

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 700**

51 Int. Cl.:

C22C 1/02	(2006.01)	B23K 35/30	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	B23K 31/02	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/48	(2006.01)		
C22C 38/50	(2006.01)		
C22C 38/52	(2006.01)		
B23K 103/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2016 PCT/EP2016/065334**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2017 WO17001575**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2016 E 16734346 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 3317044**

54 Título: **Un método para juntar una aleación de FeCrAl con una aleación de FeNiCr utilizando un metal de relleno mediante soldadura**

30 Prioridad:

01.07.2015 EP 15174789

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.04.2020

73 Titular/es:

**SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB
(100.0%)
811 81 Sandviken, SE**

72 Inventor/es:

**BLOMFELDT, THOMAS;
LARSSON, ÅSA;
WALLERÖ, ANDERS y
WILSSON, ANDERS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 755 700 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

Un método para juntar una aleación de FeCrAl con una aleación de FeNiCr utilizando un metal de relleno mediante soldadura

Campo técnico

- 5 La presente descripción se refiere a un método que utiliza soldadura para unir una aleación de FeCrAl a una aleación de FeNiCr usando un metal de relleno específico. La presente descripción se refiere también a un producto obtenido del mismo. Además, la presente descripción se refiere al uso de productos obtenidos por dicho método, especialmente en aplicaciones a alta temperatura.

Técnica de base

- 10 En muchos procesos industriales hay temperaturas elevadas y atmósferas adversas. En este entorno, los materiales pueden oxidarse o corroerse y/o desviarse rápidamente. Un ejemplo de tal entorno es el proceso de craqueo térmico para obtener etileno para la fabricación de polímeros. Esto requiere grandes demandas en la resistencia a la corrosión y la resistencia a altas temperaturas de los materiales utilizados. En este proceso, un objetivo es aumentar la vida útil del material con el fin de reducir el número de paradas de mantenimiento y las costosas reparaciones. También es un
15 objetivo elevar la temperatura en el proceso de fabricación para aumentar la productividad.

- Un material utilizado para aplicaciones a alta temperatura son las aleaciones ferríticas de hierro-cromo-aluminio (FeCrAl). En muchos casos, cuando se usa una aleación de FeCrAl como material de construcción, debe unirse a otro material de alta temperatura, que a menudo es un acero inoxidable austenítico, como una aleación de FeNiCr. Sin embargo, existen dificultades para unir estos dos materiales mediante soldadura debido a las diferencias en la química del material que causa problemas en la formación de fases intermetálicas, lo que perjudicará las propiedades mecánicas de la soldadura.
20

El documento WO 2014/204388 A1 describe una carga para soldadura que comprende (en % en peso): C: \leq 0,036, Ni: 15,0 - 20,0, Cr: 15,0 - 22,0, Mn: 0,75 - 2,0, Zr: 0,1 - 1,45, Si: 0 - 1,5, Al: 0 - 2, N: $<$ 0,06 y un resto de Fe e impurezas inevitables.

- 25 El documento US 2006/163231 A1 describe alambre de soldadura de acero inoxidable ferrítico que, en masa, consiste esencialmente en 0,03% o menos C, 3% o menos Si, 3% o menos Mn, 2% o menos Ni, de 11 a 20% Cr, 3% o menos Mo, 1% o menos Co, 2% o menos Cu, 0,02 a 2,0% Al, de 0,2 a 1,0% Ti, 0,02% o menos O, 0,04% o menos N, y al menos uno de los elementos Nb y Ta, siendo el % en masa del mismo ocho veces el porcentaje en masa total de dicho C y dicho N al 1,0% en masa, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

- 30 Por lo tanto, es de gran importancia minimizar y/o eliminar la formación de fases intermedias frágiles formadas durante la soldadura, especialmente cuando los objetos a unir se usan en aplicaciones a alta temperatura. También es importante evitar la formación de una película continua de precipitaciones frágiles en la soldadura, ya que esto también reducirá las propiedades mecánicas de la soldadura.

- 35 Por lo tanto, un aspecto de la presente descripción es proporcionar un método para unir una aleación de FeCrAl a una aleación de FeNiCr mediante soldadura en la que al menos uno de los problemas anteriores se reduce o se evita.

Breve descripción de los dibujos

- Figura 1A y B describe la microestructura para una muestra soldada envejecida durante 5000 h a 750 °C. La figura 1A es una carga de metal FeNiCr y la figura 1B) es una carga metálica FeCrAl.
40
Figura 2A y B describe la resistencia a la tracción para FeNiCr-carga metálica-FeCrAl como soldado y envejecido a 750 °C durante 5000 h. La Figura 2A) muestra a temperatura ambiente (RT) y la Figura 2B) a 750 °C.
Figura 3 describe la tensión aplicada en el tiempo de rotura a 816 °C.
Figura 4 describe una prueba de dureza a 816 °C para FeCrAl -carga metálica-FeNiCr.

Definiciones

- 45 En la presente descripción, se entiende que el término "FeCrAl" significa aleaciones de FeCrAl que tienen un contenido de cromo superior al 11 % en peso, un contenido de aluminio de más de 4 % en peso y el resto es Fe (e impurezas inevitables). Estos aceros inoxidables tienen una microestructura ferrítica y también formarán una capa protectora de óxido de aluminio en la superficie de un objeto que comprende dichas aleaciones. Estas aleaciones pueden también contener un elevado contenido de molibdeno.

- 50 En la presente descripción, se entiende que el término "FeNiCr" significa aleaciones de FeNiCr que tienen un contenido de cromo superior al 11 % en peso, un contenido de níquel entre 20 y 60 % en peso y un resto de Fe (e impurezas inevitables). Estas aleaciones de acero inoxidable que incluyen aleaciones a base de hierro y a base de níquel tienen

siempre una microestructura austenítica y formarán una capa protectora de óxido de cromo en la superficie de los objetos que comprenden dichas aleaciones.

En la presente descripción, la expresión "% en peso" significa porcentaje en peso.

Descripción detallada

5 La presente descripción proporciona un método para juntar dos aleaciones diferentes usando un tipo específico de metal de relleno. Por lo tanto, la presente descripción proporciona un método para juntar una aleación de FeCrAl a una aleación de FeNiCr mediante soldadura usando un metal de relleno, en el que el metal de relleno comprende (% en peso):

	C	0,01 a 0,1;
10	Si	menor o igual que 1,5;
	Mn	menor o igual a 2,0;
	Cr	14,0 a 27,0;
	Ni	menor que o igual a 2;
	Mo	menor que o igual a 1,5;
15	V	menor que o igual a 0,35;
	Ti y/o Zr	0,4 a 1,0;
	Al	menor que o igual a 0,7;
	Nb	0,3 a 1,5;
	N	menor que o igual a 0,02;

20 y el resto de Fe e impurezas inevitables.

Por lo tanto, el método tal como se definió anteriormente o en lo sucesivo se basa en el hallazgo de que es posible juntar mediante soldadura dos o más aleaciones que tienen diferente química del material usando metal de relleno como se definió anteriormente o más adelante, dicho metal de relleno comprende cantidades controladas de N, Al, y Ni en combinación con cantidades controladas de C, Nb, Ti y/o Zr.

25 Las diferentes aleaciones, es decir, la aleación de FeCrAl y la aleación de FeNiCr, pueden estar en forma de tubo y/o de banda y el metal de relleno puede proporcionarse, por ejemplo, en forma de banda o alambre, las cuales banda o alambre son adecuados para utilizarlos en aplicaciones de soldadura.

30 En particular, el método como se definió anteriormente, o más adelante, es adecuado para juntar una aleación de FeCrAl a una aleación de FeNiCr y el producto obtenido (los términos objeto y producto se usarán indistintamente en el presente texto) tendrá una buena resistencia a la fluencia, así como una buena resistencia a la corrosión a altas temperaturas. Por tanto, el producto obtenido es adecuado para usar en aplicaciones a alta temperatura, es decir, a temperaturas de 650 °C o más. Sin embargo, el producto también puede usarse para otras aplicaciones en las que se requiere una buena resistencia a la fluencia y una buena resistencia a la corrosión.

35 Así pues, el presente método proporcionará una soldadura en la que se evita o al menos se minimiza el efecto de las fases frágiles mencionadas inicialmente. Además, el producto obtenido por el método como se definió anteriormente o en adelante no tiene una película continua de precipitaciones frágiles, lo que significa que si dicho producto se usa en plantas que están funcionando a altas temperaturas, se aumentará la vida útil de las piezas hechas de dicho producto, disminuyendo así el número de paradas para mantenimiento.

40 Además, el método tal como se definió anteriormente, y en lo sucesivo, proporcionará un producto que tiene suficiente resistencia mecánica, tal como resistencia a la tracción, alargamiento a la tracción final y ductilidad en el tiempo, lo cual es especialmente útil cuando dicho producto se utiliza en aplicaciones a alta temperatura, es decir, temperaturas superiores a 650 °C. Por lo tanto, la presente descripción se refiere a un objeto que comprende al menos una aleación de FeCrAl y al menos una aleación de FeNiCr que se juntan con un metal de relleno que tiene la composición como se definió anteriormente o más adelante. Además, la presente descripción también proporciona partes hechas de dichos objetos que se han de usar en plantas industriales, o partes de plantas industriales, que funcionan a temperaturas elevadas.

45

Los elementos de aleación del metal de relleno de acuerdo con la presente descripción se describirán a continuación.

ES 2 755 700 T3

Carbono (C): 0,01 a 0,10% en peso.

El C tiene el efecto positivo de aumentar la resistencia a la fluencia, ya que formará carburos con Ti, Zr y Nb. Sin embargo, una concentración demasiado alta de carbono puede reducir las propiedades de corrosión y oxidación. Por consiguiente, el contenido de carbono es de 0,01 a 0,10% en peso, tal como de 0,01 a 0,08 % en peso.

5 Silicio (Si): menor o igual a 1,5% en peso.

El Si reduce el contenido de oxígeno y tiene un efecto positivo en la fluidez del baño de fusión de la soldadura. El silicio tiene también un efecto positivo contra la carburación. Sin embargo, un contenido demasiado alto de Si hará aumentar la tendencia a la precipitación de fases intermetálicas. En consecuencia, el contenido de Si es menor o igual a 1,5% en peso, tal como entre 0,01 y 1,5% en peso.

10 Manganeso (Mn): menor o igual a 2,0% en peso.

El Mn tiene un impacto positivo en la ductilidad al calor fijando el azufre. Sin embargo, un contenido demasiado alto de Mn puede ser causa de la fragilidad de la soldadura obtenida. En consecuencia, el contenido de Mn se establece en menor o igual a 2% en peso.

Cromo (Cr): 14,0-27,0% en peso.

15 El Cr mejora las propiedades de corrosión y oxidación de la soldadura. Sin embargo, un contenido de Cr demasiado elevado estabilizará la fase sigma, lo que da como resultado un material quebradizo. Por lo tanto, el contenido de Cr debe limitarse a 27,0% en peso. Un contenido de Cr demasiado bajo reducirá la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el contenido de Cr es de 14,0 a 27,0 % en peso, tal como de 18,0 a 23,0 % en peso en el metal de relleno.

Níquel (Ni): menor o igual a 2,0 % en peso.

20 El contenido de Ni se mantiene lo más bajo posible en el metal de relleno, ya que el Ni puede aumentar la formación de fases frágiles, como los aluminuros de níquel. Las fases frágiles debilitarán la resistencia de la soldadura a medida que se forme una película continua de aluminuros. Sin embargo, una baja cantidad de aluminuros de níquel tendrá un efecto positivo en la resistencia a la fluencia de la soldadura. Por lo tanto, el contenido de Ni es menor o igual a 2,0 % en peso, tal como menor que o igual a 1,0 % en peso, tal como menor que o igual a 0,5 % en peso, tal como menor que o igual a 0,25 % en peso, tal como menor que o igual a 0,1 % en peso, como 0 % en peso.

Molibdeno (Mo): menor o igual a 1,5% en peso.

El Mo mejora las propiedades de fluencia y también estabiliza la fase sigma frágil. Sin embargo, un contenido demasiado alto de Mo aumentará la formación de fases intermetálicas. Por tanto, el contenido de Mo está configurado para ser menor o igual a 1,5% en peso, tal como menor o igual a 0,3 % en peso.

30 Vanadio (V): menor o igual a 0,35% en peso.

El vanadio forma carburos que mejoran las propiedades de fluencia y reducen el riesgo de formar carburos de cromo. Sin embargo, un contenido demasiado alto de V puede causar la formación de precipitados gruesos de carburo, lo que reducirá la resistencia mecánica de la soldadura. De acuerdo con esto, el contenido de V se establece en menos de o igual a 0,35 % en peso, tal como menos de o igual a 0,25% en peso en el metal de relleno.

35 Aluminio (Al): menor o igual a 0,7% en peso.

El aluminio se mantiene bajo con el fin de reducir la formación de aluminuros de níquel y nitruros de aluminio en la soldadura, pero una alta concentración de estos precipitados puede provocar una falla frágil de la soldadura. Sin embargo, una pequeña concentración de aluminuros de níquel o nitruros de aluminio puede tener un efecto positivo sobre la resistencia a la fluencia. Por tanto, el contenido de Al se establece en 0,7% en peso, tal como menos de 0,5 % en peso, tal como menos de 0,25% en peso en el metal de relleno.

Titanio y/o circonio (Ti y/o Zr): 0,4 a 1,0% en peso.

45 Ti y Zr pueden usarse de manera equivalente y formarán carburos que mejorarán las propiedades de deslizamiento y reducirán el riesgo de formar carburos de cromo. Sin embargo, un contenido demasiado alto de Ti y/o Zr provocará la formación de precipitados gruesos que reducirán las propiedades mecánicas de la soldadura. Por lo tanto, el contenido de Ti y/o Zr es de 0,4 a 1,0 % en peso, tal como de 0,5 a 1,0% en peso.

Niobio (Nb): 0,3 a 1,5% en peso.

50 El niobio forma carburos que mejoran las propiedades de fluencia y reducen el riesgo de formar carburos de cromo. Sin embargo, un contenido demasiado alto de Nb provocará la formación de precipitados gruesos que reducirán las propiedades mecánicas de la soldadura. Por consiguiente, el contenido de Nb es de 0,3 a 1,5% en peso, tal como de 0,3 a 1,0% en peso.

Nitrógeno (N): menor o igual a 0,02% en peso.

El nitrógeno debe mantenerse tan bajo como sea posible en el metal de relleno, ya que da lugar a fases frágiles como los nitruros de aluminio. El contenido de nitrógeno es por lo tanto menor que o igual a 0,02% en peso, tal como menor que o igual a 0,015% en peso.

5 El resto es hierro (Fe) e impurezas inevitables.

La minimización del Ni, Al y N en el metal de relleno dará como resultado que la presencia de nitruros de aluminio (AlN) así como de aluminuro de níquel (Ni_xAl_x) en la soldadura obtenida sea minimizada o incluso eliminada. Además, no habrá película continua de precipitados formados en la soldadura. La minimización de la formación de fases intermetálicas tendrá un impacto positivo en las propiedades mecánicas de la unión soldada. Se supone que la falta o
10 baja presencia de AlN y Ni_xAl en la soldadura, sin vincularse a ninguna teoría, depende de la composición del metal de relleno en el que se minimiza el contenido de Ni, Al y N.

La presente descripción se ilustra con más detalle mediante el siguiente ejemplo no limitante.

Ejemplo

15 Una aleación de FeCrAl se unió a una aleación de FeNiCr usando un metal de relleno. Se usó TIG (gas inerte de tungsteno) como método de soldadura.

La aleación de FeCrAl utilizada en este ejemplo fue Kanthal® APMT, la aleación de FeNiCr utilizada fue una aleación 800HT obtenida de Sandvik Materials Technology AB (en lo sucesivo, acero Sandvik de grado Sanicro™ 31HT) y el metal de relleno utilizado fue el alambre de soldadura Sandvik® 19.LNbTi. La aleación de FeCrAl y la aleación de FeNiCr estaban en forma de tubos. Las composiciones de los diferentes materiales se encuentran en la tabla 1 (las
20 composiciones se han obtenido de las hojas de producto de la correspondiente aleación):

Tabla 1. Composición química de las aleaciones (Kanthal® APMT y Sanicro™ 31HT) y el material de relleno utilizado (Sandvik® 19.LNbTi).

<i>Aleación</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Si</i>	<i>Mo</i>	<i>Al</i>	<i>Nb</i>	<i>Co</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>N</i>	<i>Ti</i>
Kanthal® APMT	21	0,1	0,5	3	5	-	-	0,1	0,034	0,035	-
Sanicro™ 31HT	20,3	30,3	0,52	0,13	0,5	-	-	0,5	0,07	0,013	0,5
Sandvik® 19.LNbTi	18,9	0,18	0,8	0,025	-	0,4	0,022	0,42	0,013	0,012	0,5

Las composiciones están equilibradas con Fe e impurezas inevitables.

25 Las aleaciones se unieron utilizando el método TIG de acuerdo con los parámetros de soldadura que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de soldadura usados para la unión de Kanthal® APMT y Sanicro™ 31 HT utilizando 19.LNbTi como metal de relleno, por el método de soldadura TIG.

Composición del gas de protección	Ar (99,99%)
Caudal (l/min)	8 - 10
Composición del gas de respaldo	Ar (99,99%)
Caudal (l/min)	8 - 12
Temperatura de precalentamiento (°C)	250 - 300
Temperatura entre pasadas (°C)	250 - 300
Tratamiento térmico posterior a la soldadura (°C)/ tiempo de retención (min)	850 ± 20/30
Velocidad de enfriamiento a temperatura ambiente (°C/h)	≥ 100
Entrada de calor (kJ/mm)	< 1,0

Los tubos se precalentaron a una temperatura entre 250 y 300 °C y se soldaron con TIG a una temperatura entre 250 y 300 °C con argón (99,99%) como gas de protección y de respaldo. Después de soldar, la soldadura obtenida se sometió a un tratamiento térmico posterior a la soldadura a una temperatura de 850 °C ± 20 °C durante 30 minutos, antes de enfriarse lentamente a una temperatura ambiente a una velocidad de al menos 100 °C/h .

- 5 Las muestras de la soldadura se envejecieron a 750 °C durante 5000 h, antes de ser caracterizadas microestructuralmente y evaluadas mecánicamente.

La caracterización microestructural después del envejecimiento indicó que tanto Kanthal® APMT como Sanicro™ 31HT no tenían película continua de precipitaciones a lo largo de su línea de fusión al relleno de metal, véanse las Figuras 1 A y B. Sin embargo, podían encontrarse pequeñas partículas precipitadas de aluminatos de níquel (Figura 10 1A puntos rellenos) y la fase sigma a lo largo de la línea de fusión con el Kanthal® APMT. Se pudieron encontrar nitruros de aluminio junto con precipitaciones que contienen Ti y Nb, ambos en pequeñas cantidades, en la línea de fusión a Sanicro™ 31HT (Figura 1B puntos rellenos). La pequeña cantidad de precipitaciones es aceptable. Sin embargo, si se forma una película continua de precipitados, la integridad de la junta se verá afectada, especialmente durante el ciclo térmico.

15 Propiedades mecánicas

Las Figuras 2A y 2B muestran la diferencia en la resistencia a la tracción para muestras soldadas y envejecidas (750 °C durante 5000 h) de Kanthal® APMT y Sanicro™ 31HT soldadas con el metal de relleno Sandvik® 19.LNbTi. La figura 2A muestra la diferencia a temperatura ambiente y la figura 2B muestra la diferencia a 750 °C.

20 Como se puede observar en las figuras, el envejecimiento afectó a la resistencia a la tracción de la soldadura; sin embargo, como se puede ver, la resistencia mecánica de la soldadura sigue siendo suficiente para la aplicación a alta temperatura (a lo largo del tiempo). Además, como tanto las muestras soldadas como las envejecidas tenían un alargamiento entre 20 a 25% a 750 °C, esto significa que ambas soldaduras tenían buena ductilidad.

25 La Figura 3 muestra la influencia de la tensión aplicada sobre el tiempo de ruptura de fluencia a 816 °C (1500 °F) para Kanthal® APMT y Sanicro™ 31HT soldado con 19.LNbTi. Las fracturas por fluencia se encuentran en la soldadura y no a lo largo de ninguna de las líneas de fusión. Esto indica la no presencia de precipitaciones a lo largo de la línea de fusión y que el producto obtenido tiene buena ductilidad. Esto también muestra que la ruptura por fluencia está controlada por la resistencia del metal de relleno y no está influenciada por la formación de ninguna precipitación frágil a lo largo de la línea de fusión. Además, la buena ductilidad de la soldadura indica la ventaja de seleccionar un metal de relleno con un bajo contenido de aluminio, níquel y nitrógeno para la unión de una aleación de FeCrAl con la aleación de FeNiCr.

30 La Figura 4 muestra la diferencia en el perfil de dureza medida en Hv_{0,2} sobre la soldadura de las muestras tal como fueron soldadas y envejecidas. Las mediciones se realizaron a lo largo de la línea central de las paredes del tubo. Kanthal® APMT se encuentra en la región izquierda del gráfico, mientras que Sanicro™ 31HT se encuentra en la región derecha de las líneas de fusión del gráfico. El metal de relleno se encuentra entre las líneas de fusión en la tabla. No hay picos de dureza importantes. El menor aumento de la dureza en ambos lados de la soldadura en la condición de soldadura se suaviza por el envejecimiento. Esto indica que no se forman películas continuas de precipitados en ninguna de las líneas de fusión, ya que se espera un aumento de la dureza en la línea de fusión en presencia de precipitados.

Conclusión

40 Por tanto, los resultados muestran que la selección de la composición del metal de relleno es de una importancia fundamental y que la soldadura obtenida tenía muy buenas propiedades mecánicas, es decir, muy buena resistencia a la tracción, muy buena ductilidad y muy buen tiempo de ruptura por fluencia a altas temperaturas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para juntar una aleación de FeCrAl con una aleación de FeNiCr mediante soldadura usando un metal de relleno, en el que el metal de relleno comprende, en % en peso:

	C	0,01 a 0,1;
5	Si	menor que o igual a 1,5;
	Mn	menor que o igual a 2,0;
	Cr	14,0 a 27,0;
	Ni	menor que o igual a 2,0;
	Mo	menor que o igual a 1,5;
10	V	menor que o igual a 0,35;
	Ti y/o Zr	0,4 a 1,0;
	Al	menor que o igual a 0,7;
	Nb	0,3 a 1,5;
	N	menor que o igual a 0,02;
- 15 y el resto de Fe e impurezas inevitables.
2. El método según la reivindicación 1, en el que el metal de relleno comprende un contenido de N que es menor o igual a 0,015 % peso.
3. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metal de relleno comprende un contenido de Al que es menor que o igual a 0,5 % en peso.
- 20 4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metal de relleno comprende un contenido de Ni que es menor que o igual a 0,25 % en peso.
5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metal de relleno comprende un contenido de Cr que es de 18,0 a 23,0 % en peso.
- 25 6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metal de relleno comprende un contenido de C que es de 0,01 a 0,08 % en peso.
7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metal de relleno comprende un contenido de Ti y/o Zr que es de 0,5 a 1,0% en peso.
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metal de relleno comprende un contenido de Nb que es de 0,3 a 1,0% en peso.
- 30 9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la aleación de FeCrAl y la aleación de FeNiCr están en forma de tubo o de banda.
10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metal de relleno tiene la forma de un alambre o de una banda.
- 35 11. Un objeto que comprende al menos una aleación de FeCrAl y al menos una aleación de FeNiCr que se unen entre sí con un metal de relleno que tiene la composición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
12. Uso de un producto según la reivindicación 11, en aplicaciones en las que la temperatura es mayor que o igual a 650 °C.

Figura 1A y B

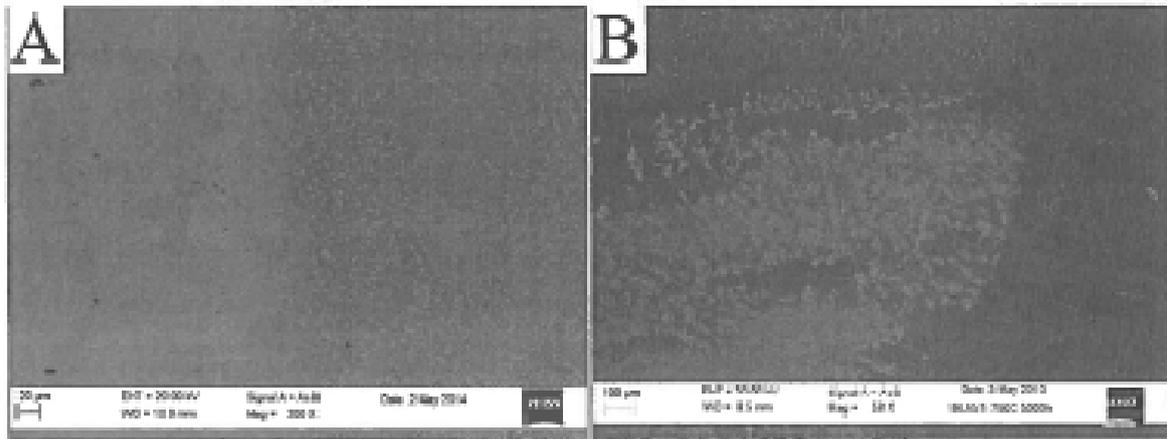


Figura 2A

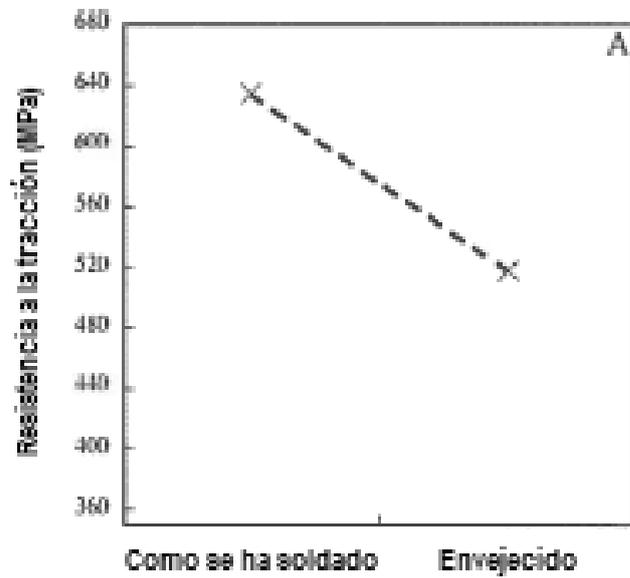


Figura 2B

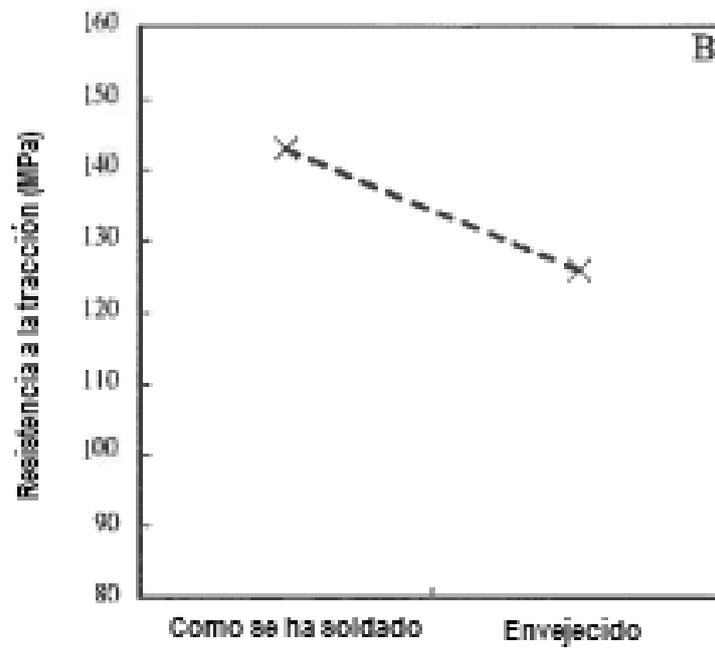


Figura 3

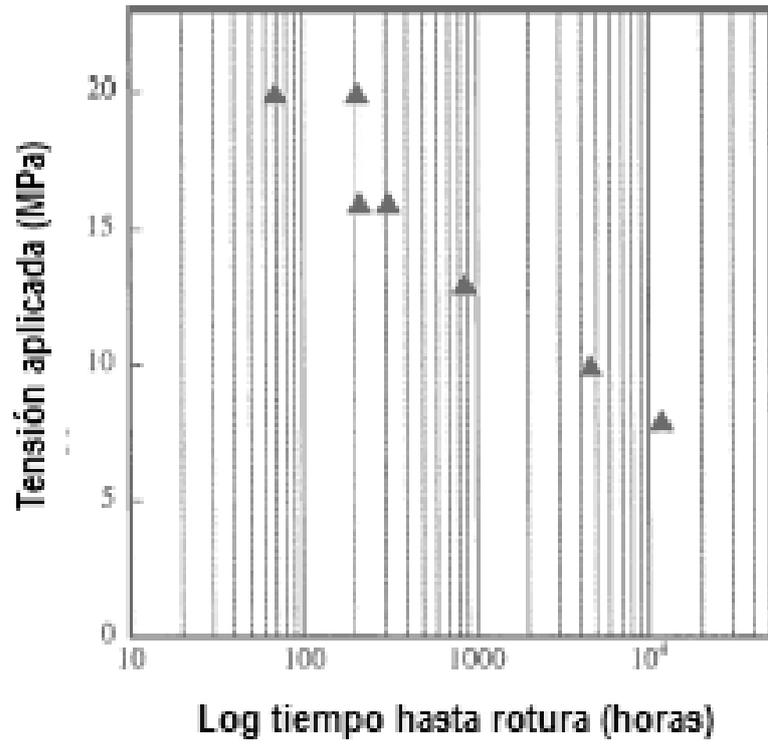


Figura 4

