

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 824**

51 Int. Cl.:

B22D 25/06	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)
C22C 33/08	(2006.01)
C22C 37/06	(2006.01)
C22C 37/10	(2006.01)
C21D 5/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2011 PCT/AU2011/000091**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2011 WO11091479**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2011 E 11736544 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2531631**

54 Título: **Aleaciones metálicas para aplicaciones de alto impacto**

30 Prioridad:

01.02.2010 AU 2010900377
01.10.2010 AU 2010904415

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.12.2018

73 Titular/es:

WEIR MINERALS AUSTRALIA LTD (100.0%)
1 Marden Street
Artarmon, New South Wales 2064, AU

72 Inventor/es:

DOLMAN, KEVIN

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 692 824 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

Aleaciones metálicas para aplicaciones de alto impacto

5 Campo de la invención.

Esta invención se relaciona con aleaciones metálicas para aplicaciones de alto impacto y particularmente, aunque de ninguna manera exclusivamente, con aleaciones de hierro que tienen alta dureza, y fundiciones de estas aleaciones.

10 Antecedentes de la invención.

El hierro fundido blanco de alto contenido de cromo, tal como se describe en la patente de Estados Unidos núm. 1.245.552, se usa ampliamente en la industria minera y de procesamiento de minerales para la fabricación de equipos que se someten a abrasión severa y desgaste por erosión, por ejemplo, bombas y tuberías para lodo, revestimientos de molinos, trituradoras, tolvas de transferencia y herramientas de corte. El hierro fundido blanco con alto contenido de cromo descrito en la patente de Estados Unidos comprende 25-30% en peso de Cr, 1.5-3% en peso de C, hasta 3% en peso de Si, y equilibrio de Fe y trazas de Mn, S, P y Cu.

20 Las microestructuras de hierro fundido blanco con alto contenido de cromo contienen carburos de cromo extremadamente duros (alrededor de 1500 HV - de acuerdo con la Norma Australiana 1817, parte 1) $(Fe,Cr)_7C_3$ en una matriz ferrosa con una dureza de aproximadamente 700 HV. Estos carburos proporcionan una protección efectiva contra la acción abrasiva o erosiva de la arena de sílice (alrededor de 1150 HV), que es el medio más abundante que se encuentra en los minerales suministrados a las plantas mineras y de procesamiento de minerales.

25 En términos generales, el hierro fundido blanco con alto contenido de cromo ofrece una mayor resistencia al desgaste que los aceros que se han endurecido por métodos de temple y revenido, y además proporciona una resistencia moderada a la corrosión en comparación con los aceros inoxidable. Sin embargo, el hierro fundido blanco tiene una baja tenacidad a la fractura ($<30 \text{ MPa}\cdot\sqrt{m}$), lo que lo hace inadecuado para su uso en situaciones de alto impacto, como en maquinaria de trituración.

30 La tenacidad a la fractura es una función de (a) el contenido de carburo y su tamaño de partícula, forma y distribución en toda la matriz, y (b) la naturaleza de la matriz ferrosa, es decir, si comprende austenita, martensita, ferrita, perlita o una combinación de dos o más de estas fases.

35 Además, el hierro fundido blanco con alto contenido de cromo tiene una baja resistencia al choque térmico y no puede enfrentar cambios muy bruscos de temperatura.

40 Los intentos anteriores del inventor de producir un hierro fundido blanco más tenaz mediante adición de cantidades de otros elementos, como manganeso, al hierro fundido blanco con alto contenido de cromo, no tuvieron éxito. Específicamente, los diversos elementos de aleación del hierro fundido blanco, particularmente, cromo, carbono, manganeso, silicio, níquel y hierro, pueden dividirse de forma diferente durante la solidificación, lo que resulta en una amplia gama de posibles composiciones químicas en la matriz ferrosa. Por ejemplo, es posible obtener un hierro fundido blanco con una matriz ferrosa que contenga más de 1.3% en peso de carbono, pero esto puede resultar en la presencia de carburos proeutectoides frágiles en la microestructura. Es posible, además, obtener un hierro fundido blanco con una matriz ferrosa que contenga menos de 0.8% en peso de carbono, pero esto puede resultar en una matriz ferrosa austenítica inestable con una baja capacidad de endurecimiento por trabajo. Además, es posible obtener un hierro fundido blanco con una matriz ferrosa con un bajo contenido de cromo, lo que puede resultar en una baja resistencia a la corrosión.

50 En el documento GB 340 382 A de Edgar Allen & Company Ltd y otros, se describen aceros aleados adecuados para placas seguras y fines similares que contienen 1-4 por ciento de carbono, 15-25 por ciento de cromo y 11-20 por ciento de manganeso.

55 La patente australiana 458670 describe un hierro blanco resistente al desgaste con una estructura sustancialmente austenítica que contiene predominantemente carburo de cromo-manganeso trigonal y ortorrómbico. El hierro blanco tiene una composición que consiste en 7.0% a 15.0% de manganeso, 8.0% a 15.0% de cromo, en 4.0% de carbono total, 0% a 2.5% de silicio, y con un total de manganeso y cromo de al menos 15.0%, el equilibrio es el hierro aparte de las impurezas incidentales. La patente informa de que el manganeso y el cromo pueden usarse juntos en hierro fundido blanco de tal forma que tanto los carburos ortorrómbicos como los trigonales pueden producirse simultáneamente con una matriz austenítica, lo que proporciona así un hierro fundido de características inusuales de resistencia al desgaste.

60 Esta descripción tiene que ver particularmente con la provisión de un hierro fundido blanco con alto contenido de cromo que tiene una combinación mejorada de tenacidad y dureza. Es deseable que el hierro fundido blanco con alto contenido de cromo sea adecuado para aplicaciones de desgaste abrasivo de alto impacto, como las que se usan en maquinaria de trituración o bombas para lodo.

Resumen de la descripción

A través del trabajo experimental llevado a cabo por el solicitante, se ha descubierto inesperadamente que existe una relación inversa entre las concentraciones de cromo y carbono de la matriz ferrosa formada durante la solidificación de una gama de hierros fundidos con alto contenido de cromo. La cuantificación de esta relación inversa entre el cromo y el carbono en la matriz ferrosa ha hecho posible que el solicitante proporcione composiciones químicas a granel de hierros fundidos de alto contenido de cromo seleccionados que contienen manganeso y que resultan en microestructuras que contienen fases con las características químicas requeridas para producir hierros fundidos blancos con tenacidad, capacidad de endurecimiento en caliente, resistencia al desgaste y resistencia a la corrosión que son adecuadas para su uso en aplicaciones de desgaste abrasivo de alto impacto.

El trabajo experimental llevado a cabo por el solicitante reveló que el cromo tiene un impacto significativo en el contenido de carbono en la matriz ferrosa, donde anteriormente no había comprensión de este efecto. Anteriormente se pensaba que el cromo formaba en gran medida carburos de la forma M_7C_3 (donde "M" comprende Cr, Fe y Mn), es decir, carburos con una elevada proporción de cromo y carbono. El trabajo experimental, sin embargo, identificó que se retiene mucho cromo en solución sólida y que existe una relación inversa entre el contenido de cromo en la matriz ferrosa y la cantidad de carbono que se retiene en la matriz ferrosa de los hierros fundidos blancos de alto contenido de cromo, de manera que a medida que aumenta la concentración de cromo a granel de un hierro fundido blanco de alto contenido de cromo, aumenta el cromo en la matriz de la aleación y disminuye el carbono en la matriz.

El trabajo experimental llevado a cabo por el solicitante ha demostrado que, durante la solidificación de los hierros fundidos con alto contenido de cromo, el cromo y el carbono se dividen preferencialmente en los carburos primarios y eutécticos M_7C_3 , lo que deja una cantidad residual de cromo y carbono en la matriz ferrosa. Además, el solicitante ha demostrado que cuando se adiciona un 12% en peso de manganeso al hierro fundido con alto contenido de cromo, el manganeso, en una primera aproximación, se distribuye uniformemente entre los carburos M_7C_3 y la matriz ferrosa, es decir, tanto los carburos como la matriz ferrosa contienen un 12% en peso nominal de manganeso.

Por lo tanto, el solicitante cree que es posible obtener una cantidad predeterminada de cromo y carbono en la matriz ferrosa de los hierros fundidos de alto contenido de cromo que contengan 8-20% en peso de manganeso, con la consideración de los siguientes resultados del solicitante para la división del cromo y el carbono en estas aleaciones durante el proceso de solidificación.

Resultado Núm. 1 - Cuando se adiciona aproximadamente 12% en peso de manganeso a los hierros fundidos con alto contenido de cromo, el manganeso no se divide preferencialmente en ninguna fase particular y se distribuye aproximadamente de manera uniforme entre los carburos y la matriz ferrosa.

Resultado Núm. 2 - El contenido residual de carbono de la matriz ferrosa es inversamente proporcional al contenido residual de cromo de la matriz ferrosa. Por ejemplo, el trabajo experimental llevado a cabo por el solicitante reveló que cuando un hierro fundido con alto contenido de cromo, con una composición química a granel de Fe-20Cr-3.0C se solidifica, la composición química residual de la matriz ferrosa es aproximadamente Fe-12Cr-1.1C, en comparación con un ejemplo en el que, cuando una composición química a granel de Fe-10Cr-3.0C se solidifica, la composición química residual de la matriz ferrosa es aproximadamente Fe-6Cr-1.6C, y comparada con un ejemplo en el que, cuando una composición química a granel de Fe-30Cr-3.0C se solidifica, la composición química residual de la matriz ferrosa es aproximadamente Fe-18Cr-0.8C.

El solicitante ha encontrado además que la química de la matriz ferrosa de una aleación a granel de Fe-20Cr-12Mn-3.0C es Fe-12Cr-12Mn-1.1C después de la solidificación (es decir, una matriz ferrosa de 12% en peso de Mn y 1.1% en peso de C que contiene 12% en peso de Cr en solución sólida).

En consecuencia, se proporciona una pieza moldeada de una aleación de hierro fundido blanco que tiene la siguiente química de matriz ferrosa en un estado tratado en solución;

manganeso:	8 a 20% en peso;
carbono:	0.8 a 1.5% en peso;
cromo:	5 a 15% en peso; y
hierro:	equilibrio (que incluye impurezas incidentales); y

con una microestructura que comprende:

- (a) austenita retenida como matriz, y
- (b) carburos dispersos en la matriz, los carburos que comprenden 5 a 60% de la fracción volumétrica de la pieza moldeada.

ES 2 692 824 T3

El término "estado tratado en solución" se entiende en la presente descripción que significa calentar la aleación a una temperatura y mantener la aleación a la temperatura durante un tiempo para disolver los carburos y enfriar rápidamente la aleación a temperatura ambiente para retener la microestructura.

5 La concentración de cromo y/o la concentración de carbono en la química a granel de la aleación de hierro fundido blanco puede seleccionarse con la consideración de una relación inversa entre la concentración de cromo y la concentración de carbono en la matriz para controlar la concentración de la matriz de uno o ambos del cromo y el carbono, para que esté dentro de los intervalos antes descritos, de modo que la pieza moldeada tenga las propiedades requeridas, tales como la tenacidad y/o la dureza y/o la resistencia al desgaste y/o la capacidad de endurecimiento por trabajo y/o la resistencia a la corrosión.

10 Por ejemplo, la concentración de cromo en la química a granel de la aleación de hierro fundido blanco puede seleccionarse teniendo en cuenta la consideración de la relación inversa entre la concentración de cromo y la concentración de carbono en la matriz para controlar que la concentración de carbono de la matriz sea superior a 0.8% en peso y menor que 1.5% en peso, típicamente menor que 1.2% en peso, típicamente mayor que 1% en peso en el estado tratado en solución. En este ejemplo, la concentración de manganeso en la química a granel puede ser de 10-16, típicamente 10-14% de peso, y más típicamente 12% de peso.

15 Las concentraciones de cromo, carbono y manganeso en la química a granel de la aleación de hierro fundido blanco pueden seleccionarse de modo que la pieza moldeada tenga las siguientes propiedades mecánicas en la forma tratada en solución de la pieza moldeada:

- Resistencia a la tracción: al menos 650, típicamente al menos 750 MPa.
- Límite elástico: al menos 500, típicamente al menos 600 MPa.
- Tenacidad a la fractura: al menos 50, típicamente al menos 60 MPa√m.
- 25 • Alargamiento: al menos 1.2%
- Dureza: al menos 350, típicamente al menos 400 Brinell.
- Deformabilidad plástica bajo carga de compresión: al menos 10%
- Alta capacidad de endurecimiento por trabajo: hasta al menos 550 Brinell en servicio.

30 Los carburos pueden ser de 5 a 60% de la fracción volumétrica de la pieza moldeada, típicamente de 10 a 40% de la fracción volumétrica de la pieza moldeada, y más típicamente de 15-30% de la fracción volumétrica de la pieza moldeada. La microestructura puede comprender de 10 a 20% en volumen de carburos dispersos en la matriz de austenita retenida.

35 Los carburos pueden ser carburos de cromo-hierro-manganeso.

La fase de carburo de la pieza moldeada anterior después del tratamiento en solución puede ser de carburos de cromo-hierro-manganeso primarios y/o de carburos de cromo-hierro-manganeso eutécticos y la matriz de austenita retenida puede ser de dendritas de austenita primaria y/o austenita eutéctica.

40 Los carburos además pueden ser carburo de niobio y/o una mezcla química de carburo de niobio y carburo de titanio.

La especificación de la patente mencionada en el párrafo anterior describe que los términos "una mezcla química de carburo de niobio y carburo de titanio" y "carburo de niobio/titanio" se entienden como sinónimos. Adicionalmente, la especificación de la patente describe que el término "mezcla química" se entiende en este contexto que significa que los carburos de niobio y los carburos de titanio no están presentes como partículas separadas en la mezcla, sino que están presentes como partículas de carburos de niobio/titanio.

50 Para fracciones volumétricas de carburos inferiores a 5%, los carburos no contribuyen significativamente a la resistencia al desgaste de la aleación. Sin embargo, para fracciones volumétricas de carburos superiores a 60%, no hay suficiente matriz ferrosa para mantener los carburos juntos. Como resultado, la tenacidad a la fractura de la aleación puede no ser adecuada para la maquinaria de trituración.

55 La matriz puede estar sustancialmente libre de ferrita.

El término "sustancialmente libre de ferrita" indica que la intención es proporcionar una matriz que incluya austenita retenida sin nada de ferrita, pero al mismo tiempo reconoce que en cualquier situación dada en la práctica puede haber una pequeña cantidad de ferrita.

60 La aleación de hierro fundido blanco de la pieza moldeada puede tener una composición a granel que comprende:

cromo:	10 a 40% en peso;
carbono:	2 a 6% en peso;

manganeso:	8 a 20% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

La aleación de hierro fundido blanco puede comprender de 0.5 a 1.0% en peso de silicio.

5

La aleación de hierro fundido blanco puede comprender de 2 a 4% en peso de carbono.

La aleación de hierro fundido blanco de la pieza moldeada puede tener una composición a granel que comprende: cromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
titanio:	2 a 13% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

10

La aleación de hierro fundido blanco de la pieza moldeada puede tener una composición a granel que comprende:

cromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
niobio:	8 a 33% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

15

La aleación de hierro fundido blanco de la pieza moldeada puede tener una composición a granel que comprende:

cromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
niobio y titanio:	5 a 25% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

20

La aleación de hierro fundido blanco de la pieza moldeada puede tener una composición a granel que comprenda cromo, carbono, manganeso, silicio, uno o más de los metales de transición titanio, circonio, hafnio, vanadio, niobio, tántalo, cromo, molibdeno y tungsteno; y el balance de hierro e impurezas incidentales, con la cantidad de metal o metales de transición seleccionados de modo que los carburos de estos metales en la pieza moldeada comprendan hasta 20% en volumen de la pieza moldeada.

25

La pieza moldeada puede ser equipamiento que se somete a abrasión severa y desgaste por erosión, tales como bombas y tuberías para lodo, revestimientos de molinos, trituradoras, rampas de transferencia y herramientas de corte.

30

Además se proporciona el equipamiento que se somete a abrasión severa y desgaste por erosión, tales como bombas y tuberías para lodo, revestimientos de molinos, trituradoras, rampas de transferencia y herramientas de corte que incluyen la pieza moldeada.

El equipamiento puede ser maquinaria de trituración o bombas para lodo.

Además se proporciona un método para producir una pieza moldeada de la aleación de hierro fundido blanco descrita anteriormente. El método está fuera del alcance de las reivindicaciones adjuntas. El método comprende las etapas de:

- 5 (a) formar una masa fundida de la aleación de hierro fundido blanco antes descrita;
 (b) verter la masa fundida en un molde para formar la pieza moldeada; y
 (c) dejar que la pieza moldeada se enfríe sustancialmente a temperatura ambiente.

10 La etapa (a) del método puede comprender adicionar a) niobio o b) niobio y titanio a la masa fundida en una forma que produzca partículas de carburo de niobio y/o partículas de una mezcla química de carburo de niobio y carburo de titanio en una microestructura de la pieza moldeada. El método puede incluir etapas adicionales del método, tal como se describe en la especificación antes mencionada titulada "Hard Metal Material" presentada el 1 de febrero de 2011 con la solicitud internacional antes mencionada en nombre del solicitante.

15 El método puede comprender además el tratamiento térmico de la pieza moldeada después de la etapa (c) mediante:
 (d) calentamiento de la pieza moldeada a una temperatura de tratamiento en solución; y
 (e) templado de la pieza moldeada.

20 La etapa (e) puede comprender templar el molde en agua.

La etapa (e) puede comprender templar la pieza moldeada sustancialmente a temperatura ambiente.

25 La microestructura resultante puede ser una matriz de austenita retenida y carburos dispersos en la matriz, los carburos que comprenden 5 a 60% de la fracción volumétrica de la pieza moldeada.

La matriz ferrosa resultante puede ser austenítica en la medida en que esté sustancialmente libre de ferrita. La matriz ferrosa resultante puede ser totalmente austenítica debido al rápido proceso de enfriamiento.

30 La temperatura de tratamiento de la solución puede estar en un intervalo de 900 °C a 1200 °C, típicamente de 1000 °C a 1200 °C.

La pieza moldeada puede mantenerse a la temperatura de tratamiento en solución durante al menos una hora, pero puede mantenerse a dicha temperatura de tratamiento en solución durante al menos dos horas, para asegurar la disolución de todos los carburos secundarios y el logro de la homogeneización química.

35 Breve descripción de las figuras

La aleación de hierro fundido blanco y la pieza moldeada se describirán ahora aún más a manera de ejemplo solamente, y con referencia a los dibujos acompañantes, en los cuales:

40 La Figura 1 es una micrografía de la microestructura de una aleación de hierro en bruto de acuerdo con una modalidad de las invenciones.

La Figura 2 es una micrografía de la microestructura de la aleación de hierro en bruto en la Figura 1 después del tratamiento térmico.

45 Descripción detallada

Aunque una gama de composiciones de aleaciones de hierro fundido blanco existen con el alcance de la presente invención, la descripción siguiente se dirige a una aleación de hierro fundido en particular como un ejemplo.

50 Se advierte que el solicitante ha llevado a cabo trabajo experimental extenso en relación con la aleación de hierro fundido blanco de la presente invención que ha establecido los límites superior e inferior de los intervalos de los elementos y las fracciones de volumen de los carburos en la siguiente microestructura en bruto de la presente invención que comprende:

55 (a) una matriz ferrosa que comprende austenita retenida, la matriz que tiene una composición de:

manganeso:	8 a 20% en peso;
carbono:	0.8 a 1.5% en peso;
cromo:	5 a 15% en peso; y
hierro:	equilibrio (que incluye impurezas incidentales); y

(b) carburos de cromo que comprenden una fracción volumétrica de 5 a 60% de la fracción volumétrica.

El ejemplo de la aleación de hierro fundido blanco tenía la siguiente composición a granel:

romo:	20% en peso;
carbón:	3% en peso;
manganeso:	12% en peso;
silicio:	0.5% en peso; y

un equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

5 Se preparó un material fundido de esta aleación de hierro fundido blanco y se fundió en muestras para la operación de prueba metalúrgica, lo que incluye pruebas de dureza, pruebas de tenacidad y metalografía.

10 La operación de prueba se realizó en muestras en bruto que se dejaron enfriar en moldes a temperatura ambiente. Además se llevó a cabo operación de prueba en las muestras en bruto, que después se sometieron a un tratamiento térmico en solución que incluía el recalentamiento de las muestras en bruto a una temperatura de 1200 °C durante un período de 2 horas, seguido de un temple en agua.

En la Tabla 1 más abajo se expone un resumen de los resultados de las pruebas de dureza y tenacidad.

15 Tabla 1 - Resumen de los resultados de las pruebas

Forma de aleación	Dureza (HV50)	Dureza (HB convertida)	Tenacidad a la fractura (MPa√m)	Lectura del medidor de ferrita
En bruto	413	393	49.85	0%
Solución tratada a 1200 grados Celsius	446	424	56.35	0%

20 La microestructura de la aleación de hierro fundido blanco en forma en bruto (Figura 1) muestra grandes dendritas de austenita en una matriz de austenita eutéctica. Por el contrario, la forma de la aleación de hierro tratada térmicamente en solución (Figura 2) muestra dendritas de austenita generalmente bien dispersas en una matriz de austenita retenida. Las lecturas del medidor de ferrita para las muestras en bruto y las muestras tratadas térmicamente en solución (es decir, lecturas de magnetismo), muestran que las muestras no eran magnéticas. Esto, por lo tanto, indica que las piezas moldeadas no incluían ferrita o martensita o perlita en la matriz ferrosa.

25 El análisis de la composición de la matriz de austenita retenida revela un contenido de cromo en la solución sólida de la matriz de aproximadamente 12% en peso y un contenido de carbono en la matriz de aproximadamente 1.1% en peso. Por lo tanto, la matriz de austenita retenida puede considerarse como un acero al manganeso con un contenido relativamente alto de cromo en solución sólida para mejorar la dureza y mejorar la resistencia a la corrosión, que no son características del acero al manganeso austenítico convencional.

30 Adicionalmente, el porcentaje de volumen de los carburos de cromo contribuyó a la dureza y a la resistencia general al desgaste. Aunque los resultados de dureza en la Tabla 1 están por debajo de las mediciones de dureza típicas de las aleaciones de hierro fundido resistentes al desgaste, se encontró que la dureza de la aleación de hierro aumentó después de los tratamientos de endurecimiento por trabajo en un nivel que es comparable a la dureza de las aleaciones conocidas de hierro fundido resistentes al desgaste.

35 Otras muestras de la misma aleación de hierro fundido blanco se fundieron y sometieron a un tratamiento térmico a 1200 °C durante un período de 2 horas.

40 Las muestras tenían una microestructura que comprendía dendritas primarias de austenita más carburos eutécticos y austenita eutéctica.

El microanálisis de las muestras reveló lo siguiente:

- 45 • Tanto el elemento cromo como el carbono, se dividen fuertemente hasta la fase de carburo, la cual se identificó como (Fe, Cr, Mn)₇C₃ mediante Difracción de electrones por retrodispersión.
- Para una primera aproximación, el elemento manganeso se distribuye uniformemente entre las fases de carburos y austenita.
- El 11.3% en volumen de la microestructura consistió en dendritas primarias de austenita.
- 50 • El 22.3% en volumen de la microestructura consistió en carburos eutécticos.
- El 66.4% en volumen de la microestructura consistió en austenita eutéctica.
- El contenido de carbono de la fase austenítica fue de 0.98% en peso.

ES 2 692 824 T3

- El contenido de manganeso de las fases de austenita fue de 11.8% en peso y 11.6% en peso.
- La matriz ferrosa de la aleación consistió en 11.3% en volumen de dendritas primarias de austenita y 66.4% en volumen de austenita eutéctica.
- La química de la matriz ferrosa fue Fe - 12Cr - 12Mn - 1.0C - 0.4Si, que es esencialmente un acero al manganeso básico que contiene 12% de cromo en solución sólida.

El ensayo de tenacidad a la fractura se llevó a cabo en dos muestras de acuerdo con el procedimiento descrito en "Double Torsion Technique as a Universal Fracture Toughness Method", Outwater, J.O. y otros, Fracture Toughness and Slow-Stable Cracking, ASTM STP 559, American Society for Testing and Materials, 1974, pp 127- 138.

El solicitante encontró que la presencia de manganeso en la aleación permitía que la matriz ferrosa fuera conveniente para el endurecimiento de la superficie por trabajo mediante la acción de la carga compresiva durante el servicio para proporcionar un material con una resistencia moderada al desgaste y una excelente tenacidad, atribuible a la presencia de una estructura austenítica metaestable formada por el temple en agua de la pieza moldeada a partir de una temperatura de aproximadamente 1200 °C hasta temperatura ambiente. La estructura totalmente austenítica podría retenerse durante el enfriamiento a temperatura ambiente debido a la presencia tanto de un alto contenido de manganeso como de un contenido específico de carbono.

Debido a la combinación sinérgica de la presencia del manganeso, una pieza moldeada que se fabricó de una aleación de hierro fundido blanco de la invención ofrece significativamente una mejor tenacidad a la fractura en comparación con el hierro fundido blanco con alto contenido de cromo, en combinación con las ventajas del hierro fundido blanco de (a) alta resistencia a la abrasión y al desgaste por erosión, (b) límite elástico relativamente alto, y (c) moderada resistencia a la corrosión en ambientes ácidos.

La aleación de hierro fundido blanco del ejemplo mencionado anteriormente tuvo una tenacidad media en la fractura de 56.3 MPa√m. Este resultado se compara favorablemente con los valores de tenacidad de 25-30 MPa√m. para hierros fundidos blancos de alto contenido en cromo. Se anticipa que esta tenacidad a la fractura hace que las aleaciones sean adecuadas para su uso en aplicaciones de alto impacto, tales como bombas, lo que incluye bombas para arena gruesa y bombas para lodo. Las aleaciones además son adecuadas para maquinaria de trituración de rocas, minerales o menas, tal como las trituradoras primarias.

Una ventaja de la aleación de hierro fundido blanco de la presente invención es que el trabajo en caliente de la aleación recién formada rompe el carburo en carburos discretos, lo que mejora así la ductilidad de la aleación.

La referencia a cualquier técnica anterior en la especificación no es, y no debe ser tomada como un reconocimiento o cualquier forma de sugerencia de que esta técnica anterior forma parte del conocimiento general común en Australia o en cualquier otro país.

REIVINDICACIONES

1. Una pieza moldeada de una aleación de hierro fundido blanco con una química a granel que comprende: cromo, carbono, manganeso y hierro, y que opcionalmente comprende otros elementos que incluyen silicio, niobio y titanio, e impurezas incidentales; la aleación de hierro fundido blanco que tiene una microestructura tratada en solución que comprende:

(a) una matriz ferrosa que comprende austenita retenida, la matriz que tiene una composición de:

manganeso:	8 a 20% en peso;
carbono:	0.8 a 1.5% en peso;
cromo:	5 a 15% en peso; y
hierro:	equilibrio (que incluye impurezas incidentales); y

(b) carburos de cromo dispersos en la matriz, los carburos que comprenden 5 a 60% de la fracción volumétrica de la aleación.

2. La pieza moldeada definida en la reivindicación 1 en donde la concentración de cromo y/o la concentración de carbono en la química a granel de la aleación de hierro fundido blanco se selecciona con la consideración de una relación inversa entre la concentración de cromo y la concentración de carbono en la matriz para controlar la concentración de la matriz de uno o ambos del cromo y el carbono, para que esté dentro de los intervalos en la matriz definida en la reivindicación 1, de modo que la pieza moldeada tenga las propiedades requeridas, tales como la tenacidad y/o la dureza y/o la resistencia al desgaste y/o la capacidad de endurecimiento por trabajo y/o la resistencia a la corrosión.

3. La pieza moldeada definida en la reivindicación 1 o en la reivindicación 2 en donde la concentración de carbono en la matriz es superior a 0.8% en peso y menor que 1.5% en peso, preferentemente menor que 1.2% en peso, y preferentemente mayor que 1% en peso.

4. La pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde los carburos comprenden de 5 a 60% de la fracción volumétrica de la pieza moldeada y preferentemente de 10 a 40% de la fracción volumétrica de la pieza moldeada.

5. La pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde la microestructura comprende de 15 a 30% en volumen de carburos dispersos en la matriz de austenita retenida.

6. La pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde los carburos comprenden además carburo de niobio y/o una mezcla química de carburo de niobio y carburo de titanio.

7. La pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende la siguiente composición a granel:

cromo:	10 a 40% en peso;
carbono:	2 a 6% en peso;
manganeso:	8 a 20% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

8. La pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 que comprende la siguiente composición a granel:

cromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
titanio:	2 a 13% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

5

9. La pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 que comprende la siguiente composición a granel:

chromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
niobio:	8 a 33% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

10

10. La pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 que comprende la siguiente composición a granel:

chromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
niobio y titanio:	5 a 25% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

15

11. Equipamiento que se somete a abrasión severa y desgaste por erosión, tales como bombas y tuberías para lodo, revestimientos de molinos, trituradoras, rampas de transferencia y herramientas de corte que incluyen la pieza moldeada definida en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

20

12. Una aleación de hierro fundido blanco que comprende la siguiente química a granel:

chromo:	10 a 40% en peso;
carbono:	2 a 6% en peso;
manganeso:	8 a 20% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

25

13. Una aleación de hierro fundido blanco que comprende la siguiente química a granel:

chromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
titanio:	2 a 13% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

30

14. Una aleación de hierro fundido blanco que comprende la siguiente química a granel:

chromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;

ES 2 692 824 T3

silicio:	0 a 1.5% en peso;
niobio:	8 a 33% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

5

15. Una aleación de hierro fundido blanco que comprende la siguiente química a granel:

cromo:	7 a 36% en peso;
carbono:	3 a 8.5% en peso;
manganeso:	5 a 18% en peso;
silicio:	0 a 1.5% en peso;
niobio y titanio:	5 a 25% en peso; y

equilibrio de hierro e impurezas incidentales.

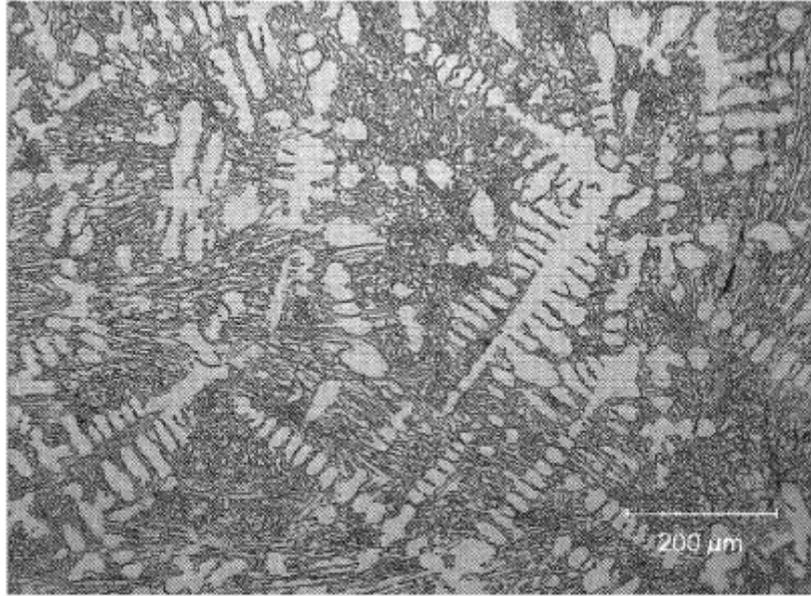


Figura 1

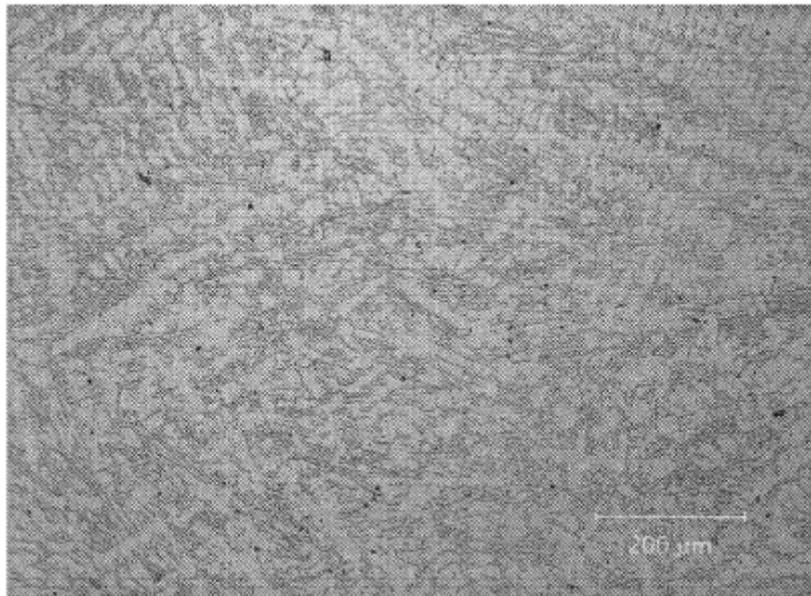


Figura 2