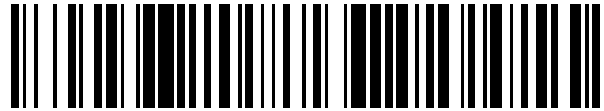


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 503 715**

51 Int. Cl.:

**C22C 38/58** (2006.01)

**C22C 38/48** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2001** **E 01124942 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.09.2014** **EP 1219720**

54 Título: **Aceros inoxidables colados resistentes al calor y a la corrosión, provistos de resistencia y ductilidad mejoradas a elevada temperatura**

30 Prioridad:

**14.12.2000 US 736741**

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

**07.10.2014**

73 Titular/es:

**CATERPILLAR INC. (100.0%)  
100 N.E. ADAMS STREET  
PEORIA IL 61629-6490, US**

72 Inventor/es:

**MAZIASZ, PHILIP J.;  
MCGREEVY, TIMOTHY E.;  
POLLARD, MICHAEL JAMES;  
SIEBENALER, CHAD W. y  
SWINDEMAN, ROBERT W.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 503 715 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).

**DESCRIPCION**

Aceros inoxidables colados resistentes al calor y a la corrosión, provistos de resistencia y ductilidad mejoradas a elevada temperatura

Campo técnico

5 Esta invención se refiere en general a aleaciones de acero colado de los tipos CF8C con resistencia y ductilidad mejoradas a elevadas temperaturas. Más particularmente, esta invención se refiere a aleaciones de acero inoxidable CF8C y a artículos producidos a partir de las mismas que tienen excelentes propiedades de resistencia a elevadas temperaturas, resistencia a la termofluencia y resistencia al envejecimiento, con contenidos reducidos en carburos de niobio, sulfuros de manganeso y carburos de cromo a lo largo de las juntas intergranulares y subestructurales.

10 Estado de la técnica

15 Existe la necesidad de disponer de aleaciones coladas resistentes a la oxidación y a la fisuración para su uso en componentes de motores de combustión interna, tales como colectores de escape y alojamientos de turbo-sobrealimentadores, y componentes de motores de turbinas de gases tales como alojamientos de combustores, así como otros componentes que han de funcionar en entornos extremos durante largos periodos de tiempo. La necesidad de disponer de aleaciones coladas con propiedades mejoradas de alta resistencia, resistencia a la oxidación, resistencia a la figuración, surge del deseo de incrementar las temperaturas operativas de motores diesel, motores de gasolina y motores de turbinas de gases en un intento de incrementar la eficiencia del combustible y del deseo de incrementar las horas y millas operativas garantizadas para motores diesel, motores de gasolina y motores de turbinas de gases.

20 Los materiales actuales utilizados para aplicaciones tales como colectores de escape, alojamientos de turbo-sobrealimentadores y alojamientos de combustores están limitados por su resistencia a la oxidación y corrosión así como por su resistencia a elevadas temperaturas y efectos perjudiciales de envejecimiento. De manera concreta, los materiales existentes para colectores de escape, tales como hierro dúctil colado de alto contenido en silicio y molibdeno (Hi-Si-Mo) y hierro dúctil austenítico (capa protectora de Ni) han de ser sustituidos por aceros inoxidables colados cuando se emplean para aplicaciones más severas tales como temperaturas operativas más elevadas o cuando se demandan tiempos de vida operativa más prolongados como consecuencia de una cobertura de garantía incrementada. Los aceros inoxidables colados disponibles actualmente en el comercio incluyen aceros inoxidables ferríticos tal como NHSR-F5N o aceros inoxidables austeníticos tales como NHSR-A3N, CF8C y CN-12. Sin embargo, estos aceros inoxidables colados actualmente disponibles son deficientes en términos de resistencia a la tracción y a la termofluencia a temperaturas que exceden de 600° C, no aportan una resistencia a la oxidación cíclica adecuada para temperaturas que superan 700° C, no proporcionan suficiente ductilidad a temperatura ambiente en estado recién colado o después de ponerse en servicio y envejecer, no tienen la estabilidad a largo plazo requerida de la microestructura original y carecen de resistencia a largo plazo a la fisuración durante ciclos térmicos severos.

35 En la actualidad, la calidad resistente a la corrosión de acero inoxidable austenítico colado CN-12, se encuentra comercialmente en uso para aplicaciones en automóviles, pero no es óptima para aplicaciones de servicio prolongado (por ejemplo, aplicaciones diesel). El CN-12 proporciona resistencia y estética adecuadas para automóviles en la vida de servicio anticipada en comparación con el hierro colado, pero carece de la resistencia mejorada a la termofluencia que ha de ser óptima cuando se procede al montaje de turbo-sobrealimentadores (70 libras) en colectores de escape diesel. En la actualidad, el acero inoxidable austenítico CN-12 comercialmente disponible incluye aproximadamente 25% en peso de cromo, 13% en peso de níquel, cantidades más pequeñas de carbono, nitrógeno, niobio, silicio, manganeso, molibdeno y azufre. La adición de azufre se considera esencial o deseable para la capacidad de mecanizado del material colado. La cantidad de azufre añadido oscila desde 0,11% en peso a 0,15% en peso.

45 Los aceros inoxidables austeníticos colados CF8C comercialmente disponibles incluyen de 18% en peso a 21% en peso de cromo, 9% en peso a 12% en peso de níquel y cantidades más pequeñas de carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre y niobio. El CF8C incluye habitualmente alrededor de 2% en peso de silicio, alrededor de 1,5% en peso de manganeso y alrededor de 0,04% en peso de azufre. El CF8C es una calidad estabilizada en niobio de acero inoxidable austenítico sumamente adecuada para aportar resistencia a la corrosión acuosa a temperaturas por debajo de 500° C. En la forma normalizada el CF8C tiene una inferior resistencia en comparación con CN12 a temperaturas por encima de 600° C.

Ejemplos de aceros austeníticos termo-resistentes se muestran en EP-A-0668367, US-A-2892703, EP-A-0467756, CHA-313006 y EP-A-0340631. La GB-A-1061511 describe un proceso de tratamiento térmico para aceros inoxidables.

Por lo tanto, es deseable disponer de una aleación de acero y de artículos producidos a partir de una aleación de

acero que tengan una resistencia mejorada a elevadas temperaturas así como una ductilidad mejorada para aplicaciones en componentes de motores que requieren severos ciclos térmicos, altas temperaturas operativas y una cobertura de garantía prolongada.

5 De acuerdo con la presente invención, se proporciona una aleación de acero inoxidable como la indicada en la reivindicación 1 adjunta. En las reivindicaciones dependientes se definen modalidades preferidas de la invención.

Diversas ventajas de la presente invención llegarán a ser evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada y reivindicaciones adjuntas.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

10 La presente invención está dirigida a aleaciones del tipo CF8C. La tabla 1 presenta los intervalos mínimos y máximos óptimos y permisibles para los elementos composicionales de aleaciones de acero inoxidable CN-12 y CF8C producidas de acuerdo con la presente invención, en donde los elementos composicionales de las aleaciones de acero inoxidable CF8C únicamente se muestran con fines comparativos. También se pueden incorporar boro, aluminio y cobre. Sin embargo, podrá observarse que los intervalos permisibles para cobalto, vanadio, tungsteno y titanio pueden no alterar de forma significativa el comportamiento del material resultante. De manera concreta, en base a la información actual, el cobalto puede oscilar desde 0 a 5% en peso, el vanadio puede oscilar desde 0 a 3% en peso, el tungsteno puede oscilar desde 0 a 3% en peso y el titanio puede oscilar desde 0 a 0,2% en peso sin alterar de forma significativa el comportamiento de las aleaciones. En consecuencia, queda contemplado que la inclusión de estos elementos en cantidades que caen fuera de los intervalos de la tabla 1 aportará todavía aleaciones ventajosas y caerán dentro del espíritu y alcance de la presente invención.

20 Tabla 1

Composición en porcentaje en peso								
Elemento	OPTIMA		PERMISIBLE		OPTIMA		PERMISIBLE	
	CN-12 MIN	CN-12 MAX	CN-12 MIN	CN-12 MAX	CF8C MIN	CF8C MAX	CF8C MIN	CF8C MAX
Cromo	22,0	25,0	18,0	25,0	18,0	21,0	18,0	25,0
Níquel	12,0	16,0	12,0	20,0	12,0	15,0	8,0	20,0
Carbono	0,30	0,45	0,2	0,5	0,07	0,1	0,05	0,15
Silicio	0,50	0,75	0,2	3,0	0,5	0,75	0,20	3,0
Manganeso	2	5,0	0,5	10,0	2,0	5,0	0,5	10,0
Fósforo	0	0,04	0	0,04	0	0,04	0	0,04
Azufre	0	0,03	0	0,10	0	0,03	0	0,1
Molibdeno	0	0,3	0	0,5	0	0,5	0	1,0
Cobre	0	0,3	0	3,0	0	0,3	0	3,0
Niobio	1,5	2,0	1,0	2,5	0,3	1,0	0	1,5
Nitrógeno	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,02	0,5
Titanio	0	0,03	0	0,2	0	0,03	0	0,2
Cobalto	0	0,5	0	5,0	0	0,5	0	5,0
Aluminio	0	0,05	0	3,0	0	0,05	0	3,0
Boro	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,01
Vanadio	0	0,01	0	3,0	0	0,01	0	3,0
Tungsteno	0	0,6	0	3,0	0	0,1	0	3,0
Niobio: carbono	3,5	5,0	3	5,0	9	11	8	11
Carbono + nitrógeno	0,5	0,75	0,4	1,0	0,15	0,4	0,1	0,5

25 De manera sorprendente, los inventores han comprobado que reduciendo sustancialmente el contenido en azufre de aceros inoxidables austeníticos se incrementan las propiedades de termofluencia. Los inventores creen que la capacidad de mecanizado no se altera de manera importante dado que piensan que la morfología de carburos controla las características de mecanizado de este sistema de aleación. Si bien el azufre puede ser un componente importante de aceros inoxidables colados para otras aplicaciones debido a que contribuye de forma importante a la capacidad de mecanizado de dichos aceros, el mismo limita seriamente su vida en cuanto a termofluencia y ductilidad a elevadas temperaturas y ductilidad a baja temperatura después de su utilización a altas temperaturas.

30 Los inventores han comprobado que la eliminación o reducción sustancial de la presencia de azufre por sí solo proporciona una mejora de cuatro veces en la vida de termofluencia a 850° C a una carga de deformación de 110

MPa.

Además, los inventores han comprobado que reduciendo el contenido máximo en carbono en las aleaciones de la presente invención se reduce el NbC basto y posiblemente algunos de los constituyentes de  $Cr_{23}C_6$  bastos del contenido total en carburos (Carburo VF) de una manera casi lineal, como se muestra en la tabla 2. La tabla 2 incluye las composiciones de diez aleaciones experimentales A-J en comparación con aleaciones normalizadas CN-12 y CF8C.

Tabla 2

Composición en porcentaje en peso												
Elemento	CN-12	A	B	C	D	E	F	G	H	CF8C	I	J
Cromo	24,53	24,87	23,84	23,92	23,84	24,28	23,9	24,00	23,96	19,16	19,14	19,08
Níquel	12,91	13,43	15,34	15,33	15,32	15,67	15,83	15,69	15,90	12,19	12,24	12,36
Carbono	0,40	0,43	0,31	0,31	0,20	0,41	0,37	0,40	0,29	0,08	0,09	0,08
Silicio	0,9	0,82	0,7	0,7	0,68	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,62	0,67
Manganeso	0,82	0,90	1,83	1,85	1,84	1,86	4,87	4,86	4,82	1,89	1,80	4,55
Fósforo	0,019	0,036	0,037	0,038	0,040	0,035	0,033	0,032	0,032	0,004	0,004	0,005
Azufre	0,139	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004
Molibdeno	0,49	0,26	0,52	0,52	0,52	0,31	0,31	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31
Cobre	0,15	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Niobio	1,92	1,41	1,26	1,06	1,05	1,78	1,72	1,31	1,22	0,68	0,68	0,68
Nitrógeno	0,27	0,25	0,13	0,2	0,17	0,28	0,44	0,31	0,34	0,02	0,11	0,23
Titanio	0	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005	0,006	0,005	0,008	0,006	0,006
Cobalto	0,019	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Aluminio	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01
Boro	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
Vanadio	0	0,01	0,008	0,008	0,008	0,011	0,012	0,012	0,011	0,004	0,007	0,001
Niobio: carbono	4,8	3,28	4,06	3,42	5,25	4,34	4,64	3,28	4,21	8,40	7,82	8,52
Carbono + nitrógeno	0,67	0,68	0,44	0,51	0,37	0,69	0,81	0,71	0,63	0,10	0,20	0,31
Carburo VF		11,4	8,0	7,5	3,7							

- 10 La fracción en volumen de carburo mostrada en la tabla 2 se midió con un Sistema de Análisis de Imágenes Clemex. Se observa una correlación casi lineal entre el contenido en carbono y el contenido en carburo. Sin embargo, disminuyendo el contenido en carbono por debajo de 0,20% en peso, se permite la formación de ferrita  $\delta$ . La ferrita  $\delta$  formará eventualmente sigma a temperaturas operativas, causando presumiblemente un fallo prematuro. Sigma es un compuesto intermetálico Fe-Cr duro y frágil, que reduce en gran medida, cuando está presente, tanto la resistencia como la ductilidad. Estas observaciones constituyeron la base de una estrategia adicional para el diseño
- 15 de microestructuras óptimas a elevada temperatura en base a reducciones específicas más pequeñas del contenido en carburo en el estado recién colado (principalmente  $Cr_{23}C_6$  más que NbC) y una estabilidad máxima de la matriz austenítica contra la formación de la fase sigma durante el envejecimiento prolongado a temperaturas de 700° C a 900° C. Esta estabilidad austenítica mejorada se tradujo en aleaciones CN-12 con más níquel, manganeso y nitrógeno, al tiempo que se mantenía el contenido en carbono en el intervalo de 0,30% en peso a 0,45% en peso.
- 20 Las propiedades de tracción elevadas para las aleaciones A-J, CN-12 y CF8C fueron medidas a 850° C y se muestran en la tabla 3 con el fin de explicar mejor la presente invención. Las propiedades de termofluencia de las aleaciones A-J, CN-12 y CF8C fueron medidas a 850° C y se muestran en la tabla 4.

Tabla 3

Aleación	Estado	Temp. (° C)	Grado de deformación (1/seg)	Límite elástico (ksi)	Carga de rotura (ksi)*	Alargamiento (%)
C N - 1 2	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	1 9 , 1	2 1 , 7	8 , 4
A	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 1 , 2	2 4 , 5	9 , 6
B	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	1 9 , 1	2 0 , 7 5	1 4 , 2
C	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 2 , 6	2 3 , 9	3 7 , 2
D	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 0	2 1 , 9	2 9 , 5
E	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 0 , 8	2 4 , 8	1 0 , 8
F	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 4 , 5	2 7 , 5	6 , 1 0
G	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 3 , 1	2 6 , 0	3 0 , 3
H	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 2 , 9	2 5 , 8	3 0 , 0
C F 8 C	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	1 1 , 7	1 2 , 6	3 1 , 2
I	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	1 7 , 1	1 8 , 1	4 5 , 9
J	Recién colado	8 5 0	1 E - 0 5	2 1 , 5	2 2 , 1	3 5

\* 1 Ksi = 6,9 x 10<sup>6</sup> Pa

Tabla 4

Carga	Estado	Temp. (° C)	Deformación (ksi)*	Vida (horas)	Alargamiento (%)
C N - 1 2	Recién colado	8 5 0	1 1 0	1 0 , 7	6 , 5
A	Recién colado	8 5 0	1 1 0	5 3 , 5	6 , 2
B	Recién colado	8 5 0	1 1 0	5 1 , 3	3 7 , 7
C	Recién colado	8 5 0	1 1 0	2 6 , 7	2 6 , 7
D	Recién colado	8 5 0	1 1 0	1 7 , 5	2 5 , 1
E	Recién colado	8 5 0	1 1 0	9 3 , 9	1 1 , 6
F	Recién colado	8 5 0	1 1 0	1 1 3	9 , 6
G	Recién colado	8 5 0	1 1 0	1 0 3	1 5 , 5
H	Recién colado	8 5 0	1 1 0	7 2 , 5	1 8

## ES 2 503 715 T3

	colado				
CF8C	Recién colado	850	35	1824	7,2
I	Recién colado	850	35	5252*	2
J	Recién colado	850	35	6045*	0,4

\* Indica que el ensayo continúa sin rotura

1 Ksi =  $6,9 \times 10^6$  Pa

5 Se eligieron las condiciones de ensayo para CN-12 de 850° C y 110 MPa debido a que 850° C es aproximadamente la temperatura de escape más elevada observada normalmente y esta es la temperatura a la cual se forman rápidamente la mayor parte de los precipitados perjudiciales de tipo sigma. La carga, 110 MPa, fue seleccionada para proporcionar un ensayo acelerado que dura de 10 a 100 horas cuyo tiempo igualaría a la durabilidad más prolongada a cargas y temperaturas más bajas durante el servicio del motor. La separación del azufre mejoró la ductilidad a temperatura ambiente y también a temperatura elevada, la resistencia a la tracción, el límite elástico, la vida de termofluencia y la ductilidad por termofluencia para el mismo contenido en carbono. A través de la disminución del contenido en carbono a 0,30% en peso, la vida de termofluencia y la resistencia a la tracción solo disminuyeron ligeramente, mientras que la ductilidad por termofluencia se mejoró de manera importante. Por medio de la disminución del contenido en carbono adicionalmente a 0,20% en peso, la resistencia a temperatura ambiente o temperatura elevada no disminuyó de manera importante, pero la vida de termofluencia se redujo en 60%.

15 Las condiciones de ensayo críticas para CF8C de 850° C y 35 MPa fueron elegidas de nuevo debido a las temperaturas operativas esperadas y a los precipitados perjudiciales que se forman fácilmente. La carga de 35 MPa fue seleccionada para condiciones de ensayo acelerado que igualarían de nuevo a una durabilidad mucho más prolongada a niveles de carga más bajos durante el servicio del motor. El incremento en nitrógeno se traduce en un incremento drástico en la resistencia y ductilidad a temperatura ambiente y temperatura elevada con una mejora de al menos tres veces en la vida de termofluencia a 850° C.

20 Se aplicó un tratamiento de recocido en solución (SA) a cada aleación para analizar el efecto de una distribución más uniforme de carbono. Las aleaciones se mantuvieron a 1.200° C durante 1 hora. Entonces fueron enfriadas en aire en lugar de enfriarse rápidamente para permitir que los pequeños precipitados de carburo de niobio y carburo de cromo nuclearan en la matriz durante el enfriamiento. Se comprobó que la microestructura resultante era muy similar a la estructura en estado recién colado (AS) salvo la formación de pequeños precipitados. Desafortunadamente, el tratamiento de recocido en solución disminuyó la vida de termofluencia de manera importante al tiempo que incrementó la ductilidad por termofluencia, probando ello que la estrategia de optimizar las microestructuras en estado recién colado fue la mejor así como la más efectiva en cuanto al coste.

30 Las aleaciones A-H y la aleación a base de CN-12 sin modificar fueron envejecidas a 850° C durante 1.000 horas para estudiar los efectos del envejecimiento sobre la microestructura y propiedades mecánicas, las cuales se resumen en la tabla 5. Las aleaciones con 0,3% en peso de carbono (aleaciones B y C) mostraron la presencia de laminillas cerca de la estructura de juntas intergranulares. La aleación con 0,2% en peso de carbono (D) mostró una cantidad incluso mayor que las laminillas. Las laminillas son identificadas como sigma en el ASM Handbook, Vol. 9, 9ª Ed. (1986). El análisis SEM/XEDS/TEM confirmó que las laminillas tenían una concentración consistente con sigma (FeCr). Las aleaciones E, F y G con más carbono y Nb mostraron buena resistencia a la fragilización por fase sigma. Las aleaciones I y J envejecidas a 850° C durante 1.000 horas mostraron una resistencia mejorada en comparación con la aleación CF8C comercialmente disponible.

Tabla 5

Aleación	Estado	Temp. (° C)	Grado de deformación (1/seg)	Límite elástico (ksi)*	Carga de rotura (ksi)*	Alargamiento (%)
CN-12	Envejecida 1.000 h a 850° C	22	1 E - 0 5	42,4	79,45	5,5
A	Envejecida 1.000 h a 850° C	22	1 E - 0 5	46,7	76,1	3,6
B	Envejecida 1.000 h a 850° C	22	1 E - 0 5	37,9	58,4	2,9
C	Envejecida 1.000 h a	22	1 E - 0 5	46,5	81	4,6

## ES 2 503 715 T3

	8 5 0 ° C					
D	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	4 4 , 4	7 6 , 4	3
E	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	5 5 , 3	8 1 , 6	3 , 1
F	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	5 6	8 4 , 8	2 , 2
G	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	5 3 , 3	8 5 , 2	2 , 6
H	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	4 3	8 0 , 7	1 , 7
C F 8 C	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	2 8 , 3	6 7 , 5	2 7
I	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	3 4 , 4	8 2	2 5
J	E n v e j e c i d a 1 . 0 0 0 h a 8 5 0 ° C	2 2	1 E - 0 5	4 2 , 3	7 9 , 4	1 1 , 3

\* 1 Ksi =  $6,9 \times 10^6$  Pa

Con el fin de mejorar el comportamiento de las aleaciones A-D, los inventores utilizaron una combinación única de mayor contenido en manganeso, mayor contenido en nitrógeno, junto con un contenido reducido en azufre, todo ello en una aleación que también contiene cantidades sustanciales de carbono y niobio.

- 5 El manganeso es un estabilizante de austenita eficaz, similar al níquel, pero tiene un coste de aproximadamente un décimo del coste del níquel. El potencial estabilizante de austenita positivo del manganeso ha de ser compensado con sus posibles efectos sobre la resistencia a la oxidación a un nivel de cromo determinado con respecto al níquel, lo cual acerca la efectividad máxima a un valor alrededor de 5% en peso y, por tanto, la adición de manganeso en una cantidad mayor de 10% en peso no se recomienda. El manganeso en una cantidad menor de 2% en peso puede no proporcionar el efecto estabilizante deseado. El manganeso también incrementa de forma drástica la solubilidad de carbono y nitrógeno en austenita. Este efecto es especialmente beneficioso debido a que el nitrógeno disuelto es un estabilizante de austenita y también mejora la resistencia de la aleación cuando se encuentra en solución sólida sin disminuir la ductilidad o tenacidad. El manganeso también mejora las propiedades de resistencia, ductilidad y tenacidad y el manganeso y el nitrógeno tienen efectos sinérgicos.
- 10
- 15 La reducción drástica del contenido en azufre a 0,1% en peso o menos como se propone en la presente invención elimina sustancialmente la segregación de azufre libre a las juntas intergranulares y además elimina partículas de MnS encontradas en las aleaciones CN-12 y CF8C convencionales, efectos ambos que son considerados como perjudiciales a elevadas temperaturas.

20 Con respecto a las aleaciones CN-12, que no están cubiertas por las reivindicaciones pero que se exponen aquí con el fin de explicar mejor la presente invención, los inventores han comprobado que una relación niobio:carbono adecuada reduce redes excesivas y continuas de carburos de niobio bastos (NbC) o de carburos de cromo más finos ( $M_{23}C_6$ ) a lo largo de las juntas intergranulares o subestructurales (juntas interdendríticas y material colado) que son perjudiciales para el comportamiento mecánico del material a elevadas temperaturas. En consecuencia, por el hecho de proporcionar un nivel óptimo de la relación niobio:carbono que va desde 3,5 a 5 aproximadamente para aleaciones CN-12 y de 9 a 11 aproximadamente para aleaciones CF8C (las aleaciones CF8C no quedan cubiertas por las reivindicaciones pero se exponen aquí con el fin de explicar mejor la presente invención), el niobio y el carbono están presentes en cantidades necesarias para proporcionar resistencia a elevada temperatura (tanto en la matriz como en las juntas intergranulares), pero sin reducir la ductilidad como consecuencia de fisuraciones a lo largo de las juntas intergranulares con carburos continuos o casi-continuos. El carbono puede estar presente en las aleaciones CN-12 en una cantidad que va desde 0,2% en peso a 0,5% en peso aproximadamente y el niobio puede estar presente en las aleaciones CN-12 en una cantidad que va desde 1,0% en peso a 2,5% en peso aproximadamente.

25

30

La resistencia a todas las temperaturas también se acentúa por la solubilidad mejorada de nitrógeno, lo cual es una función del manganeso. El nitrógeno puede estar presente en una cantidad que va desde 0,1% en peso a 0,5% en

peso aproximadamente en las aleaciones CN-12. La presencia de precipitados de nitruros se reduce ajustando los niveles y acentuando la solubilidad de nitrógeno al tiempo que se disminuye la relación cromo:níquel.

5 Para aleaciones del tipo CN-12, que no están cubiertas por las reivindicaciones pero que se exponen aquí con el fin de explicar mejor la presente invención, la relación de niobio a carbono puede oscilar desde 3 a 5 aproximadamente, el contenido en nitrógeno puede oscilar desde 0,10% en peso a 0,5% en peso aproximadamente, el contenido en carbono puede oscilar desde 0,2% en peso a 0,5% en peso aproximadamente, el contenido en niobio puede oscilar desde 1,0% en peso a 2,5% en peso aproximadamente, el contenido en silicio puede oscilar desde 0,2% en peso a 3,0% en peso aproximadamente, el contenido en cromo puede oscilar desde 18% en peso a 25% en peso aproximadamente, el contenido en molibdeno está limitado a 0,5% en peso aproximadamente o menos, el contenido en manganeso puede oscilar desde 0,5% en peso a 1,0% en peso aproximadamente, el contenido en azufre puede oscilar desde 0% en peso a 0,1% en peso aproximadamente, la suma de los contenidos en carbono y nitrógeno puede oscilar desde 0,4% en peso a 1,0% en peso y el contenido en níquel puede oscilar desde 12% en peso a 20% en peso aproximadamente.

15 Para aleaciones del tipo CF8C, el contenido en nitrógeno oscila desde 0,02% en peso a 0,5% en peso aproximadamente, el contenido en silicio está limitado a 3,0% en peso aproximadamente o menos, el contenido en molibdeno está limitado a 1,0% en peso aproximadamente o menos, el contenido en niobio oscila desde 0,0% en peso a 1,5% en peso aproximadamente, el contenido en carbono oscila desde 0,05% en peso a 0,15% en peso aproximadamente, el contenido en cromo oscila desde 18% en peso a 25% en peso aproximadamente, el contenido en níquel oscila desde 8,0% en peso a 20,0% en peso aproximadamente, el contenido en manganeso oscila desde 0,5% en peso a 1,0% en peso aproximadamente, el contenido en azufre oscila desde 0% en peso a 0,03% en peso aproximadamente, la relación niobio:carbono oscila desde 8 a 11 aproximadamente, y la suma de los contenidos en niobio y carbono puede oscilar desde 0,1% en peso a 0,5% en peso aproximadamente.

25 Para ambas aleaciones CN-12 y CF8C, el contenido en fósforo está limitado a 0,04% en peso aproximadamente o menos, el contenido en cobre está limitado a 3% en peso aproximadamente o menos, el contenido en tungsteno está limitado a 3,0% en peso aproximadamente o menos, el contenido en vanadio está limitado a 3,0% en peso aproximadamente o menos. El contenido en titanio está limitado a 0,20% en peso aproximadamente o menos, el contenido en cobalto está limitado a 5,0% en peso aproximadamente o menos, el contenido en aluminio está limitado a 3,0% en peso aproximadamente o menos y el contenido en boro está limitado a 0,01% en peso aproximadamente o menos.

30 Debido a que el níquel es un componente costoso, las aleaciones de acero inoxidable producidas de acuerdo con la presente invención son más económicas en el caso de que se reduzca el contenido en níquel.

#### Aplicación industrial

35 La presente invención está dirigida concretamente hacia una aleación de acero inoxidable colado del tipo CF8C para la producción de artículos expuestos a elevadas temperaturas y ciclos térmicos extremos, tal como en las instalaciones de manipulación de aire/escape para motores diesel y de gasolina y componentes de motores de turbinas de gases. Sin embargo, la presente invención no queda limitada a estas aplicaciones ya que otras aplicaciones resultarán evidentes para los expertos en la materia que requieran una aleación de acero inoxidable austenítico para la fabricación de componentes colados fiables y duraderos a temperaturas elevadas con cualquiera de una o más de las siguientes cualidades: resistencia suficiente a la tracción y a la termofluencia a temperaturas por encima de 600° C; resistencia adecuada a la oxidación cíclica a temperaturas en o por encima de 700° C; ductilidad suficiente a temperatura ambiente, bien en estado recién colado o bien después de la exposición; suficiente estabilidad a largo plazo de la microestructura original y suficiente resistencia a largo plazo a la fisuración durante severos ciclos térmicos.

45 Empleando las aleaciones de acero inoxidable de tipo CF8C de la presente invención, los fabricantes pueden proporcionar un componente más fiable y duradero a temperaturas elevadas. Los fabricantes de motores y turbinas pueden incrementar la densidad de potencia al permitir que los motores y turbinas funcionen a temperaturas más elevadas, proporcionando con ello una posible eficiencia incrementada del combustible. Los fabricantes de motores también pueden reducir el peso de los motores como resultado de la mayor densidad de potencia por el hecho de adelgazar los diseños de secciones permitidos por propiedades incrementadas de resistencia a elevadas temperaturas y resistencia a la oxidación y corrosión, en comparación con los hierros dúctiles de alto contenido en silicio y molibdeno convencionales. Además, las aleaciones de acero inoxidable de tipo CF8C de la presente invención aportan un comportamiento superior con respecto a otros aceros inoxidables colados y todo ello a un coste comparable. Por último, las aleaciones de acero inoxidable de tipo CF8C producidas de acuerdo con la presente invención ayudarán a los fabricantes a cumplir con las regulaciones de emisiones para aplicaciones en motores diesel, motores de turbina y motores de gasolina.

Aunque solo se han mostrados ciertas modalidades, para los expertos en la materia serán evidentes modalidades



alternativas y diversas modificaciones a partir de la descripción anterior. Estas y otras alternativas se consideran dentro del alcance de la presente invención tal como es reivindicada.

**REIVINDICACIONES**

1. Una aleación de acero inoxidable austenítico resistente al calor y resistente a la corrosión que comprende:
- 5 de 18,0 por ciento en peso a 25,0 por ciento en peso de cromo;  
de 8,0 por ciento en peso a 20,0 por ciento en peso de níquel;  
de 0,05 por ciento en peso a 0,15 por ciento en peso de carbono;  
de 0,02 por ciento en peso a 0,5 por ciento en peso de nitrógeno,  
de 2,0 por ciento en peso a 10,0 por ciento en peso de manganeso;  
10 de 0,3 por ciento en peso a 1,5 por ciento en peso de niobio; y  
de 0,20 a 3,0 por ciento en peso de silicio;
- en donde el resto está constituido por hierro e impurezas inevitables; y  
en donde la aleación incluye además opcionalmente uno de los siguientes:
- 15 (a) menos de 0,03 por ciento en peso de azufre, y 1,0 por ciento en peso de molibdeno o menos;  
(b) menos de 0,04 por ciento en peso de fósforo;  
(c) 3,0 por ciento en peso de cobre o menos;  
(d) 0,2 por ciento en peso de titanio o menos;  
(e) 5,0 por ciento en peso de cobalto o menos;  
20 (f) 3,0 por ciento en peso de aluminio o menos;  
(g) 0,01 por ciento en peso de boro o menos;  
(h) 3,0 por ciento en peso de tungsteno o menos;  
(i) 3,0 por ciento en peso de vanadio o menos.
- 25 2. Una aleación de acero inoxidable según la reivindicación 1, en donde el niobio y el carbono están presentes en una relación en peso de niobio a carbono que va desde 8 a 11.
3. Una aleación de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el nitrógeno y el carbono están presentes en una cantidad acumulativa que va desde 0,1 por ciento en peso a 0,5 por ciento en peso.
- 30 4. Una aleación de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contenido en carbono es de 0,07 por ciento en peso a 0,1 por ciento en peso.
5. Una aleación de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contenido en manganeso es de 2,0 por ciento en peso a 5,0 por ciento en peso.
- 35 6. Una aleación de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contenido en niobio es de 0,3 por ciento en peso a 1,0 por ciento en peso.
7. Una aleación de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la aleación es totalmente austenítica y en donde cualquier formación de carburo es sustancialmente carburo de niobio.
8. Una aleación de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la aleación se caracteriza como una aleación de acero CF8C sustancialmente libre de sulfuros de manganeso.
- 40 9. Una aleación de acero inoxidable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la aleación se caracteriza como una aleación de acero CF8C sustancialmente libre de carburos de cromo a lo largo de las juntas intergranulares y subestructurales.
10. Un artículo formado a partir de la aleación de acero inoxidable austenítica resistente al calor y resistente a la corrosión según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.