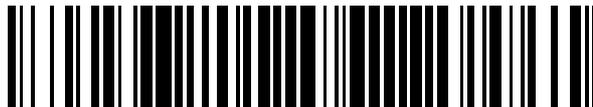


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 887**

51 Int. Cl.:

C22C 37/00 (2006.01)

C22C 37/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2011** **E 11382369 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014** **EP 2599886**

54 Título: **Fundición de hierro gris con grafito superfino, elevada fracción de austenita primaria y propiedades mecánicas optimizadas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2014

73 Titular/es:

CASA MARISTAS AZTERLAN (50.0%)
Aliendalde Auzunea, n 6
48200 Durango, Bizkaia, ES y
STEFANESCU DORU, MICHAEL (50.0%)

72 Inventor/es:

STEFANESCU DORU, MICHAEL;
LARRAÑAGA, PELLO;
SERTUCHA, JON y
SUÁREZ, RAMÓN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 523 887 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

Fundición de hierro gris con grafito superfino, elevada fracción de austenita primaria y propiedades mecánicas optimizadas

5

Campo de la invención

La presente invención está relacionada con un nuevo material para emplear en la industria metalúrgica, y más particularmente, se encuentra relacionada con una fundición grafitica laminar cuya composición permite obtener una mayor cantidad de austenita primaria y una estructura de grafito superfino, lo que permite lograr propiedades mecánicas optimizadas (mayor resistencia a la tracción y menor dureza a igualdad de carbono equivalente). Particularmente, se logra una estructura intermedia entre grafito coral y grafito tipo "D" (denominado grafito superfino), que confiere alta resistencia y baja dureza a carbonos equivalentes relativamente altos.

10

15 **Antecedentes de la invención**

La fundición gris o fundición de hierro con grafito laminar continúa siendo un material con amplia aplicación tecnológica en los sectores de automoción, máquina herramienta, energías renovables, etc.

20

La fundición grafitica laminar es un material con bajo coste de fabricación y con propiedades físicas de gran valor tecnológico (conductividad térmica relativamente elevada, gran capacidad para absorber vibraciones, baja contracción térmica, etc.). Sin embargo, las propiedades mecánicas de muchos de estos materiales resultan limitadas al ser comparadas con las obtenidas de forma habitual en otros tipos de aleaciones de hierro (aceros o fundiciones nodular), las cuales no cuentan con las propiedades físicas ventajosas de las fundiciones laminares.

25

La microestructura habitual de la fundición gris está constituida por láminas de grafito en el seno de una matriz ferrítico/perlítica. Las propiedades mecánicas y físicas dependen de la longitud y distribución de las láminas de grafito y de la relación ferrita/perlita resultante.

30

La Tabla 1 presenta las composiciones químicas asociadas con los diferentes tipos de fundición grafitica laminar de acuerdo con la norma ASTM A48-94. Para una mejor apreciación de las propiedades y su relación con el contenido de carbono equivalente, se ha añadido un columna para este parámetro, el cual se calcula como $CE = \%C + \%Si/3$.

Tabla 1.

Clase	% Carbono	% Silicio	Carbono Equivalente (CE)	Resistencia a la tracción MPa	Dureza HB
20	3,40-3,60	2,30-2,50	4,30	152	156
25	-	-	-	179	174
30	3,10-3,30	2,10-2,30	3,88	214	210
35	-	-	-	252	212
40	2,95-3,15	1,70-2,00	3,67	293	235
50	2,70-3,00	1,70-2,00	3,47	362	262
60	2,50-2,85	1,90-2,10	3,34	431	302

35 Composiciones y propiedades mecánicas de varios tipos de fundición gris.

El aumento de la resistencia a la tracción de la fundición grafitica laminar se puede obtener disminuyendo el CE de la aleación (especialmente el contenido de C como muestra la Tabla 1) o añadiendo elementos de aleación que endurecen la matriz.

40

La disminución del CE se asocia a un aumento de la dureza (véase la Tabla 1) y a un aumento de los fenómenos de contracción de la aleación debido a la precipitación de una menor cantidad de grafito.

45

La adición de determinados elementos de aleación como el Cu, Mo y Mn (W. Xu et al., *Materials Science and Engineering A* 390 (2005) 326-333), Nb y Ni (J. K. Jaxzarowski et al., Patente 20080206584, *All metal or with adjacent metals*), lantánidos (Tierras Raras) (J. Van Eeghem et al., Patent 3997338, *Patent Genius*) o Cu, Mo y Cr (N. Katori and S. Ishii, Patente 11181988, *Patentstorm*), tiene como objetivo obtener estructuras con menor relación ferrita/perlita y disminuir el espaciado interlaminar entre las láminas de ferrita y cementita que constituyen la fase perlita, originando que ésta sea más resistente.

50

El otro aspecto con una influencia decisiva en la resistencia a la tracción es la forma y distribución del grafito. El grafito laminar fino con distribución tipo D se obtiene de forma habitual en fundiciones hipo-eutécticas sometidas a

velocidades de enfriamiento relativamente altas. También es posible obtener esta estructura gráfica en fundiciones con un contenido habitual de azufre (0,03-0,08 % en peso), elevado contenido de titanio (0,5 - 1 %) y altas velocidades de enfriamiento (B. Lux, Mem. Sci. Rev. Mett. LXVI, 196, 347).

- 5 El azufre modifica la longitud y la distribución de las láminas de grafito en fundición gráfica laminar, potenciando la precipitación según la distribución tipo A (K. M. Muzumdar and J. F. Wallace, AFS Transactions, 81 (1973) 412-423). La reducción del contenido de S por debajo del 0,02 % en peso, provoca la precipitación de las láminas de grafito según la distribución tipo D debido al aumento en el subenfriamiento (M. Chisamera, et al., AFS Transactions, 07-023 (05)). Al aumentar el contenido de S, se forman compuestos base S (sulfuros), los cuales actúan como gérmenes de precipitación de grafito, favoreciéndose la distribución tipo A (B. Francis, Metallurgical Transactions A, 10-, 1979) (I. Fliposan, et al., Proceedings of the AFS Cast Iron Inoculation Conference, 2005).

15 El grafito coral es un tipo de grafito muy ramificado diferente a la distribución tipo D y al grafito vermicular (o compacto). Se obtiene en aleaciones Fe-C-Si con muy baja aleación, especialmente con muy reducido contenido de S (menor de 0,001 % en peso) y con altas velocidades de enfriamiento (B. Lux, Giesserei Forschung, 19, 1967, 141). Este tipo de composiciones químicas no tiene aplicaciones industriales prácticas debido al incremento económico que supone producir una aleación de estas características.

20 La adición de titanio incrementa el subenfriamiento, favoreciendo la precipitación del grafito según una distribución tipo D (Y. S. Lerner, AFS Transactions 104 (1996) 1011-1016), (R.I. Morozova, et al., Khimichskoe I Neftyanoe Mashinostroenie, Nº 1 (1972) 16-17) (AND. S. Lerner, Journal of Materials Engineering and Performance, 12 (2) (2003) 141-146) (X. Lin, et al., Modern Cast Iron, 2001-04) (B. Shen, et al., Modern Cast Iron, 2006-06), véase también el artículo de Sissener, J., Combined influence of Vanadium and Titanium on Cast Iron with Lamet or Graphite, FTJ, 1979.

25 De acuerdo con algunos autores, existe un nivel crítico de 0,04 % en peso de Ti, por debajo del cual se disminuye la resistencia a la tracción y por encima del cual se incrementa esta resistencia (M.C. McGrath, et al, AFS Transactions 09-86). La conclusión de otro estudio indica que el contenido de Ti no debe sobrepasar el 0,075 % (Y. S. Lerner, AFS Transactions 104 (1996) 1011-1016). En otros trabajos publicados se obtiene un aumento de la resistencia a la tracción con contenidos de Ti hasta 0,36 % (R.I. Morozova, et al., Khimichskoe / Neftyanoe Mashinostroenie, Nº 1 (1972) 16-17) (X. Lin, et al., Modern Cast Iron, 2001-04). En todos los casos, el contenido de S es el habitual para las fundiciones gráficas laminares (0,065-0,110 %). En la práctica, el contenido de Ti en la fabricación de piezas de fundición gráfica laminar se limita a 0,030 %, ya que la formación de compuestos complejos reduce la vida útil de las herramientas utilizadas para efectuar la operación de mecanizado (D. Zeng, et al., Tsinghua Science and Technology, 2008, Vol. 13, Nº 2, 127-131).

40 En la actualidad, la fundición laminar cubre un intervalo de resistencias que puede variar desde los 150 hasta los 450 MPa. De la tabla 1, es importante resaltar que para obtener una resistencia a la tracción mayor de 300 MPa, el contenido de carbono equivalente debe ser muy bajo (menor de 3,67 %), pero por otro lado, esta composición está asociada a una dureza relativamente baja (mayor de 235 HBW) y una elevada capacidad para formar rechupes y microrrechupes.

45 Asimismo, se conoce que la resistencia típica a la tracción de la fundición gráfica laminar con un contenido de 4 % carbono equivalente (CE) varía de 230 a 300 MPa (ASM Specialty Handbook, Cast Irons, J.R. Davis Editor, ASM International, Materials Park, Ohio (1996)), siendo 260 MPa el valor promedio de rotura y 215 HBW el de dureza. La cantidad de austenita primaria en las fundiciones con esta composición varía del 10 al 25 %, mientras que el resto está constituido por la fase eutéctica.

50 Por lo anterior, se puede apreciar que existe una necesidad real de nuevas composiciones para fundición laminar con propiedades mecánicas mejoradas para dar respuesta a los requerimientos existentes de fabricación de piezas económicamente competitivas y con un desempeño similar a las obtenidas mediante la adición de elementos químicos de aleación específicos.

Sumario de la invención

55 En un primer aspecto de la invención, se proporciona una fundición gris con una mayor cantidad de austenita primaria y un grafito laminar superfino, alta resistencia a la tracción y valores de dureza relativamente bajos, la cual se obtiene siguiendo un proceso estándar de fabricación de fundición gris, y que tiene una resistencia mayor y una dureza similar que la fundición gráfica laminar, con un mismo contenido de carbono equivalente.

60 Se ha encontrado que el objetivo anterior se cumple mediante la fundición gris de grafito superfino de la presente invención que comprende la siguiente composición:

65 de 3,2 a 3,6 % en peso de C;
de 1,8 a 2,2 % en peso de Si,
de 0,1 a 0,8 % en peso de Mn,

hasta 0,02 % en peso de S,
hasta 0,1 % en peso de P,
de 0,15 a 0,60 % en peso de Ti

5 el resto de la composición es hierro y trazas de otros elementos habitualmente presentes en este tipo de fundiciones.

De esta manera, la fundición gris obtenida con la composición de la presente invención presenta una relación entre la austenita primaria frente a las fases eutécticas de 0,3 a 0,5, con separaciones de grafito que dan lugar a una morfología superfina, presentando una resistencia a la tracción superior a 300 MPa y una dureza inferior de 200 HBW.

En una realización preferida de la presente invención, se utiliza la siguiente composición: 3,4 % en peso de C; 2,05 % en peso de Si; 0,53 % en peso Mn; 0,008 % en peso de S; 0,017 % en peso P y de 0,19 a 0,40 % en peso de Ti.

De este manera, un objetivo adicional de la invención es proporcionar una fundición que contiene grafito superfino, que es una forma de grafito intermedia entre el grafito tipo D y el coral, con una elevada relación de austenita primaria respecto a las fases eutécticas y sometida a velocidades de enfriamiento de hasta 1 °C/s.

Es otro objetivo de la invención proporcionar una fundición que contiene grafito superfino con una relación dureza/resistencia a la tracción menor que la correspondiente a las fundiciones gráficas laminares con similares composiciones químicas (exceptuando los contenidos de S y Ti).

Y aún es otro objetivo de la invención, proporcionar una fundición gráfica laminar de bajo coste de fabricación, pero con resistencias altas y comparables a las obtenidas en fundiciones de alta aleación y económicamente más costosas.

Mas particularmente, la presente invención permite obtener una familia de fundiciones gráficas laminares con propiedades mecánicas mejoradas y económicamente competitivas. Estos materiales pueden ser fabricados siguiendo una metodología habitual (sin requerimientos especiales de producción) y necesitan adiciones menores de un elemento específico (Ti).

35 Breve descripción de las figuras

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con ciertos ejemplos preferentes de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de esta descripción, un juego de dibujos, en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

40 La Figura 1 muestra una metalografía óptica de una fundición gráfica laminar preparada de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 muestra una metalografía obtenida mediante microscopía electrónica de barrido de una fundición gráfica laminar con grafito superfino, preparada de acuerdo con la presente invención.

45 Descripción detallada de las realizaciones preferentes de la invención

Tal como se ha mencionado, la presente invención permite obtener una familia de fundiciones gráficas laminares con propiedades mecánicas mejoradas y económicamente competitivas. Estos materiales pueden ser fabricados siguiendo una metodología habitual (sin requerimientos especiales de producción) y necesitan adiciones menores de solo un elemento específico que es el titanio (Ti).

Particularmente, los materiales de la presente invención permiten alcanzar valores de resistencia a la tracción superiores a 300 MPa, límites elásticos superiores a 250 MPa y durezas inferiores a 200 HBW, siguiendo una metodología de fabricación similar a la utilizada de manera habitual, es decir, se prepara una aleación fundida pero la composición química de la misma es la especificada a continuación:

60 del 3,2 al 3,6 % en peso de C;
del 1,8 al 2,2 % en peso de Si,
del 0,1 al 0,8 % en peso de Mn,
hasta el 0,02 % en peso de S,
hasta el 0,1 % en peso de P
del 0,15 al 0,60 % en peso de Ti
65 el resto de la composición es hierro y trazas de otros elementos.

Luego, se inocula la aleación en vena de colada con un material inoculante, añadiendo entre el 0,05 y el 0,25 % en peso respecto de la cantidad de aleación colada en un molde de arena.

Se prefiere que la granulometría del producto inoculante sea de 0,1-0,5 mm y su composición química, la siguiente:

- 5
- Si = 60-75 %;
 - Al = 0,02-3,90 %;
 - Ca = 0,3-4,5 %;
 - Bi = <2,5 %;
 - 10 • Ba = <2,5 %;
 - Zr = <2,5 %;
 - Sr = <2,5 %;
 - Tierras raras = <4,5 %

15 el resto de la composición química Fe y otros elementos residuales minoritarios.

La aleación fundida se cuela en la siguiente etapa utilizando cualquier medio convencional. Las formas de colar son esencialmente con un sistema automático de colada o utilizando cucharas semiautomáticas o manuales y vertiendo la aleación en el interior del molde.

20 El molde utilizado es de arena (moldeo químico o de arena en verde). Se puede emplear cualquier línea de moldeo capaz de fabricar moldes de arena (horizontal o vertical).

25 Una ventaja de la presente invención, es que se reduce el número de elementos químicos aleantes, puesto que únicamente se utiliza el Ti como agente endurecedor de la matriz metálica.

30 Otra ventaja de la presente invención es que se trabaja con aleaciones con altos contenidos de carbono equivalente, que muestran una capacidad de contracción más baja en el proceso de solidificación (minimización de defectos de contracción) y su comportamiento durante las operaciones de mecanizado de las piezas es claramente más favorable debido a la presencia de una mayor cantidad de grafito precipitado.

35 Los materiales de la presente invención se orientan a la fabricación de piezas de fundición gráfica laminar que están destinadas principalmente al sector de automoción (discos de freno, carcasas, volantes, bloques de motor), máquina herramienta (bancadas) y/o en la fabricación de poleas, cuerpos de válvula, etc. Actualmente, un considerable número de piezas se fabrican utilizando fundiciones laminares que contienen elevados contenidos de los elementos de aleación Cu, Mo, V, Sn, Sb, etc. La presente invención ofrece un grupo de aleaciones con propiedades mecánicas mejoradas que constituyen una alternativa más barata y sencilla para los materiales convencionales.

40 La invención será mejor entendida a partir de los siguientes ejemplos, que tienen únicamente carácter ilustrativo mas no limitativo de la invención.

Ejemplo 1: no de acuerdo con la invención

45 Se preparó una carga de fundición que consistía en 15 kg de lingote y 85 kg de retornos con bajo contenido de S. Dicha carga se introdujo en un horno de inducción de media frecuencia (250 Hz, 100 Kw) con capacidad para 100 kg. La composición objetivo fue 3,4 % de C y 2,1 % de Si. Después de haberse fundido y aumentarse la temperatura a 1500 °C, el metal se trasladó a una cuchara de 50 kg, con el fin de colar la aleación preparada en dos moldes. Cada uno de estos moldes configura una cuña estándar Tipo II (según norma EN-1563).

50 Antes de la colada, en el fondo de los moldes se depositó una cantidad del 0,2 % en peso de inoculante con la siguiente composición (68,1 % Si; 1,65 % Ca; 0,89 % Al; 0,45 % Bi; 0,38 % Ba; 0,37 % RE).

55 Tras finalizar la colada, la aleación restante contenida en la cuchara se devolvió al horno. En este etapa, se ajustó el contenido de carbono y se añadieron 75 g de FeTi (65 %Ti). La temperatura de la aleación resultante se elevó y ésta se trasladó nuevamente desde el horno a la cuchara de colada con el fin de colar un segundo par de moldes. El método se repitió dos veces más con adiciones de 200 g de FeTi cada vez. Finalmente, se añadieron 5 kg de lingote y 35 kg de retornos procedentes de fundición gráfica esferoidal, con la finalidad de reducir el contenido de Ti a la mitad.

60 A partir de cada una de las cuñas fabricadas, se prepararon probetas cilíndricas de 10 mm, con la finalidad de realizar ensayos de tracción (resistencia a la tracción, límite elástico y alargamiento). También se realizaron análisis metalográficos y por microscopía electrónica de barrido sobre la rotura de las probetas ensayadas.

65 La composición química de la aleación en cada cuchara así como el promedio estadístico de propiedades mecánicas (resistencia a la tracción- UTS en MPa, límite elástico en MPa y alargamiento en %) se presentan en la

Tabla 2. El contenido del carbono equivalente (CE) se calculó utilizando la siguiente ecuación $CE = \%C + 0,31 \times \%Si - 0,027 \times \%Mn$.

Tabla 2

Cuchara	CE	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ti	UTS	YS	EI	HB
1	4,05	3,43	2,06	0,53	0,018	0,007	0,11	0,017	168	134	0,7	150
2	4,02	3,40	2,05	0,53	0,016	0,008	0,11	0,073	199	159	0,5	160
3	3,98	3,37	2,02	0,53	0,016	0,008	0,12	0,190	334	297	0,4	185
4	3,96	3,34	2,03	0,50	0,017	0,008	0,11	0,400	345	282	0,7	200
5	4,08	3,46	2,04	0,52	0,017	0,008	0,10	0,200	327	275	0,7	185

5 Se observó que, en presencia de un contenido muy bajo de azufre (<0,01 % en peso) y alto contenido de Ti (0,2-0,4 % en peso), la resistencia a la tracción aumenta desde 170 a 327-345 MPa, con un ligero incremento de la dureza.

10 La morfología del grafito obtenido se presenta en las figuras 1 y 2. Se observa que el grafito es extremadamente fino, con distribuciones laminares de tipo D y tipo coral.

A la vista de esta descripción y juego de dibujos, el experto en la materia podrá entender que las realizaciones de la invención que se han descrito pueden ser combinadas de múltiples maneras dentro del objetivo de la invención.

15

REIVINDICACIONES

1. Fundición de grafito laminar **caracterizada por que** comprende la siguiente composición:

- 5 del 3,2 al 3,6 % en peso de C;
del 1,8 al 2,2 % en peso de Si,
del 0,1 al 0,8 % en peso de Mn,
hasta el 0,02 % en peso de S,
hasta el 0,1 % en peso de P
10 del 0,15 al 0,60 % en peso de Ti
siendo el resto de la composición hierro y trazas de otros elementos.

2. Fundición de grafito laminar de la reivindicación 1, **caracterizada por que** comprende una relación de austenita primaria con respecto a las fases eutécticas de 0,3 a 0,5.

15 3. Fundición de grafito laminar de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** tiene separaciones de grafito que dan lugar a una morfología superfina.

20 4. Fundición de grafito laminar de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** tiene una resistencia a la tracción superior a 300 MPa.

5. Fundición de grafito laminar de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** tiene una dureza inferior a 200 HBW.

25 6. Composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** comprende:

- 3,4 % en peso de C,
2,05 % en peso de Si,
0,53 % en peso Mn;
30 0,008 % en peso de S;
0,017 % en peso de P y
del 0,19 al 0,4 % en peso de Ti.

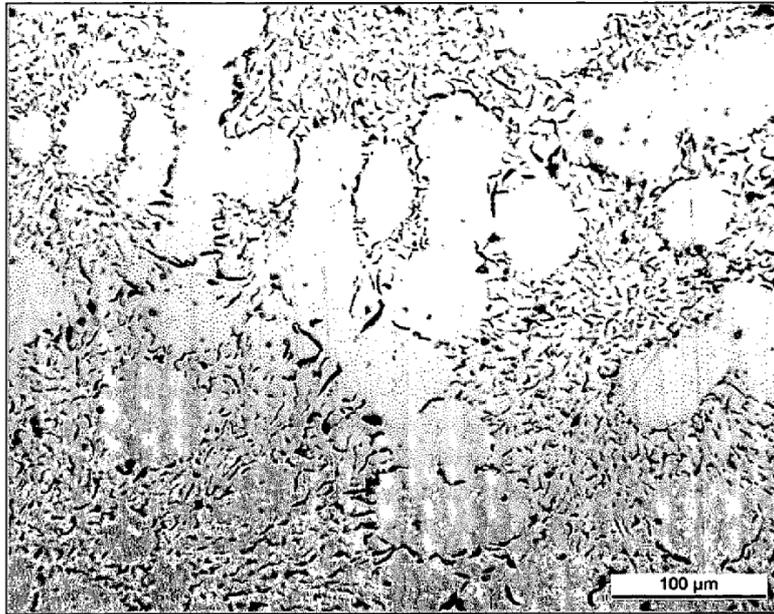


FIG. 1

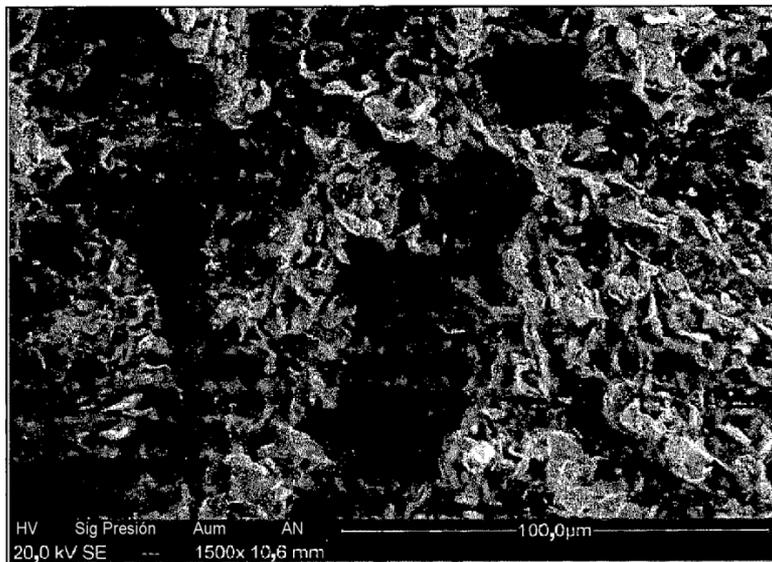


FIG. 2