

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 678**

51 Int. Cl.:

**C22C 37/08** (2006.01)

**C22C 37/04** (2006.01)

**F02B 53/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2008 PCT/US2008/054826**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2009 WO09108181**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2008 E 08743538 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2262917**

54 Título: **Hierro fundido de grafito nodular Ni-25 resistente al calor para su uso en sistemas de escape**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.07.2017**

73 Titular/es:

**WESCAST INDUSTRIES, INC. (100.0%)**  
**150 Savannah Oaks Drive**  
**Brantford, ON N3T 5L8, CA**

72 Inventor/es:

**LOGAN, ROBERT;**  
**YU, SHUZH;**  
**LIAO, GANGJUN y**  
**LI, DELIN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 625 678 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

Hierro fundido de grafito nodular Ni-25 resistente al calor para su uso en sistemas de escape

**Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

5 La presente invención versa sobre una composición de hierro fundido resistente al calor aleada con NiSiCr que tiene una matriz austenítica y grafito nodular en su microestructura. La composición presenta resistencia a la oxidación y propiedades mecánicas excelentes a temperaturas elevadas. La composición es adecuada para componentes expuestos a temperaturas y cargas mecánicas elevadas, especialmente componentes de sistemas de motor de automóvil tales como colectores de escape, carcasas de turbocompresor y carcasas de catalizador.

**10 2. Descripción de la técnica anterior**

En la actualidad, clasificados por estructura matricial, hay dos tipos de hierros fundidos resistentes al calor usados para componentes de escape de motor: ferríticos y austeníticos. Los hierros fundidos ferríticos aleados con grafito nodular o vermicular, de los cuales los usados de forma más generalizada son los hierros fundidos aleados con silicio-molibdeno, presentan buenas propiedades mecánicas a alta temperatura y de resistencia a la oxidación. Dado que la temperatura del escape de los motores de automóvil tiene una tendencia ascendente, se emplean hierros fundidos termorresistentes más austeníticos cuando la temperatura es tan alta que los hierros fundidos ferríticos no puedan satisfacer los requisitos de resistencia a la oxidación y de propiedades mecánicas, especialmente el límite elástico y la resistencia a la rotura por tracción.

El hierro fundido austenítico usado con mayor frecuencia en el mundo entero en las aplicaciones de escape de motor es el Ni-Resist D5S de ASTM A439. Este material es un hierro fundido de grafito nodular fuertemente aleado que, en peso, comprende menos del 2,3% de C, 4,9-5,5% de Si, menos del 1,0% de Mn, 34-37% de Ni y 1,75-2,25% de Cr, con una elasticidad mínima del 10%, un límite elástico mínimo de 207 MPa y una resistencia mínima a la rotura por tracción de 449 MPa a temperatura ambiente. Este material proporciona una excelente resistencia a la oxidación y un límite elástico y una resistencia a la rotura por tracción superiores en hierros fundidos ferríticos a alta temperatura. Sin embargo, esta es una solución cara, porque el material tiene un contenido muy alto en níquel.

En el dominio público existen otros documentos relativos a hierros fundidos austeníticos distintos del Ni-Resist D5S para aplicaciones de temperatura elevada, tales como el D4 de ASTM A439, que, en peso, comprende 28-32% de Ni, 4,5-5,5% de Cr y 5-6% de Si, y D4A de ASTM A439, que, en peso, comprende 29-32% de Ni, 1,5-2,5% de Cr y 4-6% de Si. Aquel tiene suficiente resistencia a la oxidación, pero no tiene suficiente elasticidad, debido al alto contenido en Cr que forma carburos interdendríticos continuos. Este tiene propiedades mecánicas similares a las del Ni-Resist D5S, pero no tiene una resistencia adecuada a la oxidación. Además, todos estos materiales tienen un contenido en níquel relativamente elevado, lo que lleva a una solución de mayor coste.

La publicación de patente US2006/0191604 da a conocer un hierro fundido austenítico de grafito esferoidal resistente al calor que, en peso, comprende 1-3,5% de C, 1-6,5% de Si, 3% o menos de Cr, 10-40% de Ni, 1-4,5% de Mo, y 0,001-0,5% de Sn y/o Sb como (2Sn+Sb) y 0,1% o menos de un elemento de esferoidización del grafito. Este material logra una buena resistencia a la oxidación y un buen límite elástico añadiendo una gran cantidad del elemento caro Mo y manteniendo el contenido de níquel y silicio a un nivel elevado, según se muestra en los ejemplos presentados, que contienen 1,18-4,49% de Mo, 26,9-35,9% de Ni y 3,75- 5,13% de Si. Esto hace el material menos atractivo económicamente. Además, la elasticidad a temperatura ambiente de los ejemplos descritos en esta publicación oscila en el 2,1- 5,3%, lo cual es significativamente inferior a la del Ni-Resist D5S y no puede satisfacer los requisitos para la mayoría de los componentes de escape de motores de automóviles.

Hay publicaciones que describen hierros fundidos austeníticos resistentes al calor con menor contenido en níquel, tales como la patente estadounidense 4528045, que da a conocer un hierro fundido de grafito esferoidal que comprende 18-24% de Ni, 3-5% de Cr y 3,5-6% de Si en peso. Este material tiene mayor resistencia a la oxidación que el Ni-Resist D5S, pero no tiene suficiente elasticidad a temperatura ambiente debido a su alto contenido en cromo.

Otra opción de material para componentes de escape de motores es usar aceros fundidos fuertemente aleados resistentes al calor. Algunos de los aceros austeníticos pueden proporcionar resistencia a la oxidación y propiedades mecánicas mejores que el Ni-Resist tanto a temperatura ambiente como a temperaturas elevadas. Sin embargo, estos aceros tienen puntos de fusión mucho más altos que el hierro fundido y pueden tener una colabilidad deficiente, lo que lleva a un alto consumo de energía y hace el procedimiento de producción más complicado y caro. En consecuencia, los costes de proceso de estos aceros fundidos serán inevitablemente más elevados que los de los hierros fundidos austeníticos.

En consecuencia, el objeto de la presente invención es proporcionar un hierro fundido austenítico resistente al calor de menor coste que posea una resistencia a la oxidación, un límite elástico y resistencias a la rotura por tracción y

una elasticidad similares o mejorados a los del Ni-Resist D5S a temperatura ambiente y a temperaturas elevadas. Esta composición sería un sustituto del Ni-Resist D5S en sistemas de motor.

### Compendio de la invención y ventajas

5 En consecuencia, la invención proporciona una composición de hierro fundido de grafito nodular resistente al calor constituida por carbono 1,5-2,4% en peso, silicio 5,4-7,0% en peso, manganeso 0,5-1,5% en peso, níquel 22,0 - 28,0% en peso, cromo 1,5-3,0% en peso, molibdeno 0,1-1,0% en peso, magnesio 0,03-0,1% en peso, siendo el porcentaje en peso restante sustancialmente hierro. Esta composición presenta una excelente resistencia a la oxidación a alta temperatura y elasticidad y resistencia elevadas tanto a temperatura ambiente como a temperaturas elevadas. La resistencia a la oxidación y las propiedades mecánicas de esta composición son comparables a las del Ni-Resist D5S. Sin embargo, el coste de la composición de la presente invención es significativamente menor que el del Ni-Resist D5S, debido al contenido reducido de níquel.

### Breve descripción de los dibujos

15 Otras ventajas de la presente invención serán inmediatamente apreciadas al ser la misma mejor entendida por referencia a la siguiente descripción detallada cuando se la considera en conexión con los dibujos adjuntos, en los que:

la FIG. 1 es un gráfico de barras que muestra el cambio de peso y la espalación de las escamas de óxido del hierro de la presente invención (Muestra nº 1) y de las muestras comparativas (nº 2 a nº 4) después de ser expuestas a 800°C durante 200 horas;

20 la FIG. 2 es una micrografía tomada de la composición de la presente invención que ilustra la morfología de los constituyentes en la microestructura de la composición; y

la FIG. 3 es un esquema del sistema de motor.

### Descripción detallada de la invención

25 Con referencia a las Figuras, en las que números similares indican partes correspondientes en todas las varias vistas, la invención es una composición de hierro fundido de grafito nodular resistente al calor constituida esencialmente por: carbono 1,5-2,4% en peso, silicio 5,4-7,0% en peso, manganeso 0,5-1,5% en peso, níquel 22,0-28,0% en peso, cromo 1,5-3,0% en peso, molibdeno 0,1-1,0% en peso, magnesio 0,03-0,1% en peso, fósforo hasta 0,04% en peso, inclusive, azufre hasta 0,02% en peso, inclusive, elementos de tierras raras hasta 0,005% en peso, inclusive, y estando constituido el porcentaje en peso restante por hierro e impurezas.

30 A continuación, se explican las razones de los intervalos de concentración de los elementos de aleación descritos anteriormente.

35 La cantidad de carbono en la composición debe estar en el intervalo de 1,5-2,4% en peso. El carbono es el elemento que forma el grafito en el hierro fundido que garantiza un mecanizado superior del hierro fundido con respecto al acero. El carbono es también el principal elemento que garantiza una colabilidad superior del hierro fundido al formar la aleación eutéctica con el hierro, que presenta la menor temperatura de fusión. Sin embargo, si el contenido en carbono es excesivamente elevado, se formarán grandes nódulos primarios de grafito en la composición y la elasticidad y la resistencia de la composición serán menores. Una composición eutéctica es ideal para lograr una estructura grafitica deseable y la mejor colabilidad.

El punto eutéctico de la composición se encuentra en el punto de carbono equivalente (CE) de 4,3. En los hierros fundidos que contienen mucho níquel, el CE se calcula como sigue:

$$40 \quad CE = C + 0,33Si + 0,047Ni - 0,0055SiNi$$

En la anterior fórmula, CE representa el carbono equivalente; C, Si y Ni representan el contenido en carbono, el contenido en silicio y el contenido en níquel, respectivamente, en peso porcentual en el hierro fundido.

45 Oscilando el silicio entre el 5,4 y el 7,0% en peso y el níquel entre el 22,0 y el 28,0% en peso, la razón de lo cual será explicada posteriormente, el contenido en carbono debe estar en el intervalo del 1,5 al 2,4% en peso para lograr una composición cercana al punto eutéctico de 4,3.

50 La cantidad de silicio en la composición debe estar en el intervalo de 5,4-7,0% en peso. El silicio es un elemento fundamental de la aleación para mejorar la resistencia a la oxidación en la composición. También tiene un efecto de grafitización sobre la composición, igual que sobre otros hierros fundidos. Se requiere un contenido mínimo de silicio del 5,4% en peso para lograr una resistencia a la oxidación en el hierro fundido de la presente invención equivalente a la del Ni-Resist D5S. Aunque la resistencia a la oxidación de la composición aumenta con el contenido de silicio, el silicio excesivo lleva a una elasticidad insuficiente. Por lo tanto, el contenido de silicio está limitado a un intervalo del 5,4 al 7,0% en peso.

5 La cantidad de manganeso en la composición debe estar en el intervalo de 0,5-1,5% en peso. El manganeso previene la precipitación secundaria de grafito, que tiene un efecto perjudicial en la resistencia a la fatiga térmica del hierro fundido austenítico de grafito nodular. El manganeso también es un estabilizante de la austenita. Sin embargo, el manganeso deteriora la resistencia a la oxidación y promueve la formación de carburos, que disminuye la elasticidad of hierro fundido. En consecuencia, el contenido preferido de manganeso en la composición está entre el 0,5 y el 1,5% en peso.

10 La cantidad de níquel en la composición está en el intervalo del 22,0 al 28,0% en peso. El níquel es el principal elemento de estabilización de la austenita en la composición. También mejora la resistencia a la oxidación y la resistencia de la composición. Por lo tanto, se requiere u contenido mínimo de níquel del 22,0% en peso para lograr una austenita suficientemente estable a todas las temperaturas y con suficiente resistencia a la oxidación requerida por los accesorios en los sistemas de motor, tales como colectores de escape, carcasas de turbocompresor y otros componentes en el sistema de terminación caliente. Sin embargo, el níquel es un metal caro y, por ende, suma el máximo coste a la composición. Las razones de coste imponen un contenido máximo preferido de níquel del 28,0% en peso.

15 La cantidad de cromo en la composición debe estar en el intervalo de 1,5-3,0% en peso. El cromo mejora la resistencia a la oxidación y la resistencia a altas temperaturas de la composición. Sin embargo, la elasticidad de la composición disminuye al aumentar el contenido en cromo debido a su efecto formador de carburos. Para equilibrar entre la resistencia a la oxidación, la resistencia y la elasticidad, el contenido en cromo se limita al intervalo del 1,5 al 3,0% en peso.

20 La cantidad de molibdeno en la composición debe estar en el intervalo de 0,1-1,0% en peso. Se añade una pequeña cantidad de molibdeno a la composición para estabilizar más la matriz de austenita para que no se descomponga en ninguna condición de ciclo térmico. Para este fin, se requiere un 0,1-1,0% en peso de molibdeno.

25 La cantidad de magnesio en la composición debe estar en el intervalo de 0,03-0,1% en peso. El magnesio sirve de elemento de nodularización del grafito. Una cantidad insuficiente de magnesio lleva a nódulos degenerados de grafito o incluso a grafito lamelar en la composición. Una cantidad excesiva de magnesio también da como resultado morfologías no deseables de grafito. En consecuencia, el contenido de magnesio está limitado al intervalo del 0,03 al 0,1% en peso.

30 En el entorno de producción de hierro fundido siempre hay otros elementos e impurezas incidentales, además de los elementos de aleación anteriormente mencionados. En la presente invención, el azufre y el fósforo son impurezas inevitables que tienen efectos perjudiciales en la microestructura y las propiedades mecánicas de la composición. En consecuencia, el contenido de azufre y fósforo en la composición debe ser menor del 0,02% en peso y del 0,04% en peso, respectivamente, como en el hierro fundido de grafito nodular convencional.

35 El contenido total de elementos de tierras raras en la composición debe ser tan bajo como sea posible, preferentemente por debajo del 0,005% en peso. También ha de hacerse notar que los elementos de tierras raras, tales como cerio y lantano, que son usados frecuentemente para la nodularización del grafito en el hierro dúctil ferrítico convencional, deterioran la morfología de los nódulos de grafito en la presente composición.

40 La composición de la presente invención posee una resistencia similar a la oxidación a alta temperatura, y propiedades mecánicas similares a temperatura ambiente y a alta temperatura, a las del Ni-Resist D5S. Las propiedades de la presente invención, junto con las de hierros fundidos comparativos, serán descritas con ejemplos con mayor detalle en lo sucesivo.

45 Para comparar las propiedades de la presente invención con materiales comparativos se emplearon bloques en Y de 12,5 mm de grosor. Para los ensayos de oxidación se usaron muestras rectangulares cortadas de los bloques en Y, con los seis lados esmerilados. Para los ensayos de tracción se usaron barras redondas de ensayo de 6,35 mm de diámetro y 25,4 mm de longitud de calibración, mecanizadas de los bloques en Y.

50 La resistencia a la oxidación es una de las propiedades clave de un hierro fundido usado en aplicaciones a altas temperaturas. Cuando se oxida a alta temperatura un hierro fundido austenítico, las escamas de óxido de la superficie se desconchan parcialmente cuando después es enfriado hasta la temperatura ambiente. La espalación del óxido de un sistema de motor de automóvil puede dañar la función del motor. Por lo tanto, la resistencia a la oxidación es medida en la presente invención en el cambio de peso de las muestras y la cantidad de escamas de óxido espaladas. Los ensayos de oxidación se realizaron a 800°C durante 200 horas en atmósfera de aire.

55 La FIG. 1 muestra los resultados de los ensayos de oxidación en el hierro fundido ejemplar de la presente invención y hierros fundidos comparativos. En la Tabla 1 se da el análisis químico de los ejemplos. La muestra nº 1 es un ejemplo de la presente invención. Las muestras nº 2 a nº 4 son ejemplos comparativos, representando el nº 2 el Ni-Resist D5S.

**Tabla 1 Composición química 10 (% en peso)**

| Muestra nº | C    | Si   | Mn   | Ni   | Cr   | Mo   | Mg    | P     | S     | Notas               |
|------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|---------------------|
| 1          | 1,88 | 5,85 | 0,69 | 25,2 | 2,04 | 0,12 | 0,065 | 0,010 | 0,012 | Presente invención  |
| 2          | 2,05 | 5,18 | 0,66 | 35,0 | 1,95 | 0,15 | 0,085 | 0,010 | 0,013 | Ejemplo comparativo |
| 3          | 2,08 | 5,57 | 0,68 | 20,0 | 1,92 | 0,16 | 0,059 | 0,010 | 0,012 | Ejemplo comparativo |
| 4          | 2,13 | 5,00 | 0,64 | 30,7 | 1,97 | 0,23 | 0,071 | 0,008 | 0,011 | Ejemplo comparativo |

Según se ve en la FIG. 1, las muestras nº 1 y nº 2 presentan un aumento de peso, mientras que las muestras nº 3 y nº 4 presentan una pérdida de peso. El cambio de peso y la espalación de la muestra nº 1, que es un ejemplo de la presente invención, son similares a los del Ni-Resist D5S (muestra nº 2). Las muestras nº 3 y nº 4 presentan una espalación mucho mayor que la de las muestras nº 1 y nº 2. La muestra nº 3 no puede lograr el mismo grado de resistencia a la oxidación que el Ni-Resist D5S porque su contenido en níquel es demasiado bajo. La muestra nº 4, a pesar de su contenido en níquel mayor que el de la presente invención, tampoco puede lograr la misma resistencia a la oxidación que el Ni-Resist D5S, debido a su inadecuado contenido de silicio.

Así, está claro que una combinación apropiada de contenido de níquel y silicio es la clave para lograr una resistencia satisfactoria a la oxidación. La presente invención utiliza esa combinación para lograr su excelente resistencia a la oxidación.

Además de la composición química, la microestructura de un hierro fundido es otro factor importante que afecta a la resistencia a la oxidación, así como a las propiedades mecánicas. La alta nodularidad y la distribución homogénea de partículas de grafito en la microestructura de un hierro fundido de grafito nodular resistente al calor son esenciales para la resistencia a la oxidación y las propiedades mecánicas. La FIG. 2 presenta una micrografía tomada de la Muestra nº 1, la presente invención. La microestructura mostrada en la FIG. 2 tiene una nodularidad del 90,4% y un recuento de nódulos de 444 por milímetro cuadrado, lo que sugiere que la presente invención produce una alta nodularidad y nódulos de grafito distribuidos de forma homogénea.

Suficientes propiedades mecánicas, especialmente la elasticidad, el límite elástico y la resistencia a la rotura por tracción a temperatura ambiente y a altas temperaturas también son críticas para los componentes que trabajan en condiciones de ciclo térmico, tales como la experimentada por accesorios del sistema de motor. La Tabla 2 presenta la elasticidad, el límite elástico y la resistencia a la rotura por tracción de la presente invención y de las muestras comparativas enumeradas en la Tabla 1.

**Tabla 2 Propiedades mecánicas a temperatura ambiente y a 900°C**

| Muestra nº | TA              |          |           | 900°C           |          |           |
|------------|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|
|            | Elasticidad (%) | LE (MPa) | RRT (MPa) | Elasticidad (%) | LE (MPa) | RRT (MPa) |
| 1          | 20,8            | 240      | 481       | 28,3            | 43       | 63        |
| 2          | 22,8            | 224      | 490       | 42,3            | 44       | 63        |
| 3          | 24,6            | 241      | 521       | 25,7            | 49       | 67        |
| 4          | 25,0            | 226      | 479       | 30,9            | 46       | 66        |

Según se ve en la Tabla 2, la presente invención (muestra nº 1) tiene un límite elástico y una resistencia a la rotura por tracción similares a los del Ni-Resist D5S (muestra nº 2) tanto a temperatura ambiente como a 900°C. La elasticidad de la presente invención alcanza el 20% a temperatura ambiente, lo que supera en mucho el valor mínimo especificado del 10% para el Ni-Resist D5S. A 900°C, la elasticidad de la presente invención es aún más alta que a temperatura ambiente y, así, es adecuada para accesorios de gases de escape, tales como colectores de escape, carcasas de turbocompresor y carcasas de catalizador. Las muestras nº 3 y nº 4 también presentan propiedades mecánicas similares a las del Ni-Resist D5S, pero su resistencia a la oxidación es excesivamente baja en comparación con las del Ni-Resist D5S (muestra nº 2), según se indica en la FIG. 1. La composición, descrita anteriormente, tiene una resistencia a la oxidación y propiedades mecánicas comparables a las del Ni-Resist D5S y, así, puede ser un material sustitutivo del Ni-Resist D5S para aplicaciones que incluyen, sin limitación, colectores de escape, carcasas de turbocompresor y carcasas de catalizador, con la ventaja del coste reducido, por su menor contenido de níquel.

Además de la composición, la presente invención incluye, adicionalmente un sistema **12** de motor, mostrado en general en la Figura 3, que contiene la composición reivindicada de hierro fundido de grafito nodular resistente al calor. El sistema **12** de motor comprende un motor **14** para generar un gas de escape. Un accesorio **16** de gas de

- escape está indicado en general y está en comunicación de fluido con el motor **14** para recibir o contener gases de escape procedentes del motor **14**. El accesorio **16** de gas de escape es normalmente un componente de un sistema de escape de automóvil expuesto a una temperatura y una carga mecánica elevadas, tal como un colector de escape, una carcasa de turbocompresor o una carcasa de catalizador. Al menos parte del accesorio **16** de gas de escape está constituida esencialmente por carbono 1,5-2,4% en peso, silicio 5,4-7,0% en peso, manganeso 0,5-1,5% en peso, níquel 22,0- 28,0% en peso, cromo 1,5-3,0% en peso, molibdeno 0,1-1,0% en peso, magnesio 0,03-0,1% en peso, y estando constituido el porcentaje en peso restante por hierro y elementos incidentales e impurezas. En una realización adicional de la invención, el accesorio **16** de gas de escape incluye, además, fósforo hasta un 0,04% en peso, inclusive, azufre hasta un 0,02% en peso, inclusive, y elementos de tierras raras hasta un 0,05% en peso, inclusive. Preferentemente, el accesorio **16** de gas de escape tiene una elasticidad de al menos un 10% a temperatura ambiente y de al menos un 20% a 900°C, un límite elástico de al menos 207 MPa a temperatura ambiente y de al menos 40 MPa a 900°C, y una resistencia a la rotura por tracción de al menos 449 MPa a temperatura ambiente y de al menos 60 MPa a 900°C.
- Obviamente, son posibles muchas modificaciones y variaciones de la presente invención a la luz de las anteriores enseñanzas y pueden ser puestas en práctica de forma distinta a la específicamente descrita mientras se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Debería interpretarse que estos anteriores enunciados abarcan cualquier combinación en la que la novedad inventiva ejerza su utilidad.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una composición de hierro fundido de grafito nodular resistente al calor constituida por: carbono 1,5-2,4% en peso, silicio 5,4-7,0% en peso, manganeso 0,5-1,5% en peso, níquel 22,0-28,0% en peso, cromo 1,5-3,0% en peso, molibdeno 0,1-1,0% en peso, magnesio 0,03-0,1% en peso, siendo el porcentaje en peso restante hierro e impurezas.
2. Una composición definida en la reivindicación 1 que, además, está constituida por fósforo hasta un 0,04% en peso, inclusive.
3. Una composición definida en la reivindicación 1 o 2 que, además, está constituida por azufre hasta un 0,02% en peso, inclusive.
- 10 4. Una composición definida en cualquier reivindicación precedente que, además, está constituida por elementos de tierras raras hasta un 0,005% en peso, inclusive.
5. Una composición definida en cualquier reivindicación precedente que tiene una elasticidad de al menos el 10% a temperatura ambiente y de al menos el 20% a 900°C.
- 15 6. Una composición definida en cualquier reivindicación precedente que tiene un límite elástico de al menos 207 MPa a temperatura ambiente y de al menos 40 MPa a 900°C.
7. Una composición definida en cualquier reivindicación precedente que tiene una resistencia a la rotura por tracción de al menos 449 MPa a temperatura ambiente y de al menos 60 MPa a 900°C.
8. Un sistema (12) de motor que comprende:
  - 20 un motor (14) para generar un gas de escape,
  - un accesorio (16) de gas de escape en comunicación de fluido con dicho motor (14) para recibir o contener los gases de escape de dicho motor (14),
  - estando constituido dicho accesorio (16) de gas de escape, al menos en parte, por carbono 1,5-2,4% en peso, silicio 5,4-7,0% en peso, manganeso 0,5-1,5% en peso, níquel 22,0-28,0% en peso, cromo 1,5-3,0% en peso, molibdeno 0,1-1,0% en peso, magnesio 0,03-0,1% en peso, siendo el porcentaje en peso restante
  - 25 hierro e impurezas.
9. Un sistema (12) definido en la reivindicación 8 en el que dicho accesorio (16) de gas de escape, además, está constituido por fósforo hasta un 0,04% en peso, inclusive.
10. Un sistema (12) definido en la reivindicación 8 o 9 en el que dicho accesorio (16) de gas de escape, además, está constituido por azufre hasta un 0,02% en peso, inclusive.
- 30 11. Un sistema (12) definido en cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 en el que dicho accesorio (16) de gas de escape, además, está constituido por elementos de tierras raras hasta un 0,005% en peso, inclusive.
12. Un sistema (12) definido en cualquiera de las reivindicaciones 8 to 11 en el que dicho accesorio (16) de gas de escape tiene una elasticidad de al menos el 10% a temperatura ambiente y de al menos el 20% a 900°C.
- 35 13. Un sistema (12) definido en cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12 en el que dicho accesorio (16) de gas de escape tiene un límite elástico de al menos 207 MPa a temperatura ambiente y de al menos 40 MPa a 900°C.
14. Un sistema (12) definido en cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13 en el que dicho accesorio (16) de gas de escape tiene una resistencia a la rotura por tracción de al menos 449 MPa a temperatura ambiente y de al menos 60 MPa a 900°C.

40

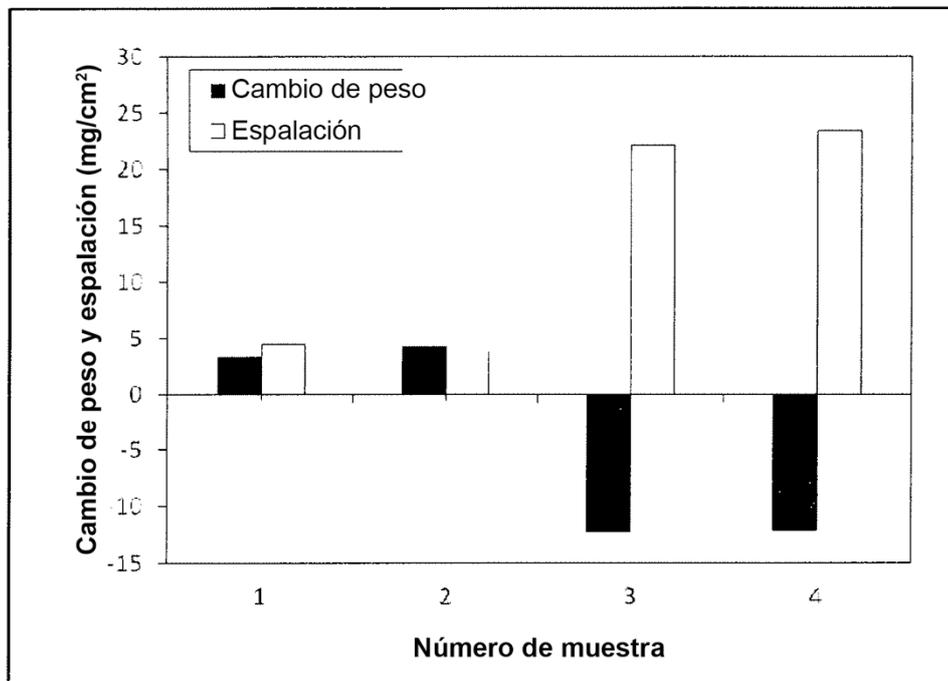
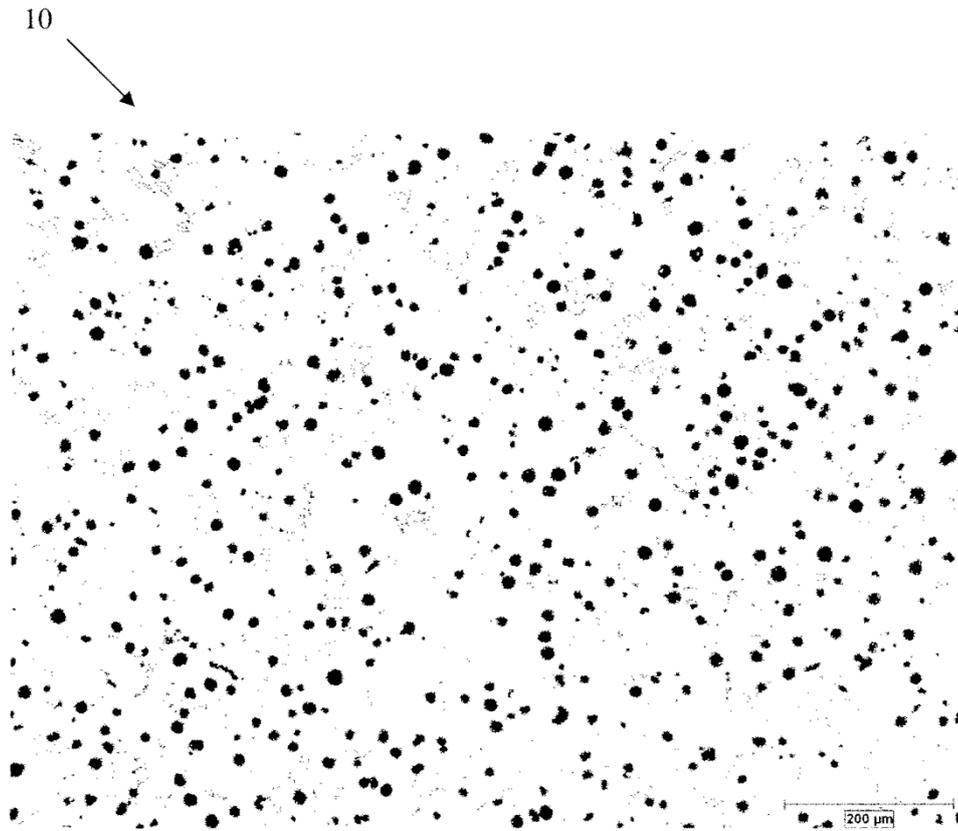


Figura 1



**Figura 2**

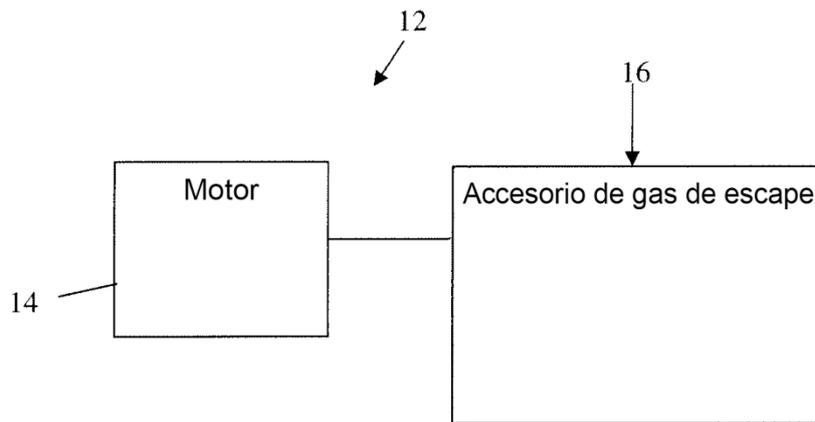


Figura 3