TiN y/o TiCN en su composición) y (b) material D (TiN y/o TiCN incluidos). Como se observará en las microestructuras de la figura 2 y la figura 3, el uso de TiCN reduce significativamente el tamaño promedio de grano de la fase gamma en el material sinterizado. Es importante destacar que el tamaño medio del grano de WC, en gris claro, también se redujo, pero en menor grado.

Fase gamma prealeada

45 Se evaluó la influencia de una fase gamma prealeada (es decir, (W Ti Ta)C) como inhibidor del crecimiento del grano en fase gamma. Se observó que el uso de fase gamma prealeada reduce significativamente el tamaño promedio de grano de la fase gamma en el material sinterizado. Sin embargo, también reduce el tamaño medio del grano de WC. Se muestra un ejemplo claro al comparar las microestructuras de las muestras A y B. En particular, la figura 4 son micrografías con un aumento de 2000x de: muestra A (sin fase gamma prealeada) y muestra B (con fase gamma prealeada) y la figura 5 son micrografías con un aumento de 5000x de: muestra A (sin fase gamma prealeada) y muestra B (con fase gamma prealeada). El uso de fase gamma prealeada reduce significativamente el tamaño promedio de grano de la fase gamma en el material sinterizado. Se observará que el tamaño promedio de grano de WC, en gris claro, también se reduce como se ve a 2000x (figura 4) y 5000x (figura 5).

Combinación de TiN/TiCN y fase gamma prealeada

5 Ambas estrategias pueden combinarse si se desea reducir aún más el tamaño de grano de la fase gamma. En las figuras 6 y 7 se muestra un ejemplo, a 2000x y 5000x, para los materiales E y H, donde la figura 6 son micrografías con un aumento de 2000x de: (a) muestra E (sin fase gamma prealeada) y muestra F (con fase gamma prealeada) y la figura 7 son micrografías con un aumento de 5000x de: (a) muestra E (sin fase gamma prealeada) y muestra F (con fase gamma prealeada). Ambos materiales de muestra E y F tienen composiciones similares, pero el material E combina TiN y fase gamma prealeada, mientras que el material F tiene la misma cantidad de TiN que el material E, pero no contiene (W,Ti,Ta)C prealeado. El uso de fase gamma prealeada, además de TiN, reduce ligeramente más el tamaño promedio de grano de la fase gamma en comparación con el material con solo TiN. Se observó que en esta etapa el refinamiento adicional del grano obtenido era limitado.

Fuerza interfacial

15 Como se ha mencionado, un objetivo de la presente invención es aumentar la resistencia interfacial entre la fase gamma y el aglutinante para reducir la extracción de grano durante el desgaste. Para ello se evaluó la adición de varios aditivos tales como Mo₂C, TaC y Cr₂C₃, así como el uso de fase gamma prealeada. Sin embargo, es extremadamente difícil medir la resistencia de la interfaz y, por lo tanto, se utilizaron técnicas indirectas. Al hacerlo, se evaluó la resistencia interfacial estudiando la respuesta de los materiales al rayado en cuadrícula y al desgaste.

Dureza, tenacidad Palmqvist y densidad

20 La dureza, tenacidad Palmqvist y densidad de los materiales estudiados se muestran en la Tabla 2. Por favor, obsérvese que todas las muestras de materiales A a I tienen densidades similares de entre 9,99 y 10,72 g/cm³. Además, no se encontraron cambios significativos en la razón de HV a K_{1c} excepto para las calidades A y F, siendo A la calidad con la razón HV-K_{1c} más pobre y F la calidad con la mejor. Se observó que, como se esperaba, los materiales con un tamaño de grano de fase gamma más fino (es decir, calidades B y D), tenían niveles de dureza más altos que sus contrapartes respectivas (es decir, calidades A y C).

Calidad	Densidad (g/cm ³)	HV30	K _{1c}
			ISO28079 (MPa/√m)
A	10,59	1461	8,77
B	10,72	1595	8,30
C	9,99	1464	9,49
D	10,09	1483	9,05
E	10,01	1349	10,25
F	10,00	1411	10,50
G	10,60	1355	10,50
H	10,06	1359	10,40
I	9,90	1400	9,50

25 Tabla 2 - Densidad, dureza y tenacidad de las calidades estudiadas

*Rendimiento de los materiales**Resistencia al rayado en cuadrícula*

30 Las muestras se texturizaron para simular el proceso de rayado en cuadrícula realizado por los fabricantes de latas. La resistencia interfacial entre el aglutinante y las partículas duras se evaluó mediante inspección SEM después de una simulación de rayado en cuadrícula, así como el daño por desgaste producido por el propio proceso en las superficies de las muestras.

La figura 8 son imágenes ampliadas de la simulación de rayado en cuadrícula en: (a) muestra E y (b) muestra I. Como se puede observar en la figura 8, se observa fragmentación y desunión del grano de WC en ambas muestras debido a las altas tensiones de los granos abrasivos de diamante durante el proceso. Sin embargo, la muestra I mostró un

daño superficial ligeramente mayor y más granos arrancados. En consecuencia, se sospecha que los mecanismos de desgaste por adherencia durante el desempeño en servicio (desgaste de Al o acero) tendrían un mayor potencial y conducirían a fallas tempranas de la herramienta.

Respuesta al desgaste por deslizamiento

5 El daño por desgaste (abrasión) se evaluó utilizando una bola de Al_2O_3 . La figura 9 son imágenes ampliadas de las superficies desgastadas después de la prueba de desgaste por deslizamiento de: (a) muestra E y (b) muestra I. Las profundidades de la pista de desgaste para las calidades E e I fueron $2,20 \pm 0,18 \mu m$ y $2,76 + 0,08 \mu m$, respectivamente, lo que indica que la muestra I sufre mayores daños por desgaste. En particular, como se puede ver en la figura 9, las regiones desgastadas que corresponden a las pistas de desgaste respectivas son bastante similares, mostrando una superficie lisa con asperezas iniciales debido al rayado en cuadrícula que se han eliminado. También se observó arrancamiento del grano debido al efecto abrasivo del homólogo duro. A pesar de estas similitudes, la muestra I tiene una mayor cantidad de TiC, que es dura pero quebradiza, por lo que puede promover un mayor efecto abrasivo si se astilla o se desprende. Esto confirma la medición de huellas de desgaste más profundas en la muestra I. La presencia de fase gamma refinada también es determinante en que las interfaces estén mejor adheridas, presentando mejor resistencia al arranque de grano.

La figura 10 es una micrografía con un aumento de 5000x de una superficie desgastada de la muestra F después de la prueba de desgaste por deslizamiento. Como se puede observar, algunas ganancias de WC parecen estar desconchadas y se observan preferiblemente algunas picaduras, lo que indica que la muestra es susceptible a daños por tribocorrosión (efecto abrasivo + lubricante).

20 El desgaste adhesivo se analizó utilizando una bola de Al. La figura 11 son imágenes SEM de la respuesta al desgaste del adhesivo de: (a) Muestra E y (b) Muestra I. En la figura 11b se puede ver que la muestra I exhibe una mayor cantidad de excoiación (adhesión de Al), tanto en los arañazos como en las salidas de grano dejadas por el rayado en cuadrícula, mientras que la muestra E muestra principalmente excoiación dentro de las regiones de salida de grano, como se puede ver en la figura 11a. Como se ha comentado, la muestra I muestra el peor rendimiento bajo rayado en cuadrícula, lo que deja más grano desprendiéndose y agrietándose, lo que proporciona más regiones a las que puede adherirse el Al. Además, la mayor cantidad de aglutinante en la muestra I permite una mayor soldadura. La excoiación local en todas estas regiones promovería el desprendimiento total del grano.

Conclusiones

30 Se desarrolló con éxito una calidad de carburo cementado liviano y resistente al desgaste con una densidad $< 10,0 g/cm^3$, una dureza HV30 de 1300-1500 y una tenacidad a la fractura de 10-11 MPa $m^{1/2}$. A menos que se definan de otra manera, todos los términos técnicos y científicos utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que entiende comúnmente un experto en la técnica a la que pertenece la materia objeto actualmente descrita.

A menos que se indique lo contrario, cualquier referencia al "% en peso" se refiere a la fracción de masa del componente con respecto a la masa total del carburo cementado.

35 Cuando se proporciona un intervalo de valores, por ejemplo, intervalos de concentración, intervalo de porcentaje o intervalos de razones, se entiende que cada valor intermedio, a la décima parte de la unidad del límite inferior, a menos que el contexto dicte claramente lo contrario, entre el límite superior y el inferior de ese intervalo y cualquier otro valor declarado o intermedio en ese intervalo declarado, está incluido dentro de la materia objeto descrita. Los límites superior e inferior de estos intervalos más pequeños pueden incluirse independientemente en los intervalos más pequeños, y tales realizaciones también están abarcadas dentro del objeto descrito, sujeto a cualquier límite específicamente excluido en el intervalo indicado. Cuando el intervalo indicado incluye uno o ambos límites, los intervalos que excluyen uno o ambos límites incluidos también se incluyen en la materia objeto descrita.

45 Debe entenderse que los términos "un" y "una" tal como se han utilizado anteriormente y en otros lugares de la presente memoria se refieren a "uno o más" de los componentes enumerados. Será claro para un experto en la técnica que el uso del singular incluye el plural a menos que se indique específicamente lo contrario. Por lo tanto, los términos "un" y "al menos uno" se usan indistintamente en esta solicitud.

50 A menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, propiedades tales como tamaño, peso, condiciones de reacción, etc. utilizados en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos establecidos en la siguiente memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se busca obtener mediante la presente materia objeto. Como mínimo, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico debería interpretarse al menos a la luz del número de dígitos significativos informados y aplicando técnicas ordinarias de redondeo.

55 A lo largo de la solicitud, las descripciones de diversas realizaciones utilizan la expresión "que comprende"; sin embargo, un experto en la técnica entenderá que, en algunos casos, una realización puede describirse alternativamente utilizando la expresión "que consiste esencialmente en" o "que consiste en".

REIVINDICACIONES

1. Un carburo cementado, que comprende una fase dura que incluye WC, una fase aglutinante que incluye Co y Ni y una fase gamma,
- 5 consistiendo el carburo cementado en de 50 a 70% en peso de WC; 5-13% en peso de Co; 1-9% en peso de Ni; 10-14% en peso de TiC; 8-12% en peso de NbC; 0,5-2,5% en peso de TaC; 0,1-1,0% en peso de Cr₃C₂; 0,1-1,0% en peso Mo₂C; y 1-7% en peso de TiCN y/o 1-5% en peso de TiN,
- en donde un tamaño promedio de grano del WC está en un intervalo de 0,8 a 2 μm, de 0,8 a 1,8 o de 0,8 a 1,4 μm medido por una técnica de intersección lineal según ISO 4499-2:2008 como se describe en la descripción;
- y
- 10 un cociente del tamaño promedio de grano del WC/un tamaño promedio de grano de la fase gamma está en un intervalo de 0,5 a 1,5.
2. El carburo cementado según la reivindicación 1, en donde un tamaño promedio de grano de la fase gamma está en un intervalo de 0,5 a 2 μm, de 0,75 a 2 μm, de 0,8 a 2 μm, de 0,8 a 1,8 μm o de 1 a 1,6 μm medido mediante la técnica de intersección lineal.
- 15 3. El carburo cementado según la reivindicación 1, en donde el WC está incluido en un intervalo de 52-62% en peso, 54-60% en peso o 55-59% en peso.
4. El carburo cementado según la reivindicación 1, en donde el Co y el Ni están incluidos en un intervalo de 10-20% en peso.
5. Una herramienta para conformar o cortar metales, que comprende un carburo cementado según la reivindicación 1.
- 20 6. Un punzón para conformar metales, que comprende un carburo cementado según la reivindicación 1.
7. Un método para fabricar un carburo cementado que comprende una fase dura que incluye WC, una fase aglutinante que incluye Co y Ni y una fase gamma, comprendiendo el método:
- 25 preparar un lote de materiales en polvo que consiste en de 50 a 70% en peso de WC; 5-13% en peso de Co; 1-9% en peso de Ni; 10-14% en peso de TiC; 8-12% en peso de NbC; 0,5-2,5% en peso de TaC; 0,1-1,0% en peso de Cr₃C₂; 0,1-1,0% en peso de Mo₂C; y 1-7% en peso de TiCN y/o 1-5% en peso de TiN;
- moler los materiales en polvo;
- prensar los materiales en polvo molidos para formar un precompacto; y
- sinterizar el precompacto,
- 30 en donde dentro del precompacto sinterizado, un cociente del tamaño promedio de grano del WC/un tamaño promedio de grano de la fase gamma está en el intervalo de 0,5 a 1,5; y
- en donde un tamaño promedio de grano del WC está en un intervalo de 0,8 a 2 μm, de 0,8 a 1,8 o de 0,8 a 1,4 μm medido por una técnica de intersección lineal según ISO 4499-2:2008 como se describe en la descripción.

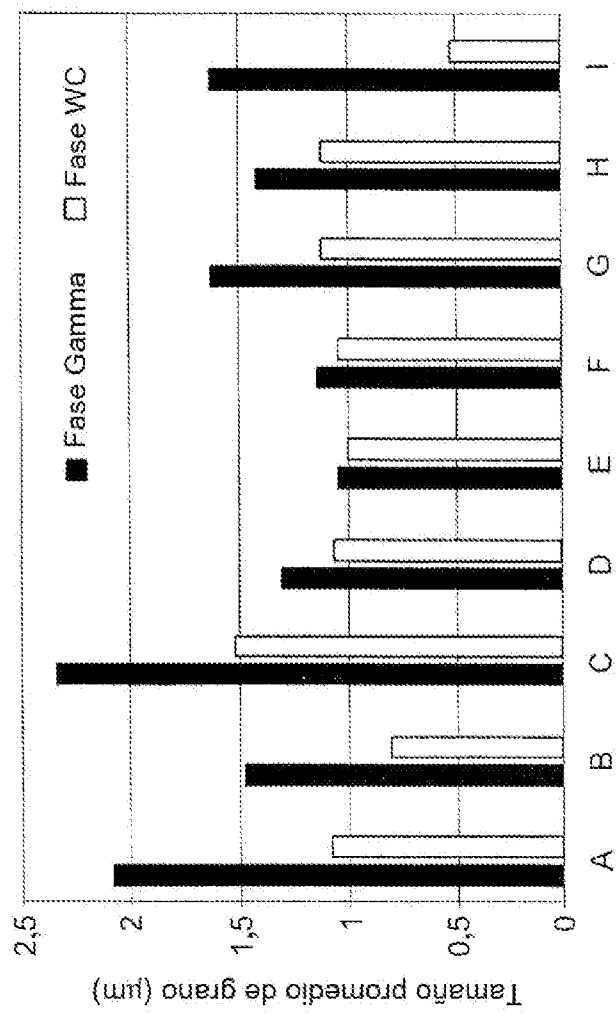
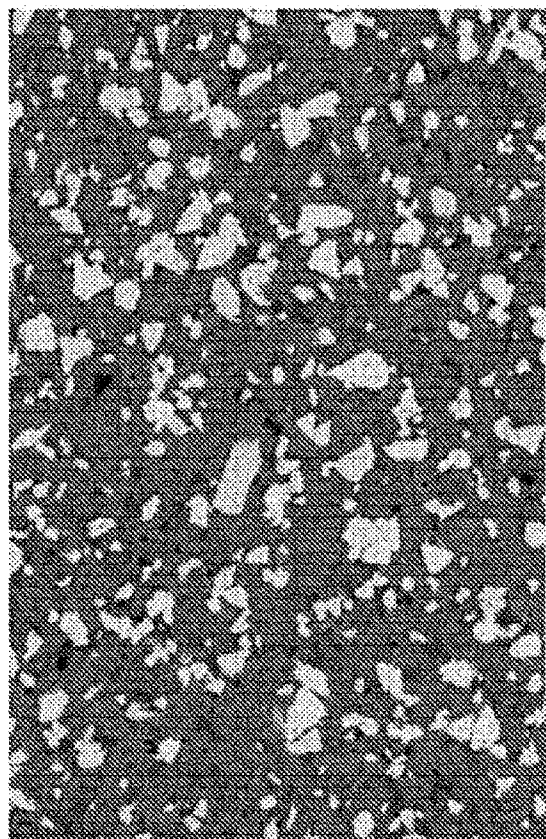
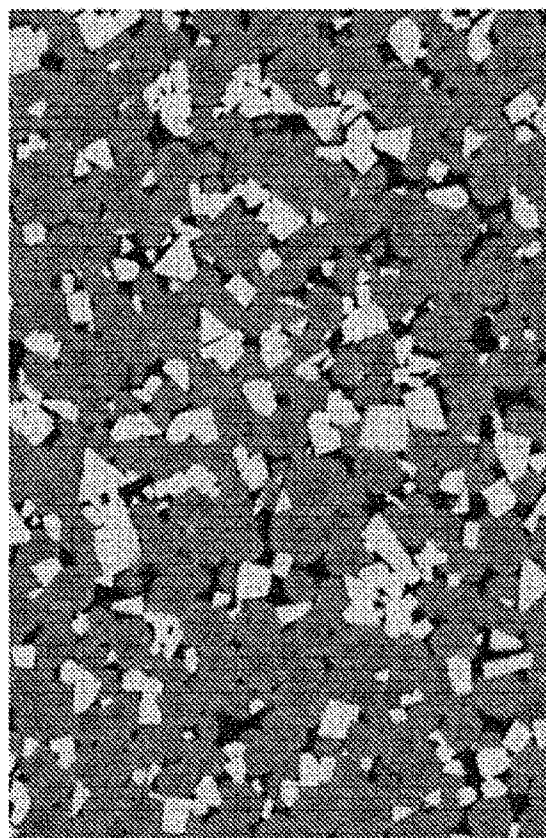


Fig 1

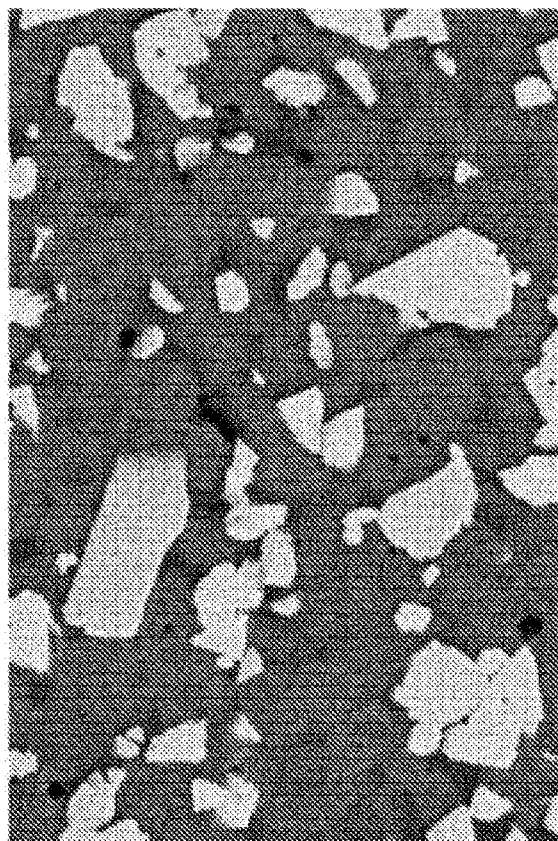


2 µm EHT=15,00 kV AsB Aum=2,00 K X Hora 23:32:34
AN=4,9 mm (b)
17 ene 2018



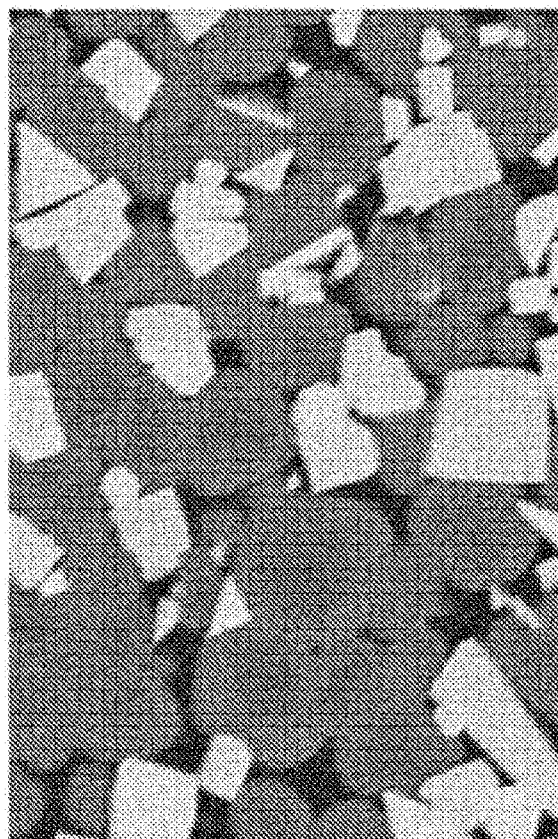
2 µm EHT=15,00 kV AsB Aum=2,00 K X Hora 3:37:20
AN=7,0 mm (a)
18 dic 2017

Fig 2



2 μm EHT=15,00 kV AsB Aum=5,00 K X Hora 23:29:51
AN=4,9 mm 17 ene 2018

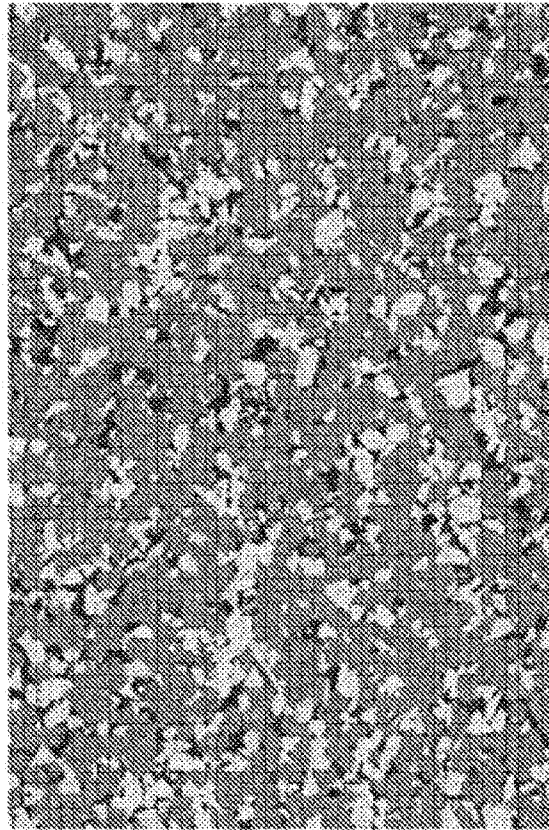
(b)



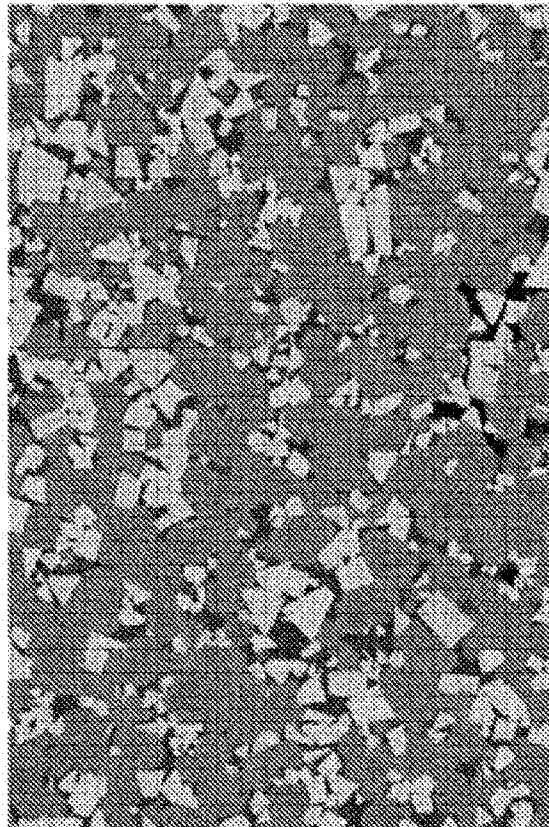
2 μm EHT=15,00 kV AsB Aum=5,00 K X Hora 3:41:11
AN=5,8 mm 18 dic 2017

(a)

Fig 3



2 μm EHT=15,00 kV AsB Aum=5,00 K X Hora 3:07:28
AN=6,1 mm (b)



2 μm EHT=15,00 kV AsB Aum=2,00 K X Hora 0:24:06
AN=5,1 mm (a)

Fig. 4

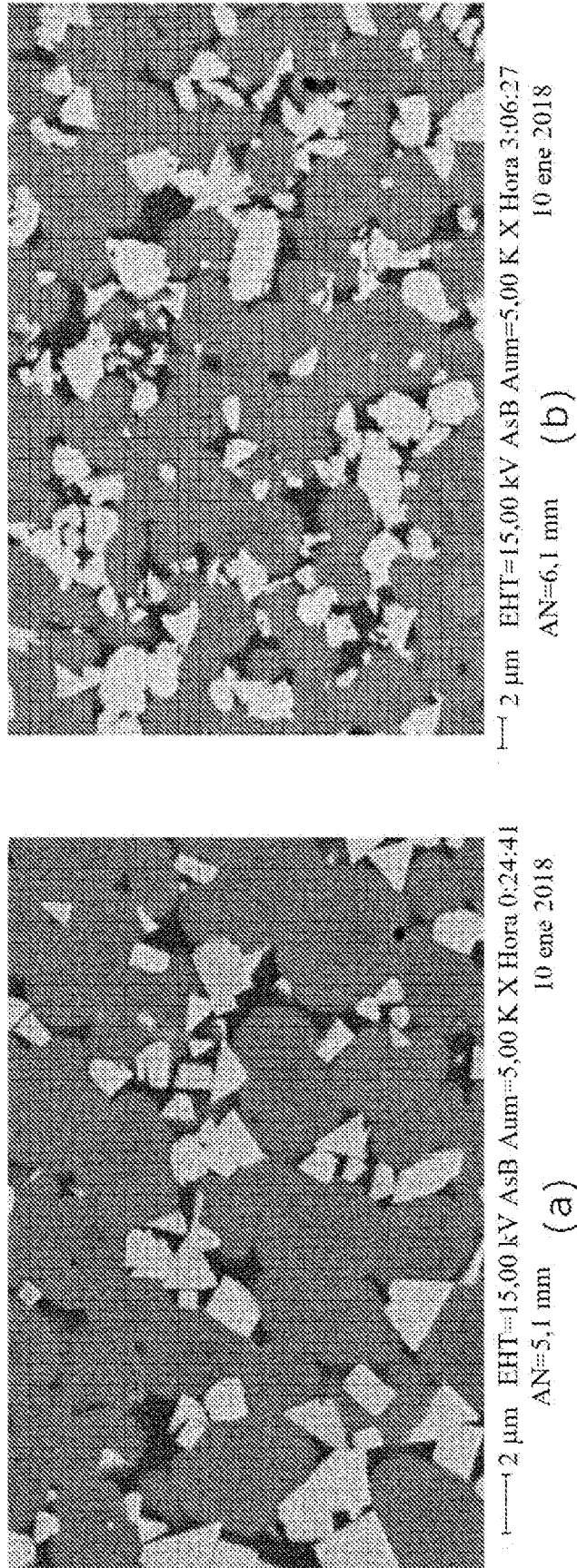
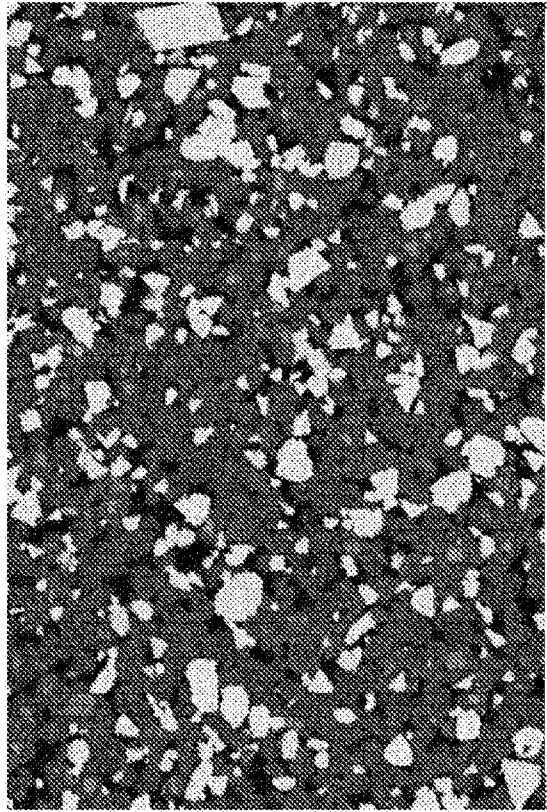
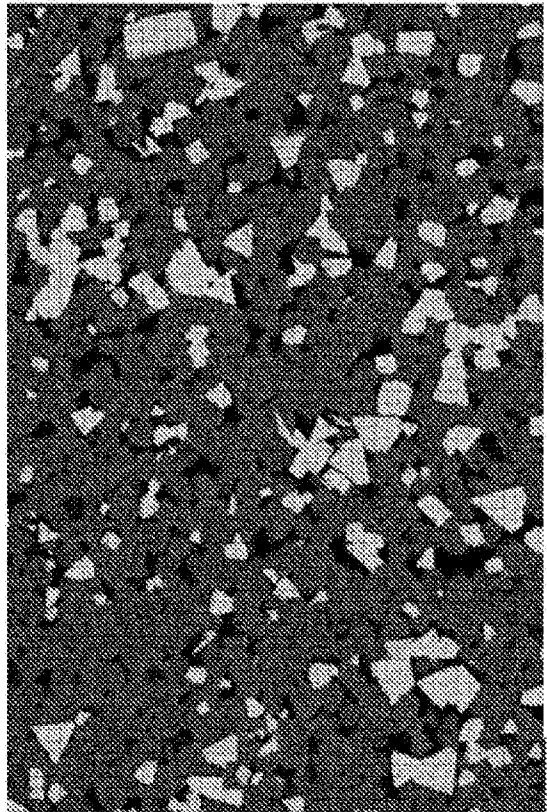


Fig 5



→ 2 µm EHT=15,00 kV AsB Aum=5,00 K X Hora 11:32:01
AN=5,6 mm (b)



→ 2 µm EHT=15,00 kV AsB Aum=5,00 K X Hora 11:00:09
AN=5,3 mm (a)

Fig 6

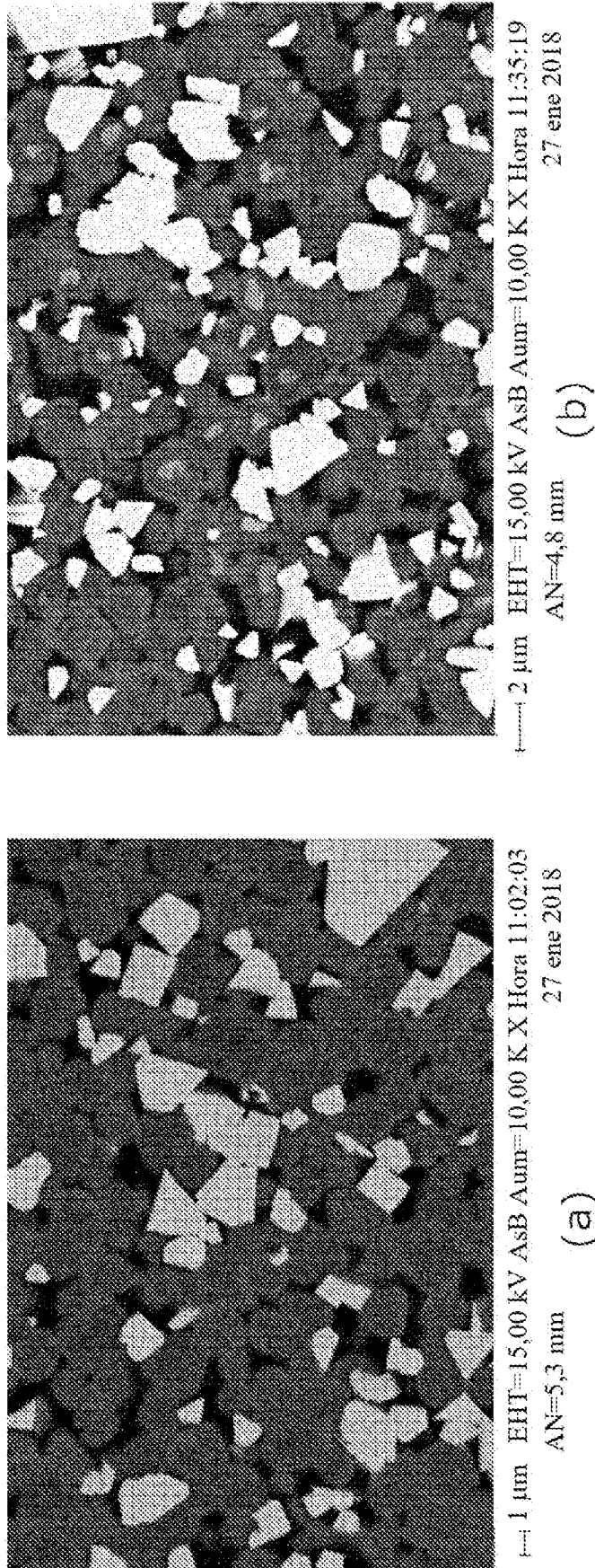
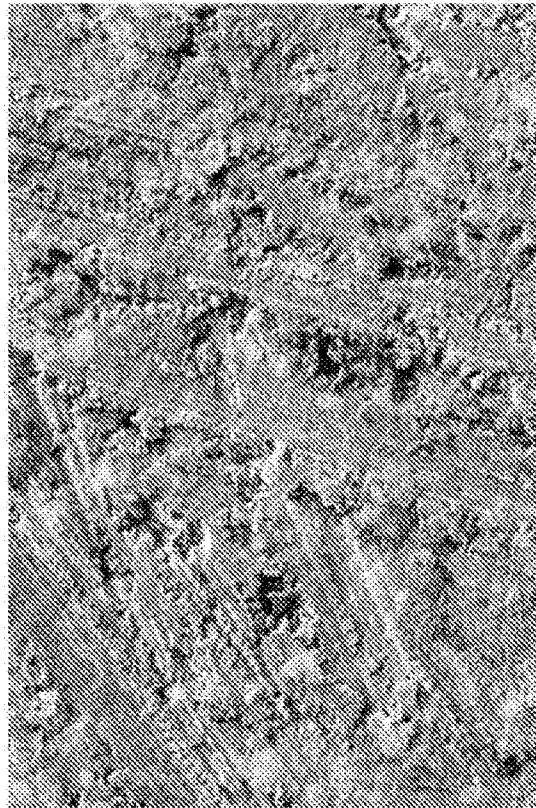


Fig 7



2 μm EHT=5,00 kV SE2 Aum=2,00 K X Hora 13:47:26
AN=6,7 mm (b) 10 mayo 2018



2 μm EHT=5,00 kV SE2 Aum=2,00 K X Hora 15:13:05
AN=6,9 mm (a) 26 abril 2018

Fig 8

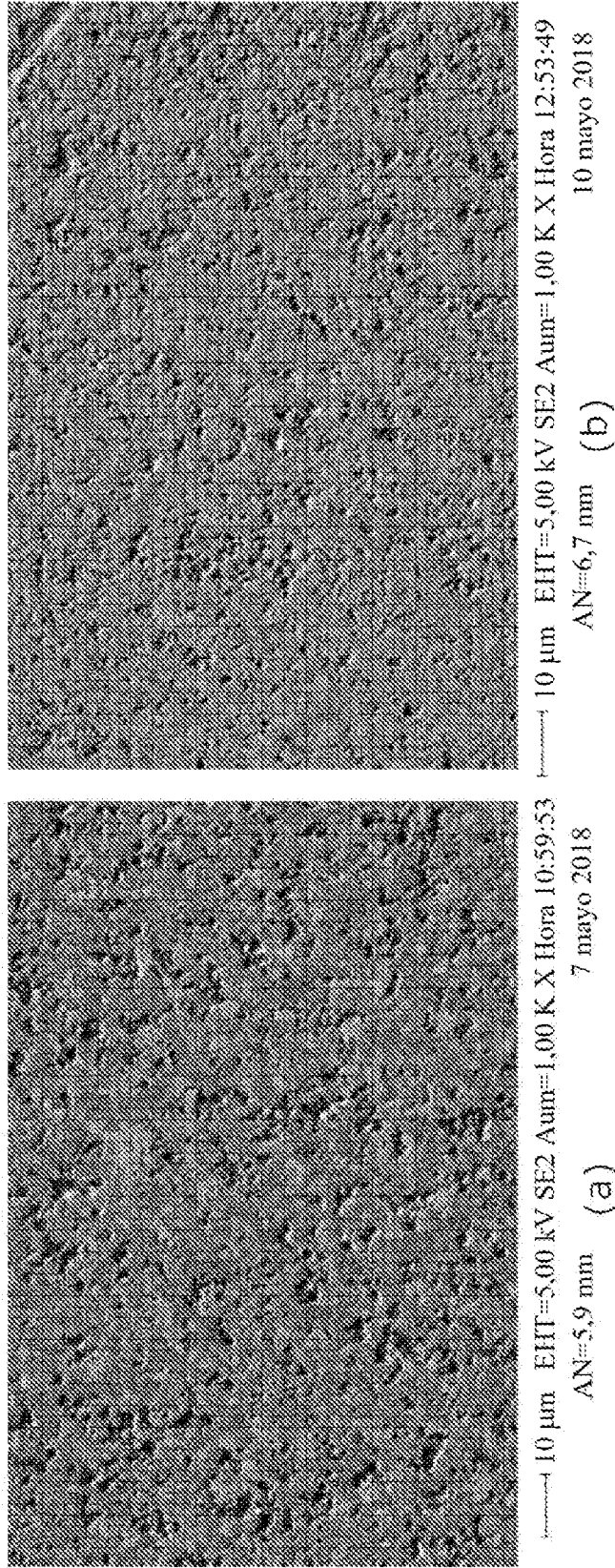
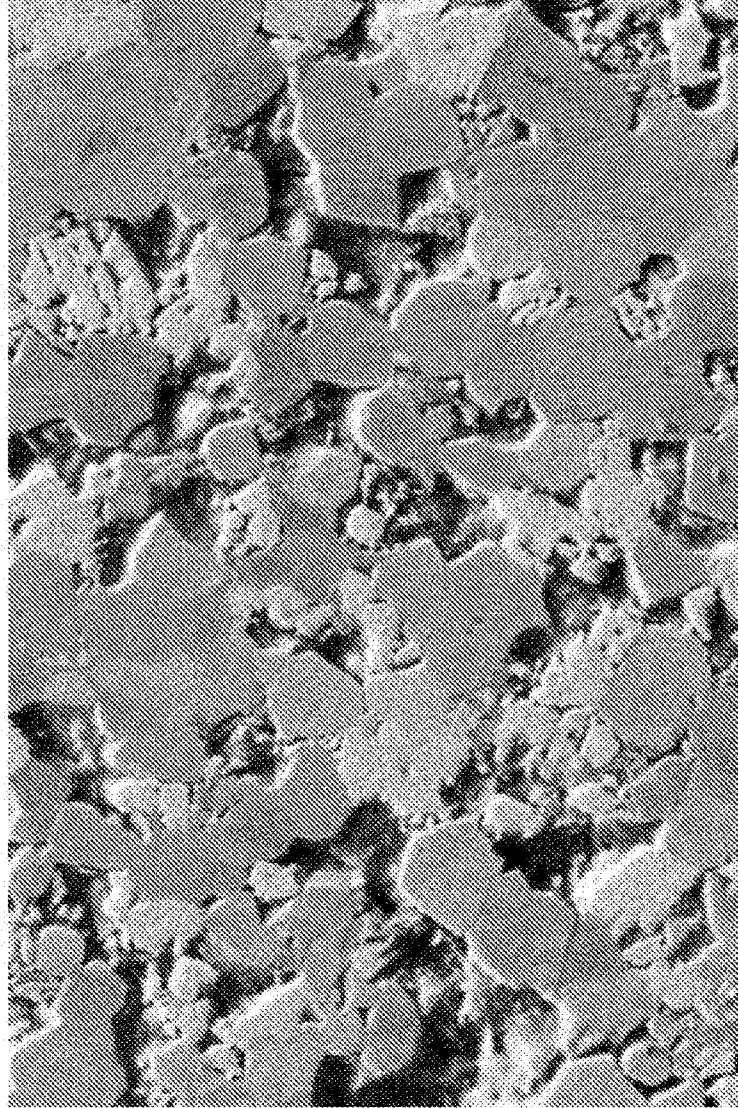
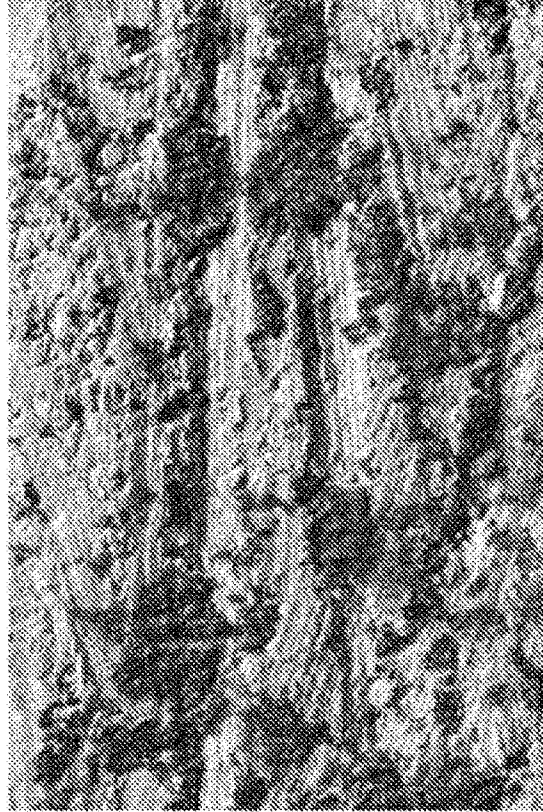


Fig 9

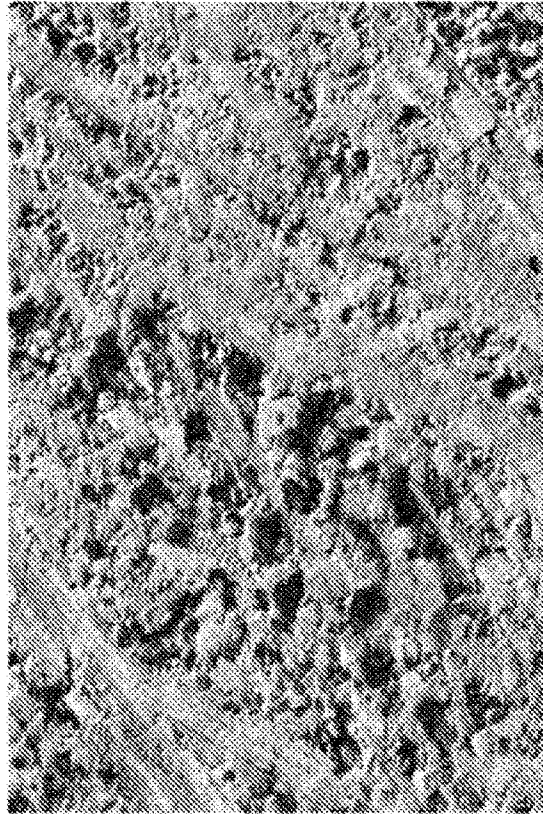


-----> 2 µm EHT = 5,00 kV SE2 Aum = 5,00 K X Hora 10:34:42
AN=5,8 mm 7 mayo 2018

Fig 10



2 μm EHT=5,00 kV SE2 Aumr=2,00 K.X Hora 14:09:28
AN=6,8 mm (b)



2 μm EHT=5,00 kV SE2 Aumr=2,00 K.X Hora 15:10:30
AN=8,8 mm (a)

Fig 11